

تأثیر تنش خشکی بر فتوسنتز، پارامترهای وابسته به آن و محتوای نسبی آب گیاه آنیسون (*Pimpinella anisum* L.)

نرگس حیدری*، مجید پوریوسف و افشین توکلی

زنجان، دانشگاه زنجان، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت و اصلاح نباتات

تاریخ دریافت: ۹۲/۳/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۲/۶/۱۲

چکیده

خشکی یکی از مهمترین تنش‌های محیطی است که مورفولوژی، فیزیولوژی و بیوشیمی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و اثرات عمده‌ای بر تولیدات کشاورزی می‌گذارد. به همین منظور مطالعه‌ای با عنوان تأثیر تنش خشکی بر صفات فیزیولوژیک آنیسون، در بهار ۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان اجرا شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. در این آزمایش تأثیر تنش خشکی در سه سطح، آبیاری در کلیه مراحل رشد به صورت هفتگی (شاهد)، قطع آبیاری در اواسط مرحله گلدهی تا بروز علائم تنش به مدت ۱۵ روز و بعد آبیاری مجدد، و قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه تا بروز علائم تنش به مدت ۱۵ روز و بعد آبیاری مجدد مورد بررسی قرار گرفت. شاخص محتوای کلروفیل، هدایت روزنه‌ای، سرعت تعرق، سرعت فتوسنتز و محتوای نسبی آب در شرایط تنش خشکی به‌طور معنی‌داری ($p \leq 0/05$) کاهش یافتند اما دمای برگ افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: دمای برگ، سرعت تعرق، شاخص محتوای کلروفیل، هدایت روزنه‌ای

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۲۶۴۲۲۸۹۴، پست الکترونیکی: narges.heidari2010@yahoo.com

مقدمه

آنیسون گیاهیست علفی و یکساله که به تیره چتریان تعلق دارد (۱). تنش خشکی یکی از مهمترین عوامل محدودکننده تولید محصولات کشاورزی در سراسر دنیاست. قسمت عمده کشور ایران، دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک است که خشکی‌های دوره‌ای در آن اتفاق می‌افتد (۸). بجز از منطقه مرطوب شمال کشور که ۱٪ کل اراضی کشور را دربر می‌گیرد، بقیه جزو مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شوند (۶). استفاده از صفات فیزیولوژیک بهترین روش برای تولید سریع واریته‌های جدید است (۴۹)، ولی اصلاح برای محیط‌های نامطلوب، نیاز به درک عمیق فرایندهای تعیین‌کننده عملکرد دارد (۱۳). درک بهتر پاسخ‌های فیزیولوژیک گیاهان به تنش‌های محیطی می‌تواند اصلاح‌گر را در برنامه‌هایی که هدف آنها

اصلاح برای تحمل واریته‌های گیاهی به خشکی یا شوری است، یاری نماید (۲۸). اسیمپلاسیون خالص CO₂ از طریق فرایند فتوسنتز، اولین مرحله تولید بیوماس است (۱۳). اثر تنش در کل سطح گیاه، معمولاً به صورت کاهش در فتوسنتز و رشد در نظر گرفته می‌شود (۳۶). به طور کلی فرض بر این است که تنش خشکی به علت تأثیر در بسته شدن روزنه‌ها و در نتیجه کاهش دسترسی به CO₂ در مزوفیل (بجای اثر مستقیم روی میزان فتوسنتز ظاهری) باعث کاهش فتوسنتز گیاه می‌شود (۵۲). به طور واضح بسته شدن روزنه‌ها یکی از پاسخ‌های اولیه به خشکی خاک است و کاهش موازی در فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای تحت استرس خشکی به دفعات قبلاً گزارش شده است (۲۸). ولی مدارک قوی وجود دارد که تنش خشکی

فرآوری گیاهان دارویی و جایگاه آنها در فرایند کشاورزی پایدار به درستی پی برده نشده است. بطوری که در مراکز دانشگاهی و تحقیقاتی کشور توجه به تحقیقات گیاهان دارویی بسیار اندک می باشد.

آنیسون یا بادیان رومی یکی از گیاهان مهم دارویی است که دارای استفاده‌های مختلفی در صنایع دارویی، غذایی، بهداشتی و آرایشی می‌باشد (۳). متأسفانه، در کشور ما تاکنون تحقیقی در زمینه اثرات اکوفیزیولوژیک عوامل محیطی بر روی این گیاه انجام نشده است. با توجه به شرایط اقلیمی متفاوت و نقش آن در کمیت و کیفیت متابولیت‌های ثانویه گیاهان دارویی و همچنین گزارش‌های متفاوت و گاه ضد و نقیض سایر کشورها در مورد اثرات عوامل اقلیمی و به‌زراعی بر روی باروری این گیاه، تحقیق در مورد جنبه‌های مختلف تولید آن در مناطق مختلف کشور ضروری به نظر می‌رسد.

در بررسی حاضر، برای اولین بار کاشت و اثرات تنش خشکی و زمان برداشت بر روی پارامترهای رشد، میزان عملکرد، تولید اسانس و آنتول آنیسون در منطقه زنجان مورد مطالعه قرار گرفته است. امید است که نتایج حاصل از این تحقیق با فراهم سازی اطلاعات لازم در مورد امکان کاشت این گیاه دارویی با ارزش در منطقه سرآغازی نیز برای انجام تحقیقات دیگر بر روی آن و سایر گیاهان دارویی باشد.

مواد و روشها

آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان واقع در عرض شمالی ۴۱° و ۳۶° و طول شرقی ۲۷° و ۴۸° و ارتفاع ۱۶۲۰ متر از سطح دریا انجام شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گردید. در این پژوهش تأثیر تنش خشکی در سه سطح شامل آبیاری در کلیه مراحل رشد به صورت هفتگی (شاهد)، قطع آبیاری در اواسط مرحله

متابولیسم مزوفیل را متأثر و از طریق کاهش سنتز RUBP و کاهش فعالیت روبیسکو و یا هر دو ظرفیت فتوسنتزی را کاهش می‌دهد (۳۰). جلوگیری از رشد همراه با بسته شدن روزنه‌ها جزء اولین پاسخ‌های گیاهان به خشکی است (۲۷). مکانیزم فتوسنتزی در کلروپلاستها عمدتاً پیچیده است و در طی مراحل اولیه خشکی محدودیت عمده در فتوسنتز ناشی از بسته شدن روزنه‌ها می‌باشد (۱۴). نقصان در فتوسنتز خالص در اثر تنش خشکی بیشتر به بسته بودن روزنه یا همان کاهش هدایت روزنه‌ای مربوط است (۲ و ۳۹).

گیاهان تحت تنش، توسط تنظیم روزنه‌ای از اتلاف زیاد آب از طریق تعرق جلوگیری می‌کنند (۱۵). همچنین افزایش در کارایی تعرق می‌تواند هم به دلیل افزایش میزان فتوسنتز و هم بدلیل کاهش هدایت روزنه‌ای (۳۹) باشد. همچنین در مطالعه‌ای که توسط (۹) انجام شده، شواهدی در دست است مبنی بر آنکه، تنش آبی میزان کلروفیل برگ را در گیاه گندم کاهش می‌دهد، درحالی‌که در تحقیقات دیگر چنین کاهش در کلروفیل گیاه گندم، در شرایط تنش مشاهده نشده است (۲۳). محتوای نسبی آب گیاه، یکی از صفات مهمی است که رابطه مستقیم با محتوای آب خاک دارد و نشان‌دهنده وضعیت آبی خاک است (۴۴). محتوای نسبی آب یکی از چندین روش اندازه‌گیری وضعیت آبی بافت است، که رابطه نزدیکی با پتانسیل آبی برگ دارد (۳۰) و به‌عنوان شاخص مهم در تنش خشکی در برگ‌ها گزارش شده است (۳۴)، که می‌تواند توانایی گیاه را برای در امان بودن از شدت تنش تحت تأثیر قرار دهد و در نتیجه بر عملکرد و پایداری آن مؤثر باشد. در تمام ارقام تحت تنش گیاه علف لیمو، با افزایش شدت تنش خشکی محتوای نسبی آب کاهش یافت (۱۹). با توجه به اینکه در حال حاضر تحقیقات گسترده‌ای بر روی گیاهان دارویی انجام شده و داروهای برخوردار از ماده مؤثره طبیعی افقه‌های جدیدی را بر روی جامعه پزشکان و داروسازان گشوده است ولی هنوز در کشور ما به ابعاد مختلف

می‌شوند. برای این منظور از هر واحد آزمایشی در دو مرحله گلدهی و پر شدن دانه، سه بوته بطور تصادفی انتخاب و از پنج نقطه آخرین برگ توسعه یافته اندازه‌گیری به عمل آمد. برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب (RWC) در ساعت ۱۰ صبح از آخرین برگ توسعه یافته به طور تصادفی نمونه‌برداری انجام شد. برگ‌های جدا شده از هر بوته به طور جداگانه در کیسه‌های پلاستیکی قرار داده شد و برای جلوگیری از تلفات آب، نمونه‌ها روی تکه‌های یخ بسرعت به آزمایشگاه منتقل و وزن تر آنها اندازه‌گیری شد. سپس برگ‌ها در آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق و نور کم برای محاسبه وزن اشباع غوطه‌ور شدند و پس از این مدت نمونه‌ها بسرعت و با دقت با دستمال کاغذی خشک و وزن اشباع آنها اندازه‌گیری شد. نهایتاً برای اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها را به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شد، و RWC طبق معادله ۴ (۴۱) محاسبه شد: (معادله ۱)

$$RWC = \frac{[وزن خشک - وزن خشک / وزن اشباع - وزن تر]}{100} \times 100$$

RWC

مقدار محتوای نسبی آب در چهار مرحله شامل RWC_1 و بلافاصله بعد از اعمال تنش، RWC_2 : یک هفته بعد از اعمال تنش، RWC_3 : دو هفته بعد از اعمال تنش، RWC_4 : پس از آبیاری مجدد اندازه‌گیری شد.

محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C و رسم نمودارها توسط نرم‌افزار Excel انجام شد. مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج

نتایج نشان داد که تنش خشکی به‌طور معنی‌داری ($p \leq 0/05$) در هر دو مرحله گلدهی و پر شدن دانه باعث کاهش هدایت روزنه‌ای شد (جدول های ۱ و ۲). تیمار شاهد در هر دو مرحله گلدهی و پر شدن دانه به ترتیب با مقدار ۰/۲۳۸ و ۰/۲۰۵ مول CO_2 بر متر مربع بر ثانیه دارای مقدار

گلدهی تا بروز علائم تنش به مدت ۱۵ روز و بعد آبیاری مجدد، و قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه تا بروز علائم تنش به مدت ۱۵ روز و بعد آبیاری مجدد انجام شد. هر واحد آزمایشی شامل ۶ ردیف به فاصله ۲۵ سانتیمتر و به طول ۴ متر بود. کاشت آنیسون (*Pimpinella anisum* L.) در ۲۳ فروردین ۱۳۸۸ انجام شد. بر روی هر ردیف بذرهای آنیسون با فاصله حدود ۱ سانتیمتر در عمق ۲ سانتیمتر کشت شد و روی بذرها توسط مخلوط کود دامی و خاک الک شده به نسبت ۳ به ۱ به ضخامت حدود ۱ سانتیمتر پوشانیده شد. بوته‌ها در مرحله ۲ الی ۴ برگی تنک شدند و تراکم کاشت به ۴۰ بوته در متر مربع رسانده شد. در مراحل مختلف رشد گیاه و به‌ویژه در مراحل اولیه که جوانه‌زنی و رشد آنیسون کند بود، علفهای هرز از طریق وجین دستی کنترل شدند. به‌منظور اندازه‌گیری فتوسنتز، در دو مرحله گلدهی و پر شدن دانه با استفاده از دستگاه فتوسنتز متر IRGA (مدل LCA4) در ساعت ۹ صبح انجام شد، به این صورت که برگچه وسطی هر برگ (برگ قبل از آخر) درون اتاقک اندازه‌گیری طوری قرار داده شد که سطح فوقانی برگچه به طرف بالا قرارگیرد، تا نور کافی دریافت کند. سپس صفات هدایت روزنه‌ای براساس مول CO_2 بر مترمربع بر ثانیه ($molCO_2.m^{-2}.s^{-1}$)، سرعت تعرق براساس میلی مول H_2O بر مترمربع بر ثانیه ($mmol H_2O.m^{-2}.s^{-1}$)، دمای برگ و سرعت فتوسنتز براساس میکرومول CO_2 بر مترمربع بر ثانیه ($molCO_2.m^{-2}.s^{-1}$) اندازه‌گیری شد. در هر واحد آزمایشی اندازه‌گیری بر روی پنج بوته تصادفی به‌طور جداگانه انجام شد و در نهایت میانگین آنها گزارش گردید. برای اندازه‌گیری شاخص محتوای کلروفیل از دستگاه کلروفیل‌سنج (CCM-200) استفاده شد. این دستگاه به‌عنوان وسیله‌ای برای اندازه‌گیری میزان سبزیگی برگ یا میزان کلروفیل برگ توسعه یافته است، این وسیله میزان عبور نور را از برگ در دو طول موج ۶۵۰ نانومتر و ۹۴۰ نانومتر اندازه‌گیری می‌کند که به طور جداگانه بوسیله کلروفیل جذب

خشکی قرار گرفت، و تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار شاخص محتوای کلروفیل برگ نسبت به شاهد شد (جدول های ۱ و ۲). که میزان شاخص محتوای کلروفیل تیمارها در شرایط تنش در مرحله گلدهی و پرشدن دانه نسبت به شاهد به ترتیب به میزان $1/643$ و $1/768$ بود (جدول های ۳ و ۴). کاهش میزان محتوای کلروفیل در شرایط تنش‌آبی، احتمالاً به دلیل افزایش تخریب این رنگیزه‌ها و یا کاهش ساخت آنها و همچنین، اختلال در فعالیت آنزیم‌های مسئول سنتز رنگدانه‌های فتوسنتزی است (۱۸).

با اعمال تنش خشکی در مرحله گلدهی و پر شدن دانه سرعت فتوسنتز به طور معنی‌داری ($p \leq 0/05$) کاهش یافت (جدول های ۱ و ۲). مقدار این کاهش در مرحله گلدهی و پر شدن دانه به ترتیب $4/632$ و $4/173$ میکرومول CO_2 بر متر مربع بر ثانیه کاهش میزان فتوسنتز در شرایط تنش خشکی می‌تواند ناشی از اثرات روزنه‌ای و غیر روزنه‌ای باشد. به عبارتی فتوسنتز از دو طریق تحت تاثیر تنش خشکی قرار می‌گیرد، اول آن‌که بسته شدن روزنه‌ها دسترسی کلروپلاست را به دی اکسید کربن محدود می‌کند، دوم آن‌که پایین بودن پتانسیل آب اثرات مستقیمی بر ساختمان اجزای دخیل در فتوسنتز دارد. عموماً پذیرفته شده است که محدودیت روزنه‌ای عامل اصلی تعیین کننده کاهش فتوسنتز در شرایط تنش خشکی است (۱۶ و ۲۶). بود (جدول های ۳ و ۴). همچنین پژوهش حاضر نشان می‌دهد که با اعمال تنش خشکی میزان محتوای نسبی آب در هر دو مرحله گلدهی و پرشدن دانه کاهش می‌یابد (جدول های ۵ و ۶). بدین معنی که در اوایل تنش (RWC_1) اختلاف معنی‌داری بین تیمار شاهد و تنش وجود نداشت، ولی پس از گذشت یک هفته (RWC_2) و با افزایش شدت تنش، محتوای آب نسبی در هر دو مرحله گلدهی و پرشدن دانه به طور معنی‌داری ($p \leq 0/05$) کاهش یافت. این روند کاهشی تا دو هفته بعد از اعمال تنش (RWC_3) ادامه یافت و سبب اختلاف معنی‌داری ($p \leq 0/05$) بین تیمارها در هر دو مرحله گلدهی و

هدایت روزنه‌ای بیشتری نسبت به تیمار تنش خشکی بود (جدول های ۳ و ۴). کاهش هدایت روزنه‌ای می‌تواند به دلیل بسته شدن روزنه‌ها در شرایط تنش خشکی باشد، تا از این طریق تلفات آب به حداقل برسد. تنظیم هدررفت آب از طریق بسته شدن روزنه‌ها ممکن است به عنوان یک مکانیسم مقاومت به خشکی عمل کند اما باعث افزایش دمای برگ می‌شود. اگر اجتناب از تنش خشکی فقط به واسطه بسته شدن روزنه‌ها باشد به علت افزایش دمای برگ و توقف فتوسنتز نامطلوب خواهد بود. نتایج Anyia و Herzog (۲۰۰۴)، Liang و همکاران (۲۰۰۲)، Magloier (۲۰۰۵) و Yordanov و همکاران (۲۰۰۱) موید همین مطلب است. سرعت تعرق در هر دو مرحله گلدهی و پر-شدن دانه به طور معنی‌داری ($p \leq 0/01$) بر اثر تنش خشکی کاهش یافت (جدول های ۱ و ۲). تیمار شاهد در هر دو مرحله گلدهی و پرشدن دانه به ترتیب با مقدار $4/592$ و $2/335$ میلی مول H_2O بر متر مربع بر ثانیه دارای مقدار سرعت تعرق بیشتری نسبت به تیمار تنش خشکی بود (جدول های ۳ و ۴). تنش خشکی تأثیر معنی‌داری ($p \leq 0/05$) بر دمای برگ در هر دو مرحله گلدهی و پرشدن دانه داشت (جدول های ۱ و ۲). کاهش میزان تعرق در تیمارهای تحت تنش احتمالاً به دلیل بسته شدن روزنه‌ها و کاهش هدایت روزنه‌ای می‌باشد. نتایج اندازه‌گیری دمای برگ نشان داد که با کاهش رطوبت خاک، دمای برگ در مرحله گلدهی و پر شدن دانه به ترتیب به میزان $2/28$ و $3/95$ میکرومول CO_2 بر مترمربع بر ثانیه نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول های ۳ و ۴). تعرق روزنه‌ای نقش اصلی را در تنظیم دمای برگ دارد (۴۷). گیاهان تحت تنش، ابتدا از طریق تنظیم روزنه‌ای از اتلاف زیاد آب جلوگیری می‌کنند (۱۶) و همین مسئله باعث افزایش دمای برگ در آنها می‌شود. افزایش دمای برگ بر اثر تنش خشکی در گیاهان دیگر نیز مورد تأیید قرار گرفته است (۱۸، ۳۷، ۵۰ و ۵۱). نتایج آزمایش حاضر نشان داد که شاخص محتوای کلروفیل به طور معنی‌داری ($p \leq 0/05$) تحت تأثیر تنش

در این تحقیق محتوای نسبی آب با صفات فیزیولوژیک مانند هدایت روزنه‌ای، سرعت تعرق و فتوسنتز همبستگی دارد. به این ترتیب که کاهش محتوای نسبی آب، هدایت روزنه‌ای و در نتیجه ورود دی‌اکسید کربن به داخل برگ را کاهش می‌دهد که این عامل به نوبه خود باعث کاهش فتوسنتز می‌شود که نتایج Atteya (۲۰۰۳) و Lawler & Comic (۲۰۰۲) موبد این همین مطلب است. اختلاف در محتوای نسبی آب برگ‌ها در مرحله‌ای که با تنش مواجه می‌شود ممکن است از تفاوت الاستیته دیواره‌های سلولی در این شرایط ناشی شده باشد (۲۵).

پرسیدن دانه شد. کاهش محتوای نسبی آب برگ می‌تواند به دلیل کاهش درصد رطوبت خاک و به تبع آن کاهش پتانسیل آب برگ در اثر افزایش شدت تنش خشکی باشد. پس از آبیاری مجدد (بازیافت) میزان محتوای نسبی آب تا حدودی بهبود یافت ولی هنوز با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری داشت و بازیافت به طور کامل نبود (شکل‌های ۱ و ۲). همان‌طور که در شکل‌های ۱ و ۲ مشاهده می‌شود، محتوای آب نسبی به طور معنی‌داری با افزایش شدت تنش خشکی، کاهش می‌یابد. کاهش محتوای آب بافت‌های گیاهی تحت شرایط خشکی باعث محدود شدن رشد و برخی تغییرات فیزیولوژیکی و متابولیکی می‌گردد.

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک انیسون در شرایط تنش خشکی در مرحله گلدهی

میانگین مربعات						
منابع تغییرات	درجه آزادی	شاخص محتوای کلروفیل	سرعت فتوسنتز (میکرومول CO ₂ بر مترمربع بر ثانیه)	هدایت روزنه‌ای (مول- CO ₂ بر مترمربع بر ثانیه)	سرعت تعرق (میلی مول H ₂ O بر مترمربع بر ثانیه)	دمای برگ (میکرومول CO ₂ بر مترمربع بر ثانیه)
تکرار	۲	۱/۱۶*	۱/۲۷ ^{ns}	۱/۱۱ ^{ns}	۰/۳۲ ^{ns}	۵/۴۶*
تنش خشکی	۱	۴/۰۰*	۳۲/۱۷*	۰/۰۴*	۱۱/۰۵**	۷/۷۹*
اشتباه	۲	۰/۰۵	۰/۴۴	۰/۰۰۲	۰/۰۳	۰/۲۲
ضریب تغییرات (درصد)	-	۷/۰۶	۸/۶۹	۲۸/۸۹	۶/۰۹	۲/۶۰

^{ns} و * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک انیسون در شرایط تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه

میانگین مربعات						
منابع تغییرات	درجه آزادی	شاخص محتوای کلروفیل	سرعت فتوسنتز (میکرومول CO ₂ بر مترمربع بر ثانیه)	هدایت روزنه‌ای (مول- CO ₂ بر مترمربع بر ثانیه)	سرعت تعرق (میلی مول H ₂ O بر مترمربع بر ثانیه)	دمای برگ (میکرومول CO ₂ بر مترمربع بر ثانیه)
تکرار	۲	۱/۱۲ ^{ns}	۲/۳۳ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۴/۸۹*
تنش خشکی	۱	۴/۶۹*	۲۶/۱۲*	۰/۰۳**	۶/۰۶**	۲۳/۴۰**
اشتباه	۲	۰/۰۶	۰/۶۴	۰/۰۰۵	۰/۰۲	۰/۰۰۹
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۲/۰۱	۱۳/۲۲	۱۳/۶۲	۶/۲۷	۱/۷۲

^{ns} و * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪

بحث

محتوای آب نسبی بیانگر آن است که احتمالاً سیگنال‌های ارسالی از ریشه در شرایط تنش خشکی، عامل بسته شدن روزنه و کاهش فتوسنتز می‌باشد این سیگنال شیمیایی همان ABA می‌باشد (۴۷).

Ritchie و همکاران (۱۹۹۰) در تحقیقات خود نشان دادند که با اعمال تنش خشکی ابتدا هدایت روزنه‌ای کاهش می‌یابد، سپس محتوای آب نسبی و فتوسنتز شروع به کاهش می‌کند. کاهش شدید هدایت روزنه‌ای با تغییر جزئی

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات فیزیولوژیک انیسون در شرایط نرمال و تنش خشکی در مرحله گلدهی

تیمار	شاخص محتوای کلروفیل	سرعت فتوسنتز (CO ₂ بر مترمربع بر ثانیه)	هدایت روزنه‌ای (مول - مترمربع بر ثانیه)	سرعت تعرق (میلی مول H ₂ O بر مترمربع بر ثانیه)	دمای برگ (بر ثانیه)
شاهد	۴/۰۳a	۹/۹۵a	۰/۲۳a	۴/۵۹a	۲۸/۰۱b
تنش در مرحله گلدهی	۲/۴۰b	۵/۳۱b	۰/۰۶b	۱/۸۷b	۳۰/۲۹a

میانگین‌های هر ستون که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات فیزیولوژیک انیسون در شرایط نرمال و تنش خشکی در مرحله پرشدن دانه

تیمار	شاخص محتوای کلروفیل	سرعت فتوسنتز (CO ₂ بر مترمربع بر ثانیه)	هدایت روزنه‌ای (مول - مترمربع بر ثانیه)	سرعت تعرق (میلی مول H ₂ O بر مترمربع بر ثانیه)	دمای برگ (ثانیه)
شاهد	۲/۹۴ a	۸/۱۷a	۰/۲۰ a	۲/۳۳a	۲۶/۷۶ b
تنش در مرحله پرشدن دانه	۱/۱۸b	۴/۰۰b	۰/۰۵b	۱/۳۲b	۳۰/۷۱a

میانگین‌های هر ستون که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۵- تجزیه واریانس تأثیر تنش خشکی در مرحله گلدهی بر محتوای نسبی آب انیسون

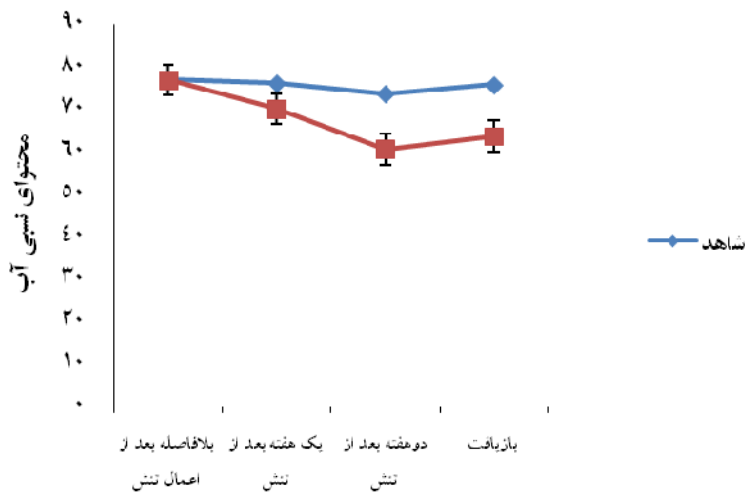
منابع تغییرات	درجه آزادی	RWC1	RWC2	RWC3	RWC4
تکرار	۲	۱/۱۸ ^{ns}	۳/۲۲*	۰/۷۸ ^{ns}	۰/۷۰ ^{ns}
تنش خشکی	۱	۲۵/۰۶ ^{ns}	۵۵/۰۸*	۲۵۷/۲۸**	۲۵۶/۶۳**
اشتباه	۲	۰/۰۲	۰/۶۳	۱/۲۶	۱/۰۸
ضریب تغییرات (درصد)	-	۰/۹۴	۱/۰۹	۱/۶۷	۱/۵۵

ns و * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪.

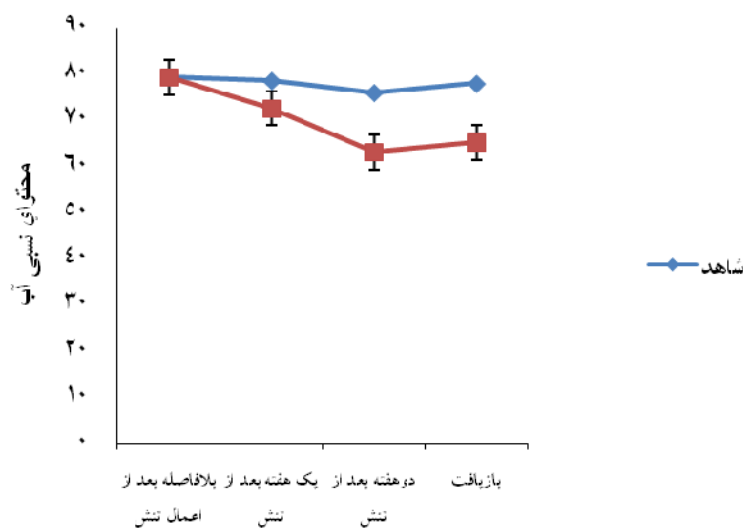
جدول ۶- تجزیه واریانس تأثیر تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه بر محتوای نسبی آب انیسون

منابع تغییرات	درجه آزادی	RWC1	RWC2	RWC3	RWC4
تکرار	۲	۷/۹۶ ^{ns}	۴/۲۲**	۶/۹۸ ^{ns}	۶/۷۳ ^{ns}
تنش خشکی	۱	۴۵/۲۱ ^{ns}	۵۳/۲۸**	۲۴۶/۴۰*	۲۴۵/۵۰**
اشتباه	۲	۰/۱۰	۰/۲۲	۲/۸۴	۲/۵۷
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱/۰۱	۱/۶۵	۲/۴۳	۲/۳۱

ns و * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪.



شکل ۱- تغییرات محتوای آب نسبی در شرایط تنش خشکی در مرحله گلدهی



شکل ۲- تغییرات محتوای آب نسبی در شرایط تنش خشکی در مرحله پرشدن دانه

خشکی باعث افزایش درجه دمای کانوپی در آویشن باغی و کلپوره شده است. Dana و همکاران (۲۰۰۴) نیز افزایش ۴ واحدی شاخص محتوای کلروفیل را با کاهش محتوای آب نسبی از ۹۴ درصد به ۸۷ درصد را گزارش کردند. Lawler & Cornic (۲۰۰۲) گزارش کردند که دوام فتوسنتز و حفظ کلروفیل برگ تحت شرایط تنش از جمله شاخص‌های فیزیولوژیک مقاومت به تنش است. (۲۳ و ۴۳) مشاهده کردند که تحت شرایط تنش محتوای کلروفیل و شاخص پایداری کلروفیل در گیاه گندم کاهش می‌یابد، که موید نتایج ما می‌باشد. Zou و همکاران (۲۰۰۷) نیز در آزمایش‌های خود مشاهده کردند، که تنش کم‌آبی طول

Gupta و همکاران (۲۰۰۱) در بررسی اثرات تنش آبی بر ارقام گندم مشاهده کردند که گیاهان تنش دیده، به طور معنی‌داری هدایت روزنه‌ای کمتری نسبت به گیاهان آبیاری شده داشتند، که این امر سبب کاهش میزان تعرق برگ در شرایط کم آبی گردید. بسته شدن روزنه‌ها در شرایط تنش علاوه بر تولید ABA در ریشه و ارسال آن به برگ‌ها، کاهش پتانسیل آماسی در برگ نیز موثر بوده و به احتمال زیاد از طریق ABA تولید شده در خود برگ‌ها عمل می‌کند (۱۶ و ۴۰). کوچکی (۱۳۸۵) در بررسی تاثیر تنش خشکی و بر برخی خصوصیات کمی آویشن شیرازی، کاکوتی، آویشن باغی و کلپوره گزارش کرد که تنش

خلنگ، مرزه و گندم انجام شده و گزارش گردیده است (۴ و ۲۱). بالا بودن محتوای نسبی آب در شرایط کم‌آبی می‌تواند با رفتار روزنه‌ها و سیستم ریشه‌ای گیاه در ارتباط باشد (۲۲)، زیرا حفظ محتوای رطوبتی درونی یک گیاه نیاز به داشتن ریشه عمیق جهت جذب آب دارد (۲۴). در تحقیق دیگری Munner و همکاران (۱۹۹۹) اثر حفاظتی توکوفرول را در گیاهان رزماری و بادرنجبویه بررسی کرده و نتیجه گرفتند که تنش خشکی، محتوای آب نسبی رزماری ۴۰٪ و بادرنجبویه را ۳۰٪ کاهش داد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که تنش خشکی در هر دو مرحله گلدهی و پرشدن دانه، سبب کاهش بیشتر صفات فیزیولوژیک شامل شاخص محتوای کلروفیل، سرعت فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و سرعت تعرق و افزایش دمای برگ شد. همچنین با اعمال تنش خشکی، وضعیت آب در گیاه دچار تغییرات معنی‌دار شد. به طوری که محتوای نسبی آب در انیسون کاهش یافت و پس از آبیاری مجدد (بازیافت) میزان محتوای نسبی آب تا حدودی بهبود یافت ولی باز هم با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری داشت و بازیافت به‌طور کامل نبود. بنابراین با توجه به این تحقیق و تحقیقات اندکی که روی گیاهان دارویی به‌ویژه آنیسون انجام شده، به نظر می‌رسد برای بررسی دقیق‌تر و بهتر واکنش گیاه آنیسون به تنش خشکی، از تیمارهای تنش در مراحل مختلف نموی نیز استفاده شود.

مدت پرشدن دانه، میزان فتوسنتز خالص و هدایت روزنه‌ای را در گیاه برنج کاهش داده و پیری برگ را تسریع می‌کند که مطابق با نتایج ما می‌باشد. در طی مراحل رشد رویشی و زایشی، زمانی که گیاهان تحت تنش باشند، میزان فتوسنتز در تمام قسمت‌های گیاه گندم کاهش می‌یابد (۴۸). Yordanov و همکاران (۲۰۰۱) پاسخ دستگاه فتوسنتزی ارقام مختلف گندم را به خشکی مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که کمبود آب متوسط، میزان فتوسنتز را بسته به میزان تحمل خشکی هر رقم به مقدار متفاوتی کاهش می‌دهد. افزایش بیشتر خشکی، کاهش بیشتری در میزان فتوسنتز را موجب خواهد شد و ارقام گندم نسبت به شرایط خشکی متوسط، تفاوت بیشتری در تحمل به خشکی نشان می‌دهند. سی و سه مرده و همکاران (۱۳۸۳) و Ahmadi & baker (۲۰۰۱) عقیده دارند که محدودکننده اصلی فتوسنتز در گیاه در شرایط تنش خشکی هدایت مزوفیلی است. اما در کل می‌توان نتیجه‌گیری کرد که کاهش فتوسنتز در اثر کمبود آب تحت تاثیر موازی هدایت روزنه‌ای و مزوفیلی قرار دارد (۵۳). پایین آمدن پتانسیل آب و کاهش تورژانس در بافت‌های گیاهی می‌تواند اولین اثر تنش خشکی باشد که به طور طبیعی رشد سلول و اندازه نهایی آن را تحت تاثیر قرار می‌دهد که نتایج Altinkut و همکاران (۲۰۰۱) و Gratani و همکاران (۲۰۰۴) موید این مطلب است. با بررسی اثر تنش خشکی روی گیاه *Crenanthe setosa* Rosc. مشاهده شد که وقتی بوته‌های این گیاه تحت تنش شدید خشکی (۷۰ روز بدون آبیاری) قرار گرفتند، RWC از ۹۴ درصد به ۷۴ درصد کاهش یافت (۴۲). نتایج مشابهی برای گیاهان رزماری،

منابع

- ۱- آینه چی، ی. ۱۳۷۰. مفردات پزشکی و گیاهان دارویی. چاپ دوم. انتشارات دانشگاه تهران. ۱۰۲۶ صفحه.
- ۲- احمدی موسوی، ع. منوچهری کلاتری، خ. جعفری، ر. حبیبی، ن. مهدویان، ک. ۱۳۸۹. بررسی اثرات ۲۴-آپی براسینولید و تنش کم
- ۳- امیدبیگی، ر. ۱۳۸۶. تولید و فرآوری گیاهان دارویی. جلد سوم. انتشارات آستان قدس رضوی. ۳۲۵ صفحه.
- ۴- Brassica napus L.) مجله زیست‌شناسی ایران. ۲۳(۲). ۲۷۵-۲۸۲.

- ۴-باهر نیک، ز. ۱۳۸۳. بررسی تغییرات متابولیسمی حاصل از تنش خشکی در گیاه مرزه. تحقیقات گیاهان دارویی ایران موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع. ۲۰(۳): ۳۵-۴۵.
- ۵-سی و سه مرده، ع. احمدی، ع. پوستینی، ک. ابراهیم زاده، ح. ۱۳۸۳. عوامل روزنه‌ای و غیر روزنه‌ای کنترل‌کننده فتوسنتز و ارتباط آن با مقاومت به خشکی در ارقام گندم. علوم و کشاورزی ایران. ۳۵(۱): ۹۳-۱۰۶.
- ۶-کاظمی اربط، ح. ۱۳۷۸. زراعت خصوصی، جلد اول: غلات. مرکز نشر دانشگاهی تهران. ۳۳۵ صفحه.
- 9-Ahmadi, A. and Baker, D. A . 2001. The effect of stress on the activities of Key regulatory enzymes of the sucrose to starch pathway in wheat. *Plant Growth Regulation*, 35: 81-91.
- 10-Altinkut, A., Kazan, K., Ipekci, Z. and Gozukirmizi, G. 2001. Tolerance to paraquat is orrelated with the associated with water stress tolerance in segregation F₂ populations of barley and wheat. *Euphytica*, 121: 81-86
- 11-Anyia, A. O. and Herzog, H. 2004. Water-use efficiency, leaf area and leaf gas exchange of cowpeas under mid-season drought. *Europ. J. Agronomy*, 20: 327-339.
- 12-Atteya, A. M . 2003. Alternation of water relations and yield of corn genotypes in response to drought stress. *Bulg. J. Plant Physiol*. 29: 63-76.
- 13-Blanco, I. A., Rajaram, S., Kronstad, W. E. and Reynolds, M. O . 2000. Physiological performance of synthetice hexaploid wheat-derived populations. *Crop Sci*. 40:1257-1263. Blum, A . 1985. Breeding crop varieties for stress environments. *Crit. Rev. Plant Sci*. 2: 199-238.
- 14-Chaves, M . 2002. water stress in the regulation of photosynthesis in the field. *Ann of Bot* 89: 907-916.
- 15-Chinnusamy, V., Xiong, L. and Zhu, J. K . 2004. Use of genetic engineering and molecular biology approaches for crop improvement for stress environments. In: *Abiotic stress: Plant resistance through breeding and molecular approaches*.(eds). pp: 47-107. Food Products Press.
- 16-Cornic, G . 2000. Drought stress inhibits photosynthesis by decreased stomatal aperture – not by affecting ATP synthesis. *TIBS* 5:187-188.
- 17-Dana, E., Martínez, Z. and Guiamet, J . 2004. Distortion of the SPAD 502 chlorophyll meter readings by changes in irradiance and leaf water status. *Agronomie*. 24: 41-46.
- 18-Erdem, Y., Shirali, S., Erdem, T. And Kenar, D . 2006. Determination or crop water stres index for irrigation scheduling of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal Agriculture and Forest*, 30: 195-202.
- 19-Fatima, S., Faroogi, A. H. A., Ansari, S. R. and Sharma, S . 1999. Effect of water stress on growth and essential oil mwrtabolism in *Cymbopogon martini* (palmarosa) cultivars. *Journal of Essential oil Research*, 11: 491-496
- 20-Giray, H .2004. Alist of the insects injurious to anise (*Pimpinella anisum* L.) in the Aegean region. *Turkiye Bitki Koruma Derisi*, 4 (1): 49-57.
- 21-Gratani, L. and Varone, L . 2004. Leaf key traits of *Erica arborea* L., *Erica multifolia* L. and *Rosmarinus officinalis* L. Co-occurring in Mediteranean maquis. *Flora*, 199: 58-69.
- 22-Gupta, N. K., Gupta, S. and Kumar, A . 2001. Effect of Water Stress on physiological attributes and their relationship with growth and yield of wheat cultivars at different stages. *J. Agronomy and Crop Sci*. 186: 55-62.
- 23- Hamada, A. M . 1996. Effect of Nacl, water stress or both on gas exchange and growth of wheat. *Biologia Plantarum*, 38: 405- 412.
- 24-Hirayama, M., ada, Y. W. and Nemoto, H . 2006. Astimation of drought tolerance based on leaf temperature in upland rice breeding. *Breeding Sci*. 56: 47-54.
- 25-Johnson, R. C., Ngutan, H. T. and Croy, L. T . 1984. Osmotic adjustment and solute accumulation in wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop science*, 24: 957-962. Kerepesi, I and Galiba, G . 2000. Osmotic and salt stress-induced alteration in carbohydrate

- content in wheat seedlings. *Crop Sci.* 40: 482-487.
- 26-Kicheva, M. I., Tsonev, T. D. and Popova, L. P. 1994. Stomatal and non stomatal limitation to photosynthesis in two wheat cultivars subjected to water stress. *Photosynthetica*, 30 (1): 107-116.
- 27-Klamkowski, K. and Treder, W. 2006. Morphological and physiological responses of strawberry plants to water stress. *Agric. Conspetus Sci.* 71 (4): 159-165
- 28-Koc, M., Barutcular, C. and Genc, I. 2003. Photosynthesis and productivity of old and modern durum wheats in Mediterranean environment. *Crop Sci.* 43: 2089-2098.
- 29-Korir, P. C., Nyabundi, J. O and Kimurto, P. K. 2006. Genotypic response common bean to moisture stress conditions in Kenya. *Asian. J. Plant Sci.* 5 (1): 24-32.
- 30-Lawler, D. W. 1995. The effect of water deficit on photosynthesis. In: N. Smirnov, (ed), *Environment and Plant Metabolism*, BIOS Scientific Publishers, pp. 129-160
- 31-Lawler, D. W. and Cornic, G. 2002. Photosynthetic carbon assimilation and metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant Cell Environ.* 25: 275-294.
- 32-Liang, Z., Zhang, F., Shao, M. and Zhang, J. 2002. The relations of stomatal conductance, water consumption, growth rate to leaf water potential during soil drying and rewetting cycle of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Bot. Bull. Acad. Sin.* 43: 187-192
- 33-Magloier, N. 2005. The genetic, morphological and physiological evaluation of African cowpea. Thesis presented in accordance with the requirements for the degree magister scientiae Agriculture in the Faculty of Natural and Agricultural Sciences, Department of Plant Sciences (Plant Breeding) the University of the Free State.
- 34- Merah, O. 2001. Potential importance of water status traits for durum wheat improvement under Mediterranean conditions. *J. Agric. Sci. Cambridge.* 137: 139-145
- 35-Munne, S., Schwarz, K., Alegre, L., Horvath, G. and Szigeti, Z. 1999. Alpha-tocopherol protection against drought, induced damage in *Rosmarinus officinalis* L and *Melissa officinalis* L. proceedings of an International workshop at Tata, Hungary, 23-26 August.
- 36-Mwanamweng, J., Loss, S. D., Siddique, K. H. M and Cocks, P. S. 1999. Effect of water stress during floral initiation, Flowering and pudding on the growth and yield of faba beans (*Vicia faba* L.). *Eur. J. Agron.* 11: 1-11.
- 37-Patel, N. R., Mehta, A. N. and Shekh, A. M. 2001. Canopy temperature and water stress quantification in rainfed pigeonpea (*Cajanus cajan* L.). *Agric. Forest Meteorology.* 109:223-232
- 38-Pessarkli, M. 1999. *Hand Book of Plant and Crop Stress.* Marcel Dekker Inc. 697. Pettigrew, W. T. 2004. Physiological consequences of moisture deficit stress in cotton. *Crop Sci.*, 44: 1265-1272.
- 39-Polley, H. W. 2002. Implication of atmospheric and climatic change for crop yield and water use efficiency. *Crop Sci.*, 42: 131-140
- 40-Ramachandra Reddy, A., Choityana, K. V. and Ivekanadan, R. 2004. Drought induced response of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plant. *Journal of Plant Physiology*, 161: 1189-1202.
- 41-Ritchie, S. W., Nguyen, H. T. and Holaday, A. S. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Sci.* 30: 105-111.
- 42-Saglam, A., Kadioglu, A., Terzi, R. And Saruhan, N. 2008. Physiological changes in them in post stress emerging *Ctenanthe setosa* plant under drought conditions. *Russian Journal of Plant Physiology*, 55 (1): 48-53.
- 43-Sairam, P. K., Deshmukh, P. S. and Shukla, D. S. 1997. Tolerance of drought and temperature stress in relation to increased antioxidant enzyme activity in wheat. *J. Agron. CropSci.*, 178: 171-178.
- 44- Saraker, A. M., Rahman, M. S. and Paul, N. K. 1999. Effect of soil moisture on
- 45-relative leaf water content, chlorophyll, proline and sugar accumulation in wheat. *J. Agron. and Crop Sci.* 183: 225-229.
- 46- Singh, N. B., Ahmad, Z., Singh, D. N. and Ziauddin, A. 1997. High temperature tolerance in wheat cultivars. *Adv. Agric. Res. India.* 7: 119-129.
- 47-Taize, L. and Zaiger, E. 2007. ABA and drought adaptation. Chapter 25. P: 671-682.
- 48-Todd, G. W. 1982. Photosynthesis and respiration of vegetative and reproductive increasing temperature. *Proc. Oklahoma Acad. Sci.* 62: 57-62.

- 49-Turner, N. C. and Nicolas, M. E . 1987. Drought resistance of wheat for light-textured climate. In: Drought tolerance in winter cereals. Srivastava, J. P., E. Procrrdu, E. Acevedo. and S, Varma (eds.). pp: 203-216. John Wiley and Sons, New York.
- 50-Wanjura, D. F. and Upchurch, D. R . 2000. Canopy temperature characterization of corn and cotton water status. Transaction ASAE, 43: 867-875.
- 51-Wanjura, D.F., Mass, S.J., Winslow, J.C and Upchurch, D.R .2004. Scanned and spotmeasured canopy temperatures of cotton and corn. Computers and Electronics in Agriculture, 44: 33-48.
- 52-Yordanov, I., Tsonko, T., Velikova, V., Georgieva , K., Ivanov, P., Tsenov, N. and Petrova, T . 2001. change in CO₂ assimilation, transpiration and stomatal resistance to different wheat cultivars expressing drought under field conditions. Bulg. J. Plant Physiol. 27: 20-33.
- 53- Zlatev, Z. S. and Yordanov, I. T . 2004. Effect of soil drought on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in bean plants. Bulgarian Journal of Physiology, 30 (34): 3-18
- 54-Zou, G. H., Liu, H. Y., Mei, H. W., Liu, G. L., Yu, X. Q., Li, M. S., Wu, J .H., Chen, L. and Luo, L. J . 2007. Screening for Drought resistance of rice recombinant inbred pulations in the field. J. Integrative Plant Biol. 49: 1508-1516.

Effects of drought stress on photosynthesis, its parameters and relative water content of anise (*Pimpinella anisum* L.)

Heidari N., Pouryousef M. and Tavakoli A.

Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, I.R. of Iran

Abstract

Drought is a major environmental stress that affects plant morphology, physiology and biochemistry, causing a significant reduction in agricultural production. In order to study the effect of drought stress on physiological traits of anise (*Pimpinella anisum* L.), a field experiment was conducted at College of Agriculture, University of Zanjan during spring 2010. The experiment was conducted with a complete randomized block design in three replications. In this study the effect of water stress in three levels: irrigation weekly at all stages of growth (control), stopping irrigation for 15 days in the mid-flowering stage until the appearance of signs of the stress, and then re-irrigation, and stopping irrigation in the grain filling stage for 15 days, until the appearance of signs of the stress and then re-irrigation were studied. Chlorophyll content index (CCI), assimilation rate, stomatal conductance, transpiration rate and relative water content (RWC) significantly ($p \leq 0/05$) decreased under drought stress conditions but leaf temperature increased.

Key words: Leaf temperature, Transpiration rate, Chlorophyll content index, Stomatal conductance.