نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد دهم، شماره سوم، پاییز ۹۶
۱۷-۳۱
http://ejcp.gau.ac.ir

اثر براسینواستروئید بر تحمل ارقام گلرنگ به تنش خشکی در اردبیل

*مهناز ظفری[۱]، علی عبادی[۲]، سدابه جهانبخش گده کهریز[۳] و محمد صدقی[۳]
[۱]دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، [۲]استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، [۳]دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات
تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۱۰/۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۵/۲

چکیده

سابقه و هدف: گلرنگ سابقه طولانی کشت و کار در جهان دارد و به‌عنوان یک گیاه مقاوم به تنش شوری و خشکی مطرح است. تنش کم‌آبی یکی از مشکلات تولید فراورده‌های کشاورزی در بسیاری از نقاط دنیا به‌ویژه مناطق خشک و نیمه خشک است. هدف ازاین مطالعه بررسی اثر تنش کم‌آبی بر برخی خصوصیات فیزیولوژیک گلرنگ بهاره و انتخاب نوع مناسب از گلرنگ به شرایط دیم در مناطق سرد، و افزایش تحمل گلرنگ به این شرایط بود. از آنجا که دانه گلرنگ جزء دانه‌های روغنی سالم و مرغوب می‌باشد؛ بنابراین گلرنگ برای این پژوهش انتخاب گردید.

مواد و روش: این آزمایش در سال ۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی به‌صورت اسپیلت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل اصلی آبیاری پس از ۸۰، ۱۲۰ و ۱٦۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A و عامل فرعی سه رقم گلرنگ بهاره (گلدشت، سینا و فرامان) و دو سطح تنظیم کننده رشد براسینواستروئید (شاهد و $^{-۷}$ ۱۰ مولار) بودند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که برهمکنش رقم و تنش کم‌آبی بر صفات کلروفیل a، b و کلروفیل کل، فلورسانس حداقل و حداکثر، محتوای آب نسبی، پرولین، قندهای محلول و پروتئین برگ معنی‌دار شد. در شرایط تنش شدید ۱٦۰ (میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A) رقم فرامان دارای بیشترین میزان قند محلول، محتوای آب نسبی، کلروفیل a و کلروفیل کل بود. بیشترین مقدار کلروفیل b و کمبود آب اشباع در رقم سینا و بیشترین میزان پرولین و فلورسانس حداقل در رقم گلدشت مشاهده شد و فلورسانس حداکثر رقم گلدشت و فرامان در یک دامنه آماری قرار داشتند و بیشتر از رقم سینا خاردار بودند، و در پروتئین محلول برگ رقم سینا خاردار با فرامان در یک دامنه آماری بیشتر از رقم گلدشت قرار گرفتند. اثرات ساده تنش خشکی نشان داد که با افزایش تنش کم‌آبی بر میزان پرولین، قندهای محلول برگ، کمبود آب اشباع، فلورسانس حداقل و حداکثر افزوده شد و در مقابل از میزان کلروفیل a,b، کلروفیل کل، محتوای آب نسبی، حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II و پروتئین محلول برگ کاسته شد. استفاده از براسینواستروئید موجب افزایش معنی‌دار کلروفیل a,b، کلروفیل کل، محتوای آب نسبی، حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II، پرولین و پروتئین محلول برگ شد ولی صفات قند محلول و فلورسانس حداقل و حداکثر کاهش داد.

*مسئول مکاتبه: mzafari@uma.ac.ir

نتیجه‌گیری: در منطقه سردسیر اردبیل در شرایط دیم و دارای تنش خشکی رقم فرامان نسبت به رقم گلدشت رشد بهتری داشت و رقم سینا خاردار مناسب کشت در منطقه اردبیل نبود. همچنین مصرف براسینواستروئید باعث افزایش تداوم جذب آب و رشد گیاه در شرایط تنش خشکی شد.

واژه‌های کلیدی: پرولین، فلورسانس، محتوای کلروفیل

مقدمه

گلرنگ با نام علمی *Carthamustinctorius L.* گیاهی است یکساله از تیره کاسنی و مدت زیادی از کشت آن در جهان می‌گذرد (٦). تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که تولیدات کشاورزی را با محدودیت روبرو می‌سازد (٢). فلورسانس کلروفیل معیار سنجشی برای اندازه‌گیری تأثیر تنش‌ها و تعیین میزان مقاومت به تنش پیشنهاد شده است (١٧). تنش کم‌آبی با تأثیر نامناسبی که بر ورود دی اکسید کربن می‌گذارد، ظرفیت پذیرش و انتقال الکترون را کاهش داده و در نتیجه سیستم به سرعت به فلورسانس حداکثر می‌رسد؛ که منجر به افت فلورسانس متغیر خواهد شد. از طرفی با افزایش شدت نور سیستم فتوسنتزی با یک روش تنظیمی برای کاهش انرژی القا شده تحریکی، انرژی مازاد را به طریق افزایش خاموشی غیر فتوشیمیایی به‌صورت فرایند غیر تشعشعی از دست می‌دهد. با این سازوکار تنظیم، ضمن حفاظت از مرکز واکنش، موجب حداقل شدن صدمه به این مرکز می‌گردد (٦). برای تحمل تنش کم‌آبی سازوکارهای مقاومت و تحمل در گیاهان توسعه یافته است. یکی از راه‌های مقابله و تطابق، استفاده از تنظیم کننده‌های رشد گیاهی است (٢٣). اولین بار براسینواستروئیدها از دانه گرده گیاه کلزا (*Brassica napus*) استخراج (١٠) و به‌عنوان ششمین گروه از تنظیم کننده‌های رشد گیاهی در نظر گرفته شد (٢٣). این ترکیبات موجب تحریک رشد و تقسیم سلولی شده (٢٨) و بر خصوصیات الکتریکی، نفوذپذیری غشا و پایداری و فعالیت آنزیم‌های غشا اثر می‌گذارند. امروزه ٥٩ براسینواستروئید از گیاهان مختلف استخراج و ساختمان و عملکرد آن‌ها شناسایی شده است (١٥). براسینواستروییدها تحمل گیاهان را در محدوده وسیعی از استرس‌های محیطی افزایش داده‌اند و این افزایش عموما وابسته به تولید و رونویسی ژن‌های ضد تنش از جمله پروتئین‌های شوک گرمایی بوده که نشانگر افزایش رونویسی ژن‌های مسئول پاسخ به استرس برای بالا بردن تحمل به استرس در درون گیاهان تیمار شده به‌وسیله براسینواستروئید بوده است (١٦). با وجود این‌که بسیاری از مطالعات روی بهبود تحمل گیاهان به تنش‌های شوری و دمای بالا متمرکز شده‌اند، گزارش‌های محدودی در خصوص قابلیت براسینواستروئید در کاهش اثر خشکی در گیاهان زراعی وجود دارد (٤). همچنین گیاهان در برخورد با تنش‌ها، با تولید و ذخیره مواد تنظیم کننده اسمزی با این تنش‌ها مقابله می‌کنند. پرولین یکی از اسیدآمینه‌های فعال در تنظیم اسمزی می‌باشد که در ایجاد و حفظ پتانسیل اسمزی درون گیاه نقش بسزایی دارد (١). در گلرنگ ثابت شده است که با افزایش سن گیاه تجمع پرولین بیشتر شده و این افزایش با کاهش محتوای آب نسبی گیاه و رطوبت خاک همبستگی دارد، به طوری‌که خشکی موجب افزایش معنی‌داری در میزان پرولین برگ‌ها می‌شود (٢٢). هدف از این پژوهش بررسی نقش براسینواستروئید

به‌عنوان یک شبه‌هورمون مرتبط با مقاومت به تنش کم‌آبی در کاهش آسیب‌های ناشی از تنش بر صفات فیزیولوژیک ارقام گلرنگ بهاره و تعیین رقم مناسب در شرایط تنش خشکی از لحاظ صفات فیزیولوژیک در منطقه اردبیل می‌باشد.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی تأثیر تنش کم‌آبی روی برخی خصوصیات فیزیولوژیک گلرنگ بهاره، آزمایشی در اردیبهشت ۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه محقق اردبیلی اجرا شد. آزمایش به‌صورت اسپیلت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گردید. عامل اصلی آبیاری در سه سطح ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A و عامل فرعی شامل سه رقم گلرنگ بهاره (گلدشت، سینا خاردار و فرامان) بودند. کود دامی پوسیده زمان تهیه بستر کشت به زمین افزوده شد. کاشت به‌صورت جوی و پشته‌ای در عمق ۳ سانتی‌متری و در هر ردیف کشت به تعداد ۴۵ بوته صورت گرفت و فاصله بین ردیف‌ها برای تمام واحدهای آزمایشی به‌طور ثابت ۵۵ سانتی‌متر و بین بوته‌ها ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. هر کرت فرعی ۱۱ مترمربع و هر کرت اصلی ۳۳ مترمربع بود. آبیاری‌ها تا موقع گلدهی برای همه تیمارها یکسان بود و به محض مشاهده گلدهی تیمارهای تنش اعمال و براسینواستروئید در دو سطح شاهد و 10^{-7} مولار به میزان سه لیتر برای هر ۲۷۰ بوته در واحد سطح ۷/۲ متر مربع به حالت محلول پاشی استفاده شد. برداشت از نمونه‌ها با حذف دو ردیف حاشیه (اول و آخر) هر کرت و ۶۰ سانتی‌متر از طرفین کرت انجام شد. اندازه‌گیری فلورسانس با استفاده از دستگاه فلوریمتر در ساعات آفتابی و با استفاده از جوانترین برگ‌ها از هر بوته انجام شد، برای اندازه‌گیری محتوای آب نسبی مقدار ۰/۵ گرم از نمونه‌های برگی در لوله‌های آزمایش دربدار محتوی ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر غوطه‌ور شدند و ۶ ساعت در محیط نسبتا خنک و بدون نور نگهداری شدند. سپس نمونه‌ها را درآورده و سریعا با کاغذ خشک‌کن آب روی برگ‌ها زدوده شد و دوباره توزین گردید. سپس نمونه‌ها به آون با دمای ۷۰ منتقل شدند و بعد از ۴۸ ساعت وزن خشک دوباره تعیین گردید، بدین ترتیب مقدار رطوبت نسبی برگ‌ها با استفاده از رابطه (وزن خشک- وزن تر/ وزن آماس- وزن خشک)* ۱۰۰ محاسبه شد (۳۴). برای سنجش کلروفیل ۰/۲ گرم از بافت برگ را با استن ۸۰ درصد سائیده تا کلروفیل وارد محلول استنی شود و در نهایت حجم محلول با استن ۸۰ درصد به حجم ۲۰ میلی‌لیتر رسانده شد و به‌مدت ۱۰ دقیقه در ۴۰۰ دور سانتریفوژ گردید و سپس جذب نوری محلول رویی در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر قرائت شد. مقدار کلروفیل‌ها طبق معادله‌های زیر به‌دست آمد (۵).

$$\text{Chlorophyll a} = (19.3 * A_{663} - 0.86 * A_{645}) V/100W$$

$$\text{Chlorophyll b} = (19.3 * A_{645} - 3.6 * A_{663}) V/100W$$

$$\text{Chlorophyll t} = \text{Chlorophyll a} + \text{Chlorophyll b}$$

برای اندازه‌گیری پروتئین، ۰/۵ گرم نمونه تر برگی با نیتروژن مایع تا حد پودر شدن کوبیده شدند. سپس ۳ میلی‌لیتر بافر استخراج مخلوط شده و مخلوط حاصله به‌مدت ۲۱ دقیقه با سرعت ۱۱۵۰۰ دور در دقیقه در دمای ۴ سانتریفیوژ شدند. سپس محلول بالائی دوباره به‌مدت ۲۰ دقیقه در ۴۰۰۰ دور بر دقیقه سانتریفیوژ شدند. سپس از محلول بالای هر لوله ۷۰۰ میکرولیتر برداشته و برای تعیین مقدار کمی پروتئین‌ها مورد استفاده قرار گرفتند (۷)، برای اندازه‌گیری پرولین، ۰/۵ گرم برگ با استفاده از ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد در هاون چینی کوبیده و قسمت بالای محلول جدا گردید. عمل استخراج دوبار دیگر با ۵ میلی‌لیتر اتانول ۷۰ درصد تکرار شد. محلول به‌دست

آمده ده دقیقه در سانتریفوژ با سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه قرار داده شد. محلول رویی برای استخراج پرولین به‌کار رفت. برای تعیین غلظت پرولینیک میلی‌لیتر از عصاره الکلی فوق‌الذکر را با ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر رقیق نموده و ۵ میلی‌لیتر معرف نینهیدرین به آن اضافه شد. سپس ۵ میلی‌لیتر اسیداستیک گلاسیال به آن افزوده و همزده شد و به‌مدت ٤٥ دقیقه، در حمام آبجوش قرار گرفت. پساز خارج کردن و خنک شدن نمونه‌ها، ۱۰ میلی‌لیتر بنزن افزوده و با همزن مکانیکی مخلوط شدند تاپرولین وارد فاز بنزن شود. سپس میزان جذب در طول موج ٥١٥ نانومتر با اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد (۱۲). برای اندازه‌گیری کربوهیدرات‌های محلول عمل استخراج مشابه پرولین انجام گرفت. پساز استخراج، ۰/۱ میلی‌لیتر عصاره الکلی با ۳ میلی‌لیتر آنترون تازه تهیه شده مخلوط گردید. این محلول ده دقیقه در حمام آب جوش قرار داده شد تا واکنش انجام و رنگی شود. سپس میزان جذب آن با اسپکتروفتومتر در طول موج ٦٢٥ نانومتر قرائت و مقدار قندهای محلول محاسبه شد (۱۲). تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS انجام گردید و مقایسه میانگین اثرهای اصلی به روش LSD در سطح یک درصد انجام شد.

نتایج و بحث

محتوای کلروفیل برگ: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی تنش، رقم، تنظیم کننده رشد براسینواستروئید و برهمکنش تیمارهای تنش و رقم برمیزان کلروفیل a، b و کلروفیل کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین برهم کنش کم‌آبی و رقم (جدول ۳) نشان داده است در هر سه سطح تنش ۸۰، ۱۲۰ و ۱٦۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A، رقم فرامان بیش‌ترین میزان کلروفیل a (به‌ترتیب ۰/۸۹، ۰/۷۰ و ۰/٦۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) را به خود اختصاص داد. رقم گلدشت در سطح تنش ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر دارای کمترین میزان کلروفیل a بود (۰/٦۰ و ۰/٤٦ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) در حالی‌که با تشدید تنش به ۱٦۰ میلی‌متر تبخیر رقم سینا کمترین میزان کلروفیل a (۰/۳۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) را به خود اختصاص داد. با افزایش شدت تنش میزان کلروفیل a کاهش یافت که این میزان کاهش برای ارقام مختلف و در سطوح تنش مختلف متفاوت بود و این نشان‌دهنده وجود تنوع رفتار به تنش کم‌آبی در ارقام گلرنگ است. مقایسه میانگین برهم کنش کم‌آبی و رقم برای کلروفیل b (جدول ۳) نشان داد که در هر سه سطح تیمار تنش کم‌آبی رقم سینا خاردار به‌ترتیب بیشترین میزان کلروفیل b (۱/۳۰، ۱/٤۳ و ۱/۳٥ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) و گلدشت (با مقادیر ۱/۰۹، ۱/۱۹ و ۱/۱۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) کمترین میزان را به خود اختصاص داد. رقم فرامان با میزان کلروفیل b (۱/۲٥ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) در سطوح تبخیر ۸۰ و ۱٦۰ میلی‌متر در یک دامنه آماری قرار داشت. مقایسه میانگین برهم کنش کم‌آبی و رقم برای کلروفیل کل (جدول ۳) نشان داد که در هر سه سطح تیمار تنش کم‌آبی رقم فرامان به ترتیب بیشترین میزان کلروفیل کل (۲/۱٥، ۲/۰۲ و ۱/۸۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) و گلدشت با میزان (۱/٦۹، ۱/٦٥ و ۱/٥۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) کمترین میزان را به خود اختصاص داد. علت کاهش محتوای کلروفیل با افزایش سطح تنش کم‌آبی احتمالا می‌تواند به‌دلیل افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز باشد. از دلایل دیگر می‌توان به کاهش غلظت کلروفیل برخی ارقام تحت

تنش کم‌آبی، به‌علت مشترک بودن مسیر بیوسنتزی کلروفیل و آلفاتوکوفرول اشاره کرد، که گیاه در این شرایط تنش می‌تواند با توقف بیوسنتز کلروفیل، مسیر بیوسنتزی آنتی‌اکسیدان آلفا توکوفرول را فعال نماید و همچنین به‌دلیل تغییر مسیر متابولیسم نیتروژن در ساخت ترکیب‌هایی مانند پرولین باشد که برای تنظیم اسمزی به‌کار می‌رود (۱٤). بنابراین می‌توان بیان نمود که گیاهانی که تحت شرایط تنش قرار می‌گیرند، محتوای کلروفیل آن‌ها تحت تأثیر قرار می‌گیرند و در بیش‌تر آن‌ها محتوای کلروفیل کاهش می‌یابد. در این میان، آن دسته از گیاهانی که به کم‌آبی متحمل هستند؛ می‌توانند این کاهش محتوای کلروفیل را تعدیل کنند. گزارش مشابهی مبنی‌بر کاهش محتوای کلروفیل در اثر تنش کم‌آبی در یونجه وجود دارد (۳٤) که علت عمده آن علاوه‌بر موارد ذکر شده می‌تواند به‌دلیل پیری زودرس برگ‌ها در اثر اختلالات هورمونی ناشی از تنش کم‌آبی باشد (۱۳). احتمالا رقم سینا خاردار به‌علت سیستم کاهش سطح برگ و خاردار بودن توانسته در مقابل افزایش تبخیر از ۸۰ به ۱۲۰ میلی‌متربا افزایش کلروفیل b محتوای کلروفیل کل را افزایش داده ولی با افزایش شدت تنش کم‌آبی به ۱٦۰ میلی‌متر تبخیر قادر به تداوم حفظ میزان کلروفیل نبوده است. اثر اصلی تیمار براسینواستروئید بر کلروفیل a، b و کل معنی‌دار بود و اعمال براسینواستروئید باعث افزایش معنی‌دار کلروفیل a، b و کل گردید، احتمالا براسینواستروئید به‌دلیل تولید تنظیم کننده‌های اسمزی موجب دوام جذب آب از خاک به ریشه و در نتیجه حفظ آماس سلولی گردیده و درنتیجه منجر به تحریک رشد و تقسیم سلولی می‌شود زیرا لازمه تقسیم و خصوصا بزرگ شدن سلول‌ها آماس سلول است. نتایج مشابهی توسط احمدی موسوی (۱۳۸٤) گزارش شده است (۳).

پارامترهای فلورسانس کلروفیل: اثر سطوح مختلف تنش کم‌آبی، رقم و تیمار براسینواستروئید بر مؤلفه‌های فلورسانس کلروفیل معنی‌دار بود، اما برهم‌کنش تیمارهای تنش و رقم برمؤلفه‌های فلورسانس کلروفیل به‌جز حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو F_v/F_m معنی‌دار شد (جدول ۱). در برهمکنش تنش کم‌آبی و رقم (جدول ۳) برای فلورسانس حداقل F_0 در ۸۰ میلی‌متر تبخیر رقم گلدشت کمترین مقدار را به‌خود اختصاص داد و رقم فرامان و سینا خاردار تفاوت معنی‌داری باهم نداشتند، در حالی‌که ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر فرامان کمترین، و گلدشت و سینا خاردار تفاوت معنی‌داری نداشتند و در ۱٦۰ میلی‌متر تبخیر، گلدشت بیشترین (۷۹/۸۳) و سیناخاردار کمترین (۲۳/۳۳) میزان را به خود اختصاص داد. افزایش F_0 در اثر تنش ناشی از بازدارندگی نوری فتوسیستم ۲ می‌باشد (۱۸). به‌نظر می‌رسد ارقامی که بتوانند در تنش از افزایش F_0 جلوگیری کنند تحمل بیشتری به تنش نشان می‌دهند. کارایی رقم سینا در استفاده از رطوبت اندک خاک نسبت به رقم فرامان بهتر بوده است و به تبع آن F_0 کمتری داشت. در برهمکنش تنش کم‌آبی و رقم (جدول ۳) در سطح تنش ۸۰ میلی‌متر تبخیر بیشترین F_m (۲۱۹/۳۳) مربوط به رقم سیناخاردار و کمترین (۱٤۹/۵۰) به گلدشت تعلق داشت. در تنش ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر بیشترین F_m (۳۱۸) متعلق به رقم فرامان و کمترین (۲۵۸/٦٦) به گلدشت، و در سطح ۱٦۰ میلی‌متر تبخیر کمترین به سیناخاردار (٤۱۷/۵۰) تعلق داشت و ارقام گلدشت و فرامان در یک دامنه آماری قرار داشتند. همان‌طور که پیش‌تر بیان شد رقم گلدشت نسبت به رقم سینا و فرامان در ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر استفاده بهتری از رطوبت داشته و در دستگاه فتوسنتزی این رقم جریان الکترون از فتوسیستم II به فتوسیستم I مناسب‌تر صورت گرفته

در نتیجه میزان F_m کمتری نسبت به دو رقم دیگر داشت و با افزایش تبخیر رقم سیناخاردار احتمالا به‌دلیل خاردار بودن و کاهش جذب نوری بهتر توانسته در مقابل فلورسانس حداکثر مقاومت نشان دهد. در این پژوهش مشاهده شد که افزایش سطح تبخیر منجر به کاهش Fv/Fm شد (شکل ۱- الف). کاهش Fv/Fm با افزایش سطح تنش خشکی در یونجه گزارش شده است (۳٤). براساس گزارش وزان (۲۰۰۰) و محمدیان (۲۰۰۳) تنش خشکی موجب کاهش عملکرد کوانتومی در ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقند شد (۳۱ و ۲۰). رقم گلدشت بیشترین میزان (۰/۸۵۸) و رقم سینا خاردار از کمترین F_v/F_m برخوردار بود (شکل ۱- ب). از آنجایی‌که رقم سیناخاردار دارای محتوای آب نسبی کمتری است، نشان می‌دهد که این رقم نتوانسته به نحو مناسب‌تری از رطوبت خاک استفاده کند. شاید اهمیت محتوای نسبی رطوبت از این نظر باشد که بین ویژگی‌های عملکرد کوانتومی و تعداد زیادی از ویژگی‌های فیزیولوژیک از جمله سرعت تبادل کربن ارتباط مستقیمی وجود دارد (۲۱). در نتیجه این رقم نمی‌تواند واکنش‌های فتوشیمیایی را در حالت تورژسانس برقرار کند و تبادلات گازی مناسب‌تری داشته است. افزایش عملکرد کوانتومی نشانگر این است که تنش‌های محیطی تأثیری بر کارایی فتوسنتز ندارد. کاهش عملکرد فتوسیستم ۲ و ماکزیمم عملکرد فتوسیستم ۲ در نتیجه یک اثر ساختمانی بر فتوسیستم ۲ و یکی از فاکتورهای اصلی مسئول برای کاهش تدریجی در سرعت فتوسنتز از طریق تأثیر بر کاهش در سرعت انتقال الکترون می‌باشد (۲۵). بنابراین می‌توان چنین استنباط نمود که کاهش عملکرد کوانتومی به‌طور عمده به‌خاطر وجود آشفتگی در کلروپلاست بوده و کاهش میزان محتوای کلروفیل نیز این مطلب را تأیید می‌کند. روند کاهشی F_v/F_m مربوط به افزایش F_m می‌باشد که با عملکرد کوانتوم فتوسنتز خالص همبستگی دارد. پارامترهای فلورسانس کلروفیل نیز به واسطه این‌که دارای یک تطبیق خوبی با ارقام با عملکرد بالا در شرایط تنش بودند، می‌توانند برای گزینش ارقام قبل از رسیدگی مورد استفاده قرار گیرند. فلورسانس کلروفیل به‌طور مستقیم به فعالیت کلروفیل در مراکز واکنش فتوسیستم‌ها ارتباط دارد و وجود هرگونه آشفتگی منجر به کاهش حداکثر عملکرد کوانتومی فتوسیستم می‌گردد (۹). اثر اصلی تیمار براسینواستروئید بر مؤلفه‌های فلورسانس معنی‌دار گردید. اعمال براسینواستروئید باعث کاهش معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد فلورسانس حداقل و حداکثر گردید اما برای F_v/F_m در سطح اعمال و عدم اعمال براسینواستروئید در سطح احتمال ۵ درصد در یک دامنه آماری قرار داشتند. تأثیر براسینواستروئید بر مؤلفه‌های فلورسانس به احتمال زیاد به تأثیر آن بر کلروفیل مربوط باشد. به طوری‌که با اعمال براسینواستروئید با افزایش کلروفیل منجر به کاهش F_0، F_m و افزایش F_v/F_m گردیده است.

محتوای آب نسبی برگ: معیاری قابل اعتماد برای اندازه‌گیری وضعیت آب در بافت‌های گیاهی محسوب می‌شود (۲۹). اثر اصلی رقم، تنش کم‌آبی، براسینواستروئید و برهمکنش تنش کم‌آبی و رقم بر محتوای نسبی رطوبت برگ در بافت برگ گلرنگ معنی‌دار شد (جدول ۱). اعمال براسینواستروئید باعث افزایش معنی‌دار محتوای آب نسبی شد (نتایج نشان داده نشد). ممکن است افزایش محتوای آب نسبی در نتیجه تنظیم اسمزی و افزایش جذب آب از خاک توسط اعمال براسینواستروئید باشد. مقایسه میانگین برهمکنش کم‌آبی و رقم نشان داد که با افزایش شدت تنش از محتوای آب نسبی کاسته شده است. این کاهش در گیاه یونجه نیز گزارش شده است (۳٤). که

در سطح تبخیر ۸۰ میلی‌متر رقم گلدشت و سیناخاردار در یک دامنه آماری بودند و رقم فرامان با میزان ۸۲/۷۵ کمترین محتوای آب نسبی را داشت. در سطح تبخیر ۱۲۰ میلی‌متر، فرامان بیشترین مقدار ۸۹/۵۱ و گلدشت از کمترین میزان برخوردار بود، و در تنش شدید (۱۶۰ میلی‌متر تبخیر) رقم فرامان بیشترین محتوای آب نسبی (۸۱/۵۰) و سینا خاردار کمترین محتوای آب نسبی (٦٦/٤٧) را داشت. طبق این نتایج با افزایش شدت تنش کم‌آبی رقم فرامان مقاوم و رقم سینا خاردار در برابر کم‌آبی حساس می‌باشد. رقم گلدشت در سطح ۱۲۰ و ۱٦۰ میلی‌متر تبخیر در یک دامنه آماری قرار داشت. چنین به‌نظر می‌رسد که محتوای آب نسبی با قند محلول نسبت مستقیم دارد و با افزایش قند محلول در فرامان نسبت به ارقام دیگر از بیشترین محتوای آب نسبی برخوردار بود.

قندهای محلول: اثرات اصلی رقم، تنش کم‌آبی، براسینواستروئید و برهمکنش تنش کم‌آبی و رقم بر محتوای قندهای محلول کل معنی‌دار شد (جدول ۱). اعمال براسینواستروئید نیز با اختلاف ۱۳/۱۷ درصد منجر به کاهش تولید قندهای محلول شد. این کاهش قند احتمالا به‌دلیل افزایش مقاومت گیاه در برابر تجزیه نشاسته است این احتمال با مشاهده افزایش کلروفیل با مصرف براسینواستروئید تحکیم می‌یابد. نشاسته از کربوهیدرات‌های اصلی در ساقه گیاهان است و در تنش کم‌آبی مقدار آن کاهش می‌یابد. این پدیده احتمالا یک پاسخ فیزیولوژیک به تنش کم‌آبی می‌باشد. تنفس و رشد گیاه باعث استفاده نشاسته در طی تنش و در نتیجه موجب کاهش مقدار ذخیره کربوهیدرات می‌شود. همچنین مقدار قندهای محلول تحت تنش افزایش می‌یابد. بنابراین کاهش نشاسته احتمالا با تجمع قندهای محلول ارتباط دارد. در برگ‌های اسفناج تنش کم‌آبی موجب افزایش تجزیه نشاسته و تجمع قندهای محلول می‌شود. بنابراین هنگامی‌که پتانسیل آب برگ کاهش می‌یابد، تجمع قندها احتمالا در تنظیم اسمزی نقش اصلی را ایفا می‌کند (۲٦). کاهش قندهای محلول با اعمال براسینواستروئید در گیاه کلزا نیز ثبت شده است (۳). مقایسه میانگین برهمکنش نشان داد (جدول ۳)، که در سطح تنش ۸۰ میلی‌متر تبخیر رقم گلدشت بیشترین مقدار (٦۰۳/۳۳) و فرامان کمترین مقدار (۵۱۲/۰۵) قندهای محلول را داشتند. در تنش ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر بیشترین و کمترین مقادیر (به‌ترتیب ٦۷۷/۵۱ و ۵۵٦/۲۵) به فرامان و گلدشت تعلق داشت. با تشدید تنش به ۱٦۰ میلی‌متر تبخیر، بیشترین مقدار قندهای محلول (٦۹۰/٤۷) به فرامان و کمترین میزان آن (٦۳۷/۸٤) به سینا خاردار تعلق داشت. با تشدید تنش کم‌آبی گیاه به افزایش تولید قندهای محلول اقدام کرده است. افزایش قندهای محلول با افزایش تنش کم‌آبی در یونجه و کلزا ذکر شده است (۳٤ و ۳).

محتوای پرولین: برهمکنش تنش کم‌آبی و رقم و اثرات اصلی تیمارها بر پروتئین محلول برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). در مقایسه میانگین برهمکنش تنش کم‌آبی و رقم (جدول ۳)، در سطح ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر، رقم فرامان (۸۳) و رقم سیناخاردار (۷۱/۰۱ میکرومول بر گرم)، بیشترین و کمترین مقادیر پروتئین را داشتند، اما در تنش شدید ۱٦۰ میلی‌متر تبخیر، گلدشت با میزان پرولین (۱٤٤/۱٦ میکرومول بر گرم) با اختلاف زیاد ٤۹/۷۷ میکرومول بر گرم نسبت به رقم سیناخاردار و با اختلاف ۲۲/٦۵ میکرومول بر گرم نسبت به رقم فرامان بیشترین میزان پرولین را به خود اختصاص داد. طبق این نتایج با افزایش سطح تنش کم‌آبی بر میزان پرولین گیاه افزوده شد. افزایش پرولین با تنش کم‌آبی ممکن است در نتیجه کاهش کلروفیل باشد، چرا که پیش ماده هر دو گلوتامات است این احتمال وجود دارد که گیاه برای دوام جذب آب با تخریب کلروفیل و آزادسازی پیش ماده پرولین به بقای گیاه کمک کند؛

زیرا در شرایط تنش، بقای گیاه از اهمیت بیشتری نسبت به رشد گیاه برخوردار است. مشابه این استدلال توسط متوس و اندرسون (۱۹۸۸) نیز گزارش شده است (۱۷). گلدشت دارای بیشترین میزان پرولین و کمترین میزان کلروفیل است و این نشان می‌دهد که پیش ماده گلوتامات در این رقم و تحت این شرایط بیشتر صرف تولید پرولین جهت تنظیم اسمزی شده است. مقایسه میانگین اثر اصلی براسینواستروئید بر پرولین (نتایج نشان داده شد) گویای این مطلب است که در حضور براسینواستروئید میزان این ماده با اختلاف ٦/٧ درصد نسبت به عدم اعمال براسینواستروئید در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. افزایش پرولین با اعمال براسینواستروئید توسط احمدی موسوی (۳) نیز، در شرایط تنش خشکی مشاهده شده است. در نتایج آزمایش‌هایی که در آن‌ها براسینواستروئید استفاده شده، افزایش تولید پرولین در تنش شوری گزارش شده است (۳۰). افزایش پرولین منجر به حفظ تورم و کاهش خسارت غشاء در گیاهان می‌شود، بدین ترتیب با روش تنظیم اسمزی تحمل به تنش کم‌آبی افزایش می‌یابد (۲۵).

پروتئین محلول: برهمکنش تنش کم‌آبی و رقم در سطح احتمال یک درصد در بافت برگ گلرنگ برای پروتئین محلول برگ معنی‌دار بود (جدول ۱). در تیمار ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A هر سه رقم در یک دامنه آماری قرار داشتند اما در تنش‌های ۱۲۰ و ١٦٠ میلی‌متر، گلدشت به ترتیب کمترین میزان پروتئین (٦/٥٩ و ٦/٧١ میکروگرم بر میلی‌گرم وزن تر برگ) را داشت و فرامان و سینا خاردار از لحاظ آماری تفاوت معنی‌دار نداشتند (جدول ۳). در مقایسه میانگین اثر اصلی تنش کم‌آبی مشاهده می‌کنیم که با افزایش تنش از میزان پروتئین محلول کاسته شد و بین بیشترین و کمترین میزان ۳/۱۱ درصد اختلاف وجود دارد. کاهش پروتئین محلول در اثر تنش کم‌آبی در یونجه نیز گزارش شده است (٣٤). کاهش پروتئین در رقم گلدشت با کاهش کلروفیل a نیز مطابقت دارد. با توجه به این‌که روبیسکو مهمترین و فراوان‌ترین پروتئین برگ است، هر گونه کاهش در غلظت پروتئین‌های محلول منجر به کاهش غلظت روبیسکو شده و این امر کاهش میزان فتوسنتز را در پی خواهد داشت. یک احتمال دیگر برای کاهش پروتئین‌های محلول برگ در گلدشت می‌تواند ناشی از زودرس بودن این رقم باشد، زیرا به محض تشکیل دانه مواد غذایی به‌خصوص نیتروژن از برگ به دانه انتقال پیدا می‌کند و در نتیجه از میزان پروتئین و همچنین کلروفیل کاسته می‌شود. کاهش پروتئین محلول در مرحله رشد زایشی گیاه گزارش شده است (۲۹). مقایسه میانگین اثر اصلی تیمار براسینواستروئید نشان داد که اعمال این پیش هورمون با ۳/٦٩ درصد اختلاف معنی‌دار در میزان پروتئین محلول برگ بیشتر از حالت عدم اعمال آن بود. تأثیر اختلاف اعمال و عدم اعمال براسینواستروئید در کلروفیل نیز احتمالا ناشی از افزایش پروتئین محلول می‌باشد و افزایش پروتئین محلول شاید ناشی از جذب آب توسط تولید پرولین باشد که با حفظ آماس سلولی و جذب آب منجر به تقسیم سلولی و حفظ کلروفیل می‌شود. از طرف دیگر همراه با جذب آب، مواد غذایی از جمله نیتروژن نیز می‌تواند جذب گیاه شده و باعث تولید پروتئین محلول شود. خشکی با ایجاد تنش کمبود عناصر غذایی در گیاه، موجب اختلال در روند جذب و تجمع عناصر غذایی شده و در نتیجه باعث کاهش عملکرد گیاه می‌شود (۸).

نتیجه‌گیری کلی: در منطقه اردبیل در شرایط دیم رقم فرامان نسبت به گلدشت رشد بهتری دارد و همچنین اعمال براسینواستروئید باعث افزایش تداوم جذب آب و رشد گیاه در شرایط تنش خشکی می‌شود.

جدول ۱- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی.

Table 1. Mean squares from analysis of variance for evaluated traits.

منابع تغییرات Source of Variation	درجه آزادی Df	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total chlorophyll	حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو F_v/F_m	فلورسانس حداکثر F_m	فلورسانس حداقل F_o	محتوای آب نسبی Relative water content	قندهای محلول Total soluble sugars	پرولین برگ Leaf prolin	پروتئین محلول Leaf soluble protein
تکرار Rrplication	2	0.00150^{ns}	0.0047**	0.00710**	0.0004^{ns}	27.79^{ns}	8.07^{ns}	10.97*	619.06**	19.680*	0.31^{ns}
آبیاری Irrigation	2	0.34600**	0.0492**	0.31500**	0.0256**	26557.40**	810.57**	902.1500**	27443.88**	1907.750**	43.51**
خطای کرت اصلی Error a	4	0.00066^{ns}	0.0002^{ns}	0.00130^{ns}	0.0004^{ns}	2.85^{ns}	17.62^{ns}	0.5800^{ns}	62.54^{ns}	4.910^{ns}	0.25^{ns}
رقم Cultivar	2	0.31300**	0.2299**	0.70700**	0.0002**	7877.46**	1271.90**	143.5900**	7014.79**	2665.570**	152.96**
براسینواستروئید Brassinosteroid	1	0.03320**	0.4300**	0.15250**	0.0003**	1251.85**	1232.66**	661.2600**	2218.89**	607.260**	183.63**
آبیاری* رقم I * C	4	0.02160**	0.0020**	0.02750**	0.0001^{ns}	2711.76**	2347.96**	321.4800**	24370.33**	937.570**	5.87**
آبیاری* براسینواستروئید I * B	2	0.00013^{ns}	0.0001^{ns}	0.00047^{ns}	0.0008^{ns}	0.07^{ns}	9.38^{ns}	0.0005^{ns}	2.29^{ns}	0.001^{ns}	1.18^{ns}
رقم* براسینواستروئید C * B	2	0.00002^{ns}	0.0002^{ns}	0.00041^{ns}	0.0001^{ns}	0.04^{ns}	7.72^{ns}	0.0074^{ns}	2.09^{ns}	0.007^{ns}	1.31^{ns}
آبیاری*رقم*براسینواستروئید I *C*B	4	0.00004^{ns}	0.0001^{ns}	0.00024^{ns}	0.0009^{ns}	0.45^{ns}	5.44^{ns}	0.0049^{ns}	2.20^{ns}	0.001^{ns}	1.18^{ns}
خطای کرت فرعی Error b	-	0.00019	0.0002	0.00043	0.0005	11.34	15.53	2.5200	52.70	4.530	0.87
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	2.38000	1.3600	1.12000	0.8600	1.12	10.15	1.9400	1.20	2.520	8.73

ns، *، ** به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد است.

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی در اثرات ساده براسینواستروئید.

Table 2. Comparing the means studied traits in simple effects brassinosteroid.

تیمارها Treatment	پرولین برگ (میکرومول بر گرم بافت تر) Leaf prolin (μmol/g. fw)	قندهای محلول (میلی‌گرم برگرم بافت تر) Total soluble sugars (mg/g.fw)	محتوای آب نسبی (درصد) (Relative water content%)	عملکرد کوانتومی Fv/Fm	فلورسانس حداکثر Fm	فلورسانس حداقل Fo	کلروفیل کل (میلی‌گرم در گرم بافت تر) Total Chlorophyll (mg/g. fw)	کلروفیل b (میلی‌گرم در گرم بافت تر) Chlorophyll b (mg/g. fw)	کلروفیل a (میلی‌گرم در گرم بافت تر) Chlorophyll a (mg/g. fw)	پروتئین محلول (میلی‌گرم در گرم بافت تر) Leaf soluble protein (mg/g. fw)
اعمال 10^{-7} مولار براسینواستروئید Use 10^{-7} M 24-epibrassinosteroid	87.67 a	598.33 b	85.13 a	0.85 a	294 b	34.03 c	1.90 a	1.28 a	0.61 a	12.24 a
عدم اعمال براسینواستروئید Lack of apply 24-epibrassinolide	80.97 b	611.15 a	78.13 b	0.85 a	303 a	43.59 b	1.79 b	1.23 b	0.56 b	10.83 b

جدول ۳- مقایسه میانگین برهمکنش آبیاری و رقم برای صفات مورد ارزیابی.

Table 3. Mean comparisons of interaction of irrigation and cultivar for evaluated traits.

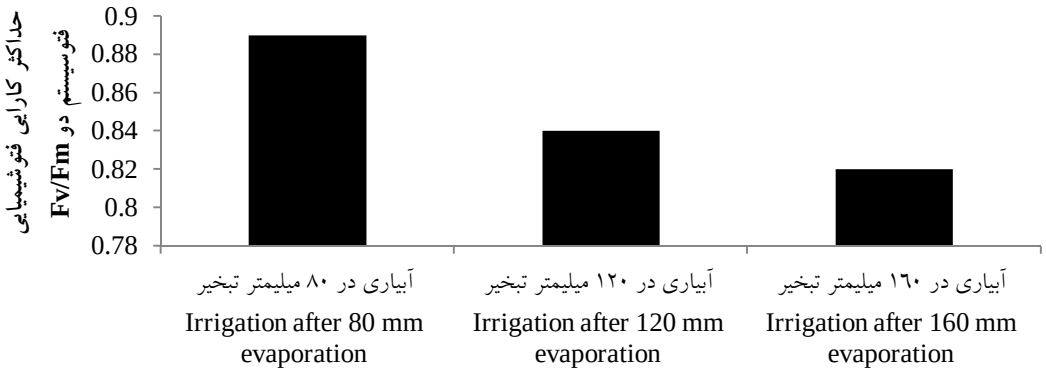
تیمارها (رقم* آبیاری) Treatments (Cultivar * Irrigation)		کلروفیل a (میلی‌گرم در گرم بافت تر) Chlorophyll a (mg/g. fw)	کلروفیل b (میلی‌گرم در گرم بافت تر) Chlorophyll b (mg/g. fw)	کلروفیل کل (میلی‌گرم در گرم بافت تر) Total Chlorophyll (mg/g. fw)	فلورسانس حداقل Fo	فلورسانس حداکثر F_m	محتوای آب نسبی (درصد) Relative water content (%)	قندهای محلول برگ (میلی‌گرم برگرم بافت تر) Total soluble sugars (mg/g.fw)	پرولین برگ (میکرومول بر گرم بافت تر) Leaf prolin (μmol/g. fw)	پروتئین محلول برگ (میلی‌گرم در گرم بافت تر) Leaf soluble protein (mg/g. fw)
آبیاری بعد از ۸۰ میلی‌متر تبخیر Irrigation after 80mm evaporation	گلدشت Goldasht	0.60 ^{c}	1.09 ^{f}	1.69 ^{d}	26 ^{c}	149.50 ^{h}	93.43 ^{a}	603.33 ^{d}	60.21 ^{f}	8.84 ^{dca}
	فرامان Faraman	0.89 ^{a}	1.25 ^{d}	2.15 ^{a}	35.83 ^{b}	187.50 ^{g}	82.75 ^{b}	512.05 ^{g}	64.42 ^{f}	13.67 ^{a}
	سیناخاردار Sina	0.68 ^{b}	1.30 ^{c}	1.98 ^{b}	39 ^{b}	219.33 ^{f}	88.71 ^{a}	565.59 ^{e}	45.73 ^{g}	14.21 ^{a}
آبیاری بعد از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر Irrigation after 120mm evaporation	گلدشت Goldasht	0.46 ^{d}	1.19 ^{e}	1.65 ^{d}	39.50 ^{b}	258.66 ^{e}	76.07 ^{c}	556.25 ^{f}	74.02 ^{e}	6.59 ^{d}
	فرامان Faraman	0.70 ^{b}	1.32 ^{bc}	2.02 ^{b}	27 ^{c}	318 ^{c}	89.51 ^{a}	677.51 ^{b}	83 ^{d}	12.16 ^{ab}
	سیناخاردار Sina	0.59 ^{c}	1.43 ^{a}	2.02 ^{b}	42.83 ^{b}	278 ^{d}	81.69 ^{b}	626.90 ^{c}	71.01 ^{e}	17.75 ^{a}
آبیاری بعد از ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر Irrigation after 160 mm evaporation	گلدشت Goldasht	0.40 ^{e}	1.12 ^{f}	1.53 ^{e}	79.83 ^{a}	435 ^{a}	74.63 ^{c}	637.84 ^{c}	144.16 ^{a}	6.71 ^{d}
	فرامان Faraman	0.61 ^{c}	1.25 ^{d}	1.87 ^{c}	36 ^{b}	428.83 ^{a}	81.50 ^{b}	690.47 ^{a}	121.95 ^{b}	10.74 ^{bc}
	سیناخاردار Sina	0.33 ^{f}	1.35 ^{b}	1.68 ^{d}	23.33 ^{c}	417.50 ^{b}	66.47 ^{d}	572.72 ^{e}	94.39 ^{c}	9.95 ^{bc}

در هر ستون حرف مشترک نشان دهنده عدم تفاوت آماری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

جدول ٤- مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی در اثرات ساده آبیاری.

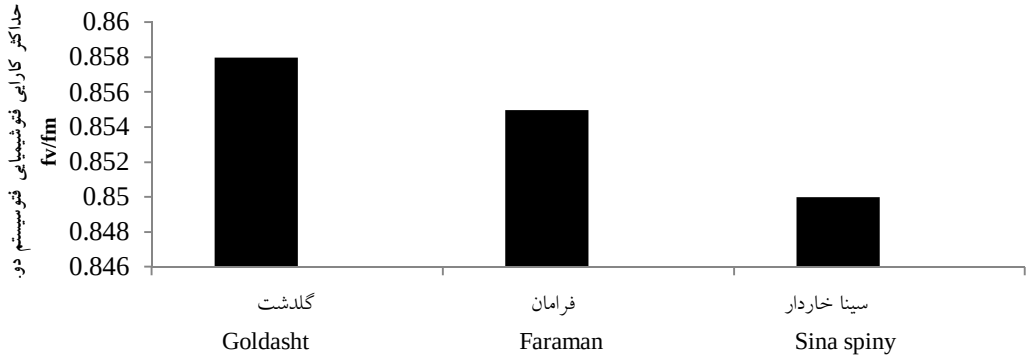
Table 4. Comparing the means studied traits in simple effects irrigation.

تیمارها Treatment	پرولین برگ (میکرومول بر گرم بافت تر) Leaf prolin (μmol/g. fw)	قندهای محلول (میلی‌گرم برگرم بافت تر) Total soluble sugars (mg/g.fw)	محتوای آب نسبی (درصد) Relative water content (%)	عملکرد کوانتومی Fv/Fm	فلورسانس حداکثر Fm	فلورسانس حداقل Fo	کلروفیل کل (میلی‌گرم در گرم بافت تر) Total Chlorophyll (mg/g. fw)	کلروفیل b (میلی‌گرم در گرم بافت تر) Chlorophyll b (mg/g. fw)	کلروفیل a (میلی‌گرم در گرم بافت تر) Chlorophyll a (mg/g. fw)	پروتئین محلول (میلی‌گرم در گرم بافت تر) Leaf soluble protein (mg/g. fw)
آبیاری در ۸۰ میلی‌متر تبخیر Irrigation after 80 mm evaporation	56.79 c	560.33c	88.29 a	0.89 a	185.44 c	33.61 c	2.04 a	1.31 a	0.72 a	12.24 a
آبیاری در ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر Irrigation after 120 mm evaporation	76.013 b	620.22b	82.41 b	0.84 b	284.88 b	36.44 b	1.81 b	1.24 b	0.56 b	10.83 b
آبیاری در ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر Irrigation after 160 mm evaporation	120.170 a	633.67a	74.20 c	0.82 c	427.11 a	46.38 a	1.68 c	1.21 c	0.46 c	9.13 c



شکل ۱- الف- اثر سطوح مختلف آبیاری بر حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو در برگ گلرنگ.

Figure 1. A- effect of different irrigation of the Fv/Fm in saffflower leaves.



شکل ۱- ب- اثر ارقام مختلف بر حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو در برگ گلرنگ.

Figure 1. B- effect of diffrenet cultivar on the fv/fm in Safflower leaves.

منابع

1. Abbaszadeh, B., Sharifi Ashourabadi, E., Lebaschi, M.H., Naderi Hajibagher Kandi, M., and Moghadami, F. 2008. The effect of drought stress on proline contents, soluble sugars, chlorophyll and relative water contents of balm (*Melissa officinalis L.*). Iran J Med Arom Plant. 23(4): 504-513. (In persian)
2. Abolhasani, Kh., and Saeidi, G. 2006. Evaluation of Drought Tolerance of Safflower Lines Based on Tolerance and Sensitivity Indices to Water Stress. J Water Soil Sci., 10(3): 407-419. (In persian)
3. Ahmadi Mousavi, E., Kalanti, Kh., and Torkzadeh, M. 2005. Effects of 24- epibrassinolide on lipid peroxidation, prolin, sugar and photosynthesis pigments content of canola (*Brassica napus L.*) under water stress. Iran J Biol. 18(4): 295-306. (In persian)
4. Anjum, S.A., Wang, L.C., Farooq, M., Hussain, M., Xue, L.L., and Zou, C.M. 2011 a.Brassinolide application improves the drought tolerance in maize through modulation of enzymatic antioxidants and leaf gas exchange. J Agron crop Sci., 197: 177-185.
5. Arnon, A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agron. J. 23: 112-121.
6. Bassil, B.S., and Kaffka, S.R. 2002. Response of safflower (*Cartamustinctorius L.*) to saline soils and irrigation. II Crop response to salinity. Agric. Water Manage., 54: 81-92.
7. Bradford, M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Annual Biochem., 72: 248-254.
8. Chogan, R. 2004. Modified corn for tolerance of drought and nitrogen stresses. Agriculture department publication, 95p. (In Persian)

9. Francheboud, Y., and Leipner, J. 2003. The application of chlorophyll fluorescence to study light, temperature and drought stress. In De-Ell, J.R., Tiovonen, P.M.A. (Eds.). Practical applications of chlorophyll fluorescence in plant biology. Boston: Klower Academic Pablishers, Pp: 125-150.
10. Grove, M.D., Spencer, G.F., Rohwedder, W.K., Mandava, N.B., Worley, J.F., and Wathen, J.D. 1979. Brassinolide a plant growth promoting steroid isolated from canola *(Brassica napus*) pollen. Nature. J. 281: 216-217.
11. Hassibi, P., Moradi, F., and Nabipour, M. 2009. The effect of low temperatures and antioxidant mechanism in susceptible and resistant genotypes of rise (*Oryza sativa L.*) Seedlings in the seed stage. Iran J Crop Sci., 10(3): 262-280. (In persian)
12. Irigoyen, J.J., Emerich D.W., and Sanchez-Diaz, M. 1992. Alfalfa leaf senescence induced by drought stress: photosynthesis, hydrogen peroxide metabolism, lipid peroxidation and athyleneevoluation. Physiol Plant. J. 84: 67-72.
13. Kafi, M. 2000. Mechanisms of Resistance To Environmental Stresses In Plants. Publishers of Mashhad Ferdowsi University. 309p. (Translated in Persian)
14. Kaya, C., Higgs, D., and Kernak, H. 2001. The effects of high salinity (NACL) and supplementary phosphorus and potassium on physiology and nutrition development of Spanish. Plant Physiol J. 27: 47-59.
15. Khripach, V.A., Zhabinskii, V.N., and Groot, A.E. 1998. Brassinosteroids: A New Class of Plant Hormones. Acadamic press. United States of America. 460p.
16. Khripach, V.A., Zhabinskide, V.N., and Groot, A.E. 1999. Brassinosteroids a new class of Plant Hormones. Academic press publication. 472p.
17. Matthews, M.A., and Anderson, M.M. 1988. Fruit ripening in *Vitisvinifera L.*: Responses to seasonal water dificits. Am. J. Enol. Viticult. 39(4): 313-320.
18. Maxwell, K., and Johnson, G.N. 2000. Clorophyll fluorescence a practical guide. J. Exp and Bot. 51: 659-668.
19. Moffatt, J., Sears, M.R.G., and Paulsen, G. 1990. Wheat height temperature tolerance during reproductive growth. I: Evaluation by chliriphyll fluorescence. Crop Sci. Pp: 881-885.
20. Mohammadian, R., Rahimian, H., Moghaddam, M., and Sadeghian, S.Y. 2003. Effect of early drought stress on sugar beets chlorophyll fluorescence. Pak J Biol Sci., 6(20): 1763-1769.
21. Nautiyal, P.C., Nageseara, R.R., and Joshi, Y.C. 2002. Moisture-deficit induced changes in leaf water content, leaf carbon exchange rate and biomass production in groundnut cultivars differing in specific leaf area. Field Crop Res., 74: 67-79.
22. Nngannoor, 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 J. Agric. Sci., 8(1): 46-49.
23. Ozdamir, F., Bor, M., Demiral, T., and Turkan, I. 2004. Effects of 24-epibrassinolide on seed germination, seedling growth, lipid peroxidation, prolin content and antioxidative system of rice (*Oriza sativa* L.) under salinity stress. Plant growth Regul, 42: 203-211.
24. Paknejad, F., Nasri, M., Tohidi Moghadam, H.R., Zahedi, H., and Jami Alahmad, M. 2007. Effects of drought stress on chlorophyll flouresenceparameters chlorophyll content and grain yield of wheat cultivars. J. Biol. Sci., 7: 841-847.
25. Pandey, R., and Agarwal, R.M. 1998. Water stress-induced change in proline contents and nitrat reductase activiti in rise light and dark condition. Physiol Mol Biol plants, 4: 53-57.
26. Sato, F., Yoshioka, H., Fujiwara, T., Higashio, H., Uragami, A., Tokuda, S. 2004. Physiologycal responses of cabbage plug seedlings to water stress during low- temperature storage in darkenss. Sci. Hort., 101: 349-357.
27. Scarfts-Brandner, S.J., and Egli, D.B. 1987. Sink removal and leaf senescence in soybean. Plant Physiol. 85: 662-666.
28. Schaller, H. 2003. The role of sterols in plant growth and development. Progrss in Lipid research. 42: 163-175.

29. Schonfield, M.P., Richard, J.C., Carver, B.P., and Mornhi, N.W. 1988. Water relations in winter wheat as drought resistance indicators. Crop Science., 28: 526-531.
30. Shahid, M.A., Pervaz, M.A., Balal, R.M., Mattson, N.S., Rashid, A., Ahmad, R., Ayyub, C.M., and Abbas, T. 2011. Brassinosteroid (24-epibrassinolide) enhances growth and alleviates the deleterious effects induced by salt stress in pea (*Pisumsativum L.*). AJCS. 5(5): 500-510.
31. Vazan, S., Ranji, Z., Tehrani, M., Ghalavand, A., and Saaneyi, M. 2002. Drought stress effects of on ABA accumulation and stomatal conductivity of sugar beet. Journal of Agriculture, 3: 176-180. (In persian)
32. Qayyum, B., Shahbaz, M., and Akram, N.A. 2007. Interactive effect of foliar application of24-epibrassinolide and root zone salinity on morpho-physiological attributes of wheat (*Triticumaestivum L.*). IJABE, 9(4)0: 584-589.
33. Weatherley, P.E. 1995. Studies in water relation ofcotton plants, the fieldof water deficitin leaves. New Phytol. 49: 81-87.
34. Zafari, M., Ebadi, A., and Jahanbakhsh, S. 2012. Effect of mycorrhiza on water deficit resistance in alfalfa. Master thesis. University of Mohaghegh Ardabili. 99p. (In Persian)