

پاسخ‌های بیوشیمیایی و روزنه‌ای به تنش‌های مختلف غیر زیستی در گل رز چینی (*Rosa chinensis* “Old Blush”)

مصطفی خوشحال سرمست*، شهرزاد ضیعی، مینا خرمی مقدم و عظیم قاسم نژاد

ایران، گرگان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشکده تولید گیاهی، گروه علوم باغبانی و فضای سبز

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۱۵

چکیده

تنش‌های غیرزیستی به شدت رشد و عملکرد بسیاری از گونه‌های گیاهی را متاثر می‌کنند. در این پژوهش نقش سطوح مختلف تنش‌های سرما، گرما، خشکی، شوری و پرتوی فرابنفش بر برخی پارامترهای بیوشیمیایی برگ و پاسخ روزنه‌های گل رز چینی در اتاقک رشد و گلخانه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج پژوهش بیانگر پاسخ متفاوت گل رز چینی نسبت به تنش‌های مختلف است که میزان پاسخ، بسته به سطح تنش و مدت زمان اعمال تنش به‌طور آشکاری در مقایسه با شاهد دچار تغییر شده است. کاهش میزان کلروفیل برگ و افزایش کاروتنوئید به‌طور تقریبی در تمام تنش‌ها مشهود است. تراکم روزنه‌های برگ در تمام تنش‌ها به استثناء تنش اشعه فرابنفش افزایش یافت در حالی که پاسخ دهانه روزنه با توجه به شدت تنش و زمان مواجهه با انواع تنش متفاوت بود. فعالیت آنزیم‌های موثر در رفع رادیکال‌های آزاد سلول به تقریب در تمام تنش‌ها، با شدت تنش افزایش یافت اما با توجه به نوع تنش، میزان فعالیت آنزیم‌ها متفاوت بود به طوری که در برخی تنش‌ها، کاتالاز و در برخی دیگر، پراکسیداز دارای فعالیت بیشتری بود. این موضوع بیانگر اختصاصی عمل نمودن فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در مقابله با یک نوع تنش غیرزیستی خاص است. در مجموع درک پاسخ‌های بیوشیمیایی سلول برگ که تا حدی مرتبط به جذب دی‌اکسید کربن از طریق روزنه‌های گیاه می‌باشد، می‌تواند به درک بهتر مکانیسم مقاومت به تنش غیر زیستی در گل رز منجر شود.

واژه‌های کلیدی: شوری، سرما، خشکی، گرما، پرتوی فرابنفش

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۳۷۳۵۶۲۰۸۸، پست الکترونیکی: khosshal.sarmast@gmail.com

مقدمه

ژن‌های عامل مقاومت به تنش‌های زیستی و غیر زیستی قابل شناسایی می‌شود (۱۶).

اهمیت بررسی تنش‌های محیطی و نقش آن‌ها در پیش‌بینی و ارزیابی رشد و نمو گیاهان بسیار آشکار است. به‌طور کلی می‌توان تنش‌ها را به دو گروه زنده (بیولوژیکی) و غیر زنده (محیطی) تقسیم کرد. تنش‌های زنده شامل تأثیر قارچ‌ها، باکتری‌ها، ویروس‌ها و حشرات بوده و تنش‌های غیرزنده به تأثیرات سوء عواملی همچون خشکی، شوری، پرتوی فرابنفش، دما، باد، سرما و ... مربوط می‌شود که مجموع این دو دسته تنش می‌تواند تأثیر منفی قابل توجهی

رز یکی از مهمترین درختچه‌های زینتی از جنس *Rosa* و تیره Rosaceae است (۱۵) که شامل ۲۰۰ گونه و بیش از ۱۸۰۰۰ رقم می‌باشد (۱۱). به تازگی توالی ژنومی با کیفیت در رز به کمک لاین‌های رز هاپلوئید مشتق شده از گل رز چینی (*Rosa chinensis*) واریته Old Blush که در قرن ۱۸ از چین به اروپا و آمریکای شمالی منتقل شده بود منتشر شده است. با این پیشرفت و به کمک روش‌های ژنومیک، تنظیم‌کننده‌های صفات مهم گیاهان زینتی شامل گل‌دهی دائم، نمو گل، خودناسازگاری و تراکم خار و بسیاری از

روزنه‌ها عمدتاً پیچیده است و در طی مراحل اولیه خشکی محدودیت عمده در فتوسنتز ناشی از بسته شدن روزنه‌ها می‌باشد (۳۰). در نتیجه نقصان در فتوسنتز خالص در اثر تنش خشکی بیشتر به بسته بودن روزنه یا همان کاهش هدایت روزنه‌ای مربوط است (۴). تنش خشکی روی صفات مورفولوژی، فیزیولوژی و بیوشیمیایی گیاه در مراحل مختلف رشد موثر است (۲). ثابت شده است که خشکسالی با اثر بر تولید انواع اکسیژن‌های فعال (ROS) می‌تواند بوسیله آسیب‌های اکسیداتیو به چربی‌ها، پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک، آنزیم‌ها و رنگیزه‌های فتوسنتزی، متابولیسم‌های طبیعی را تخریب نمایند (۲۸). برای خشی نمودن اثرات سمی و مخرب ROS، سیستم دفاعی آنزیمی و غیر آنزیمی در گیاهان تکامل یافته است (۲۲). تنش شوری به طور مستقیم بر فتوسنتز گیاه از طریق بسته شدن روزنه‌ها تأثیر خواهد داشت (۵). بسته شدن روزنه‌ها اولین واکنش گیاه در مواجهه با تنش است تنش شوری همچنین باعث تجمع ROS می‌شود که منجر به اثرات سمی ناشی از تنش اکسیداتیو در گیاهان می‌شود. منابع ROS، مانند رادیکال سوپراکسید (O_2^-)، پراکسید هیدروژن (H_2O_2)، و رادیکال هیدروکسیل (OH^\bullet)، توسط زنجیره‌های انتقال الکترون فتوسنتزی و تنفسی گیاهان، گزانتین اکسیداز و نیکوتین آمید آدنین دی نوکلئوتید فسفات اکسیداز تولید می‌شوند (۱۳). بررسی‌های پیشین نشان می‌دهد که در تنش‌های سرما، گرما، خشکی، شوری و پرتوی فرابنفش ویژگی روزنه‌های برگ و به دنبال آن فتوسنتز و همچنین فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی به شدت تحت تأثیر قرار می‌گیرند (۳۱). با توجه به اینکه درک چگونگی پاسخ گل رز چینی به تنش‌های مختلف غیر زیستی و شناخت چگونگی پاسخ متابولیتی سلول در یک تنش معین غیرزیستی در این گل می‌تواند در شناسایی و کشف ژن‌های پاسخ دهنده و حتی کاندید و انتقال آنها به رزهای دورگه جدید به کمک مهندسی ژنتک موثر باشد، بنابراین هدف از این پژوهش بررسی پاسخ‌های روزنه

بر رشد و نمو و عملکرد نهایی محصولات داشته باشد (۱۲). بنابراین درک چگونگی پاسخ گیاهان به تنش‌های مختلف زیستی و غیر زیستی و شناخت چگونگی پاسخ متابولیتی سلول در یک تنش معین غیر زیستی می‌تواند در شناسایی و کشف ژن‌های پاسخ دهنده و حتی کاندید و انتقال آنها به رزهای دورگه جدید به کمک مهندسی ژنتک موثر باشد.

بررسی‌ها نشان می‌دهد که در شرایط تنش، گیاه با بستن روزنه‌ها، اتلاف آب از طریق روزنه‌ها را کاهش می‌دهد. مشخص شده است که اعمال تنش کوتاه‌مدت بر روی گیاهان نونهال امکان مطالعه تغییرات فیزیولوژیک و مورفولوژیک گیاه مانند تراکم و اندازه روزنه‌ها و شاخص‌های فتوسنتزی را فراهم می‌کند (۳۴).

تحمل به سرما عبارت است از توانایی گیاه به تحمل دماهای پایین (۱۵-۰ درجه سانتیگراد) به طوری که صدمه و خسارتی به بافت گیاه وارد نشود (۳۰) این فرایند با تغییرات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی همراه است که در نهایت تغییرات چشمگیری را در بیان ژن، وضعیت لیپیدهای غشایی و تجمع مولکول‌های کوچک به دنبال خواهد داشت (۳۰). سازگاری به سرما باعث افزایش تحمل گیاه به تغییرات فیزیولوژیکی و فیزیوشیمیایی در زمان مواجهه با دماهای یخ‌زدگی خواهد شد. از نقطه نظر هورمونی دو مکانیسم عمده برای پاسخ به تنش در گیاهان در نظر گرفته شده است که عبارتند از مسیر وابسته به اسید آبسزیک و مسیر غیروابسته به اسید آبسزیک. همچنین اسید آبسزیک می‌تواند از طریق القاء ژن‌های مقاومت به دهیدراسیون باعث مقاومت به تنش یخ‌زدگی گردد (۱۰).

کمبود آب با تأثیر بر آماس سلولی و در نتیجه باز و بسته شدن روزنه‌ها، فرایند فتوسنتز، تنفس و تعرق را تحت تأثیر قرار داده و از طرف دیگر با تأثیر بر فرایندهای آنزیمی که به طور مستقیم با پتانسیل آب کنترل می‌شوند، بر رشد گیاه اثر منفی می‌گذارد. جلوگیری از رشد همراه با بسته شدن

سطح برگ، فتوسنتز و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی به سطوح و شدت‌های مختلف تنش‌های شوری، خشکی، گرما، سرما و تنش پرتوی فرابنفش در شرایط کنترل شده گلخانه یا اتاقک رشد بود.

مواد و روشها

مواد گیاهی و شرایط رشد: قلمه‌های رز چینی از دانشگاه نانجینگ چین (اهدایی پروفیسور وانگ) به دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان آورده شد و در گلخانه به کمک قلمه نیمه خشبی به صورت تیمار فروری سریع در محلول ایندول بوتریک اسید با غلظت ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ریشه‌دار و طی مدت زمان ۵ ماه مستقر شدند. هر ۱۴ روز یک بار تمام گلدها با کود مایع هوگلند به میزان ۱۵۰ میلی‌لیتر برای هر گلدها برای رسیدن به رشد بهینه آبیاری شدند. تمامی تیمارها در آمیخته خاکی کوکوپیت و پرلایت به نسبت حجمی برابر انجام شد.

نحوه اعمال تنش‌های غیر زیستی

تیمار خشکی: این تیمار در شرایط گلخانه و با سه تکرار انجام شد پس از رساندن رطوبت آمیخته گلدها (پیت و پرلایت) به ۵۰٪ و ۲۵٪ ظرفیت زراعی به کمک وزن نمودن گلدها، نمونه برداری در روز ۰، ۵ و ۱۰ پس از شروع تنش انجام شد. گیاهان شاهد با آبیاری روزانه شاداب نگه داشته شدند. تنش اعمال شده کوتاه بوده و گیاهان هر ۱۴ روز با کود هوگلند تغذیه شدند.

تیمار شوری: تیمار تنش شوری به وسیله NaCl در سه غلظت ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار به همراه آب آبیاری پای گیاه اعمال شد. این تیمار از زمان شروع به مدت ۱۵ روز و روزانه ۱۵۰ میلی‌لیتر محلول دارای NaCl با غلظت مشخص را دریافت نمود. داده برداری بعد از ۱۵ روز از شروع تنش انجام شد. گیاهان شاهد با آب دارای شوری زیر ۱ میلی‌موس در زمان‌های یاد شده آبیاری شدند.

تیمار تنش گرما: این تیمار در اتاقک رشد انجام شد و گیاهان به مدت ۲، ۶ و ۱۲ ساعت در دمای ۴۲ درجه سانتیگراد نگهداری شدند. نمونه‌های برگ‌ی پس از اعمال تیمار در زمان‌های ۲، ۶ و ۱۲ ساعت از گیاه جدا و بعد از فیکس شدن در ازت مایع، در فریزر ۸۰- قرار داده شدند. گیاهان شاهد در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد نگهداری شدند.

تیمار سرما: این تیمار نیز در اتاقک رشد انجام شد. ابتدا گیاهان ۴ هفته در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد سازگار شده و سپس گیاهان به مدت ۳، ۶ و ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. داده برداری پس از اعمال تیمار در زمان‌های ۳، ۶ و ۲۴ ساعت از برگ‌های گیاه انجام شد.

تیمار پرتوی فرابنفش: این تیمار نیز در محیط گلخانه انجام گرفت در این تیمار گیاهان هر روز به مدت ۱۰ و ۳۰ دقیقه و به مدت ۱۵ روز به صورت یک روز درمیان تحت تابش مستقیم پرتوی فرابنفش B قرار گرفتند. لامپ ۱۵ وات با طول موج ۲۸۰-۳۲۰ نانومتر به ارتفاع ۶۰ سانتی-متری در بالای گیاهان نصب گردید. گیاهان شاهد نیز در شرایط دمای ۲۵ درجه و شدت نور فلورسنت ۳۰ میکرومول بر متر مربع در ثانیه قرار گرفتند.

در شرایط متفاوت تنش، پاسخ روزنه‌ای و شکل ظاهری برگ‌ها، میزان تغییرات کلروفیل و کاروتنوئید برگ، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسدانی مانند کاتالاز و پراکسیداز (۲۶) مورد سنجش قرار گرفتند.

بررسی روزنه: جهت اندازه‌گیری طول و عرض روزنه از میکروسکوپ نوری (OLYMPUS -BX50 توکیو، ژاپن) استفاده شد. بدین ترتیب که در زمان‌های مورد مطالعه تنش (۰، ۵، ۱۰ روز و ۱۰ روز پس از اعمال تنش) به وسیله فرچه تمیز زیر سطح برگ لاک زده شد و دو الی سه دقیقه صبر کرده تا کاملاً خشک شود سپس برگ از محل دم‌برگ جدا و روی آن چسب شفاف زده شد و به آرامی چسب را کنده

کاتالاز (CAT): برای اندازه‌گیری فعالیت این آنزیم ۵۰ میکرولیتر از عصاره استخراج با یک میلی لیتر محلول اندازه‌گیری کاتالاز که شامل ۵۰ میلی‌مولار بافر فسفات پتاسیم (pH=۷) و ۱۵ میلی‌مولار پراکسید هیدروژن آمیخته شد. پس از گذشت یک دقیقه جذب آن در طول موج ۲۴۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد (۲۲).

پراکسیداز (POX): برای اندازه‌گیری فعالیت این آنزیم ۵۰ میکرولیتر از عصاره استخراج با یک میلی لیتر محلول اندازه‌گیری پراکسیداز که شامل ۵۰ میلی‌مولار بافر فسفات پتاسیم (pH=۷)، ۱۳ میلی‌مولار گایاکول، ۵ میلی‌مولار پراکسید هیدروژن آمیخته شد و به مدت یک دقیقه با فاصله‌های ۱۰ ثانیه در طول موج ۴۷۰ نانومتر جذب آنها خوانده شد (۱۷).

تجزیه و تحلیل آماری

این پژوهش در قالب طرح کامل تصادفی در اتاقک رشد یا گلخانه با حداقل ۳ تکرار اجرا و داده‌های حاصل به کمک نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین به کمک آزمون دانکن در سطح ۵٪ یا ۱٪ تجزیه و تحلیل تجزیه شد.

نتایج و بحث

جدول مقایسه میانگین نشان می‌دهد در اثر تنش سرما عرض، تراکم و دهانه روزنه نسبت به شاهد افزایش یافته است (جدول ۱ و شکل ۱) اما طول روزنه کاهش یافت. میزان کلروفیل a، b و کلروفیل کل با افزایش ساعت‌های تنش سرما کاهش معنی داری را نسبت به شاهد نشان داد.

و روی لام قرار داده و لام‌ها را به آزمایشگاه منتقل نموده تا روزنه‌ها را زیر میکروسکوپ با عدسی چشمی 40X (تراکم، طول روزنه، عرض روزنه و دهانه روزنه) مورد بررسی قرار داد. اندازه روزنه از حاصل ضرب طول در عرض روزنه به دست آمد (۹). اندازه با استفاده از مقیاس روی میکروسکوپ اندازه‌گیری شد. حداقل میانگین سه نقطه در روی برگ به عنوان یک تکرار در نظر گرفته شد.

پارامترهای بیوشیمیایی

اندازه‌گیری کلروفیل و کارتنوئید: میزان کلروفیل و کارتنوئید با استفاده از روش Hiscox (۱۵) و به کمک دی‌متیل‌سولفوکساید (DMSO) اندازه‌گیری شد. جذب نوری برای سنجش میزان کلروفیل در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر و سنجش کارتنوئید در طول موج ۴۸۰ نانومتر قرائت شد و با قرارگیری اعداد به دست آمده در فرمول (پانین صفحه) محتوای نسبی کلروفیل و کارتنوئید محاسبه شد.

سنجش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی: برای استخراج عصاره آنزیمی ۰/۲ گرم برگ تازه به وسیله نیتروژن مایع در هاون کوبیده شد و یک میلی‌لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار (pH=۷/۸) (که حاوی EDTA ۰/۲ مولار و پلی‌وینیل‌پلی‌پیرولیدون (PVPP) یک درصد بود، به آن اضافه شد و در ۵۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد. محلول شفاف رویی حاصل از سانتریفیوژ برداشته شد و برای اندازه‌گیری آنزیم‌های کاتالاز (CAT)، پراکسیداز (POX) مورد استفاده قرار گرفت (۱۷).

$$\text{Total Chlorophyll (mg/g FW)} = 20.2 (A_{645}) - 8.02 (A_{663}) \times (V/100 W)$$

$$\text{Chl a (mg/g FW)} = 12.7 (A_{663}) - 2.69 (A_{645}) \times (V/100 W)$$

$$\text{Carotenoid (mg/g FW)} = 7.6 (A_{470}) - 1.49 (A_{510}) \times (V/100 W)$$

در این رابطه A: بیانگر طول موج ویژه، V: حجم محلول نهایی حلال مصرفی، W: وزن تر بافت است. Chla کلروفیل a، و Total Chlorophyll بیانگر کلروفیل کل می‌باشد.

افزایش در خصوص پراکسیداز کمتر بود. این موضوع نقش کلیدی‌تر کاتالاز طی تنش سرما نشان می‌دهد.

مقایسه میانگین کلروفیل a، کلروفیل کل و کارتنوئید نسبت به شاهد افزایش یافت و بیشترین اختلاف در میزان کلروفیل a در تنش گرمای ۶ ساعت نسبت به شاهد ثبت شد، بطوریکه سطح تنش ۱۲ ساعت در میزان کلروفیل b، کلروفیل کل و کارتنوئید به ترتیب ۰/۱۹۲۸، ۰/۶۵۸۹ و ۰/۳۰۴۴ میلی گرم در گرم وزن تر نسبت به شاهد افزایش قابل ملاحظه نشان داد (جدول ۴).

سرما ۲۴ ساعته بر کاهش میزان رنگدانه‌ها اثر بیشتری داشت. به‌طوریکه میزان کلروفیل کل در اثر تنش سرما ۲۴ ساعت حدود ۰/۴۱۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر، مقدار کلروفیل a و کلروفیل b نیز به ترتیب ۰/۷۹۱۴ و ۰/۱۷۸۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر نسبت به شاهد کاهش یافته است و میزان کارتنوئید در اثر تنش نسبت به شاهد افزایش یافته است (جدول ۲). با کاهش دما، تا ۵ برابر فعالیت آنزیم کاتالاز افزایش یافت در حالی که این شدت

جدول ۱- مقایسه میانگین اثر تنش سرما بر خصوصیات روزنه اپیدرم زیرین برگ رز چینی

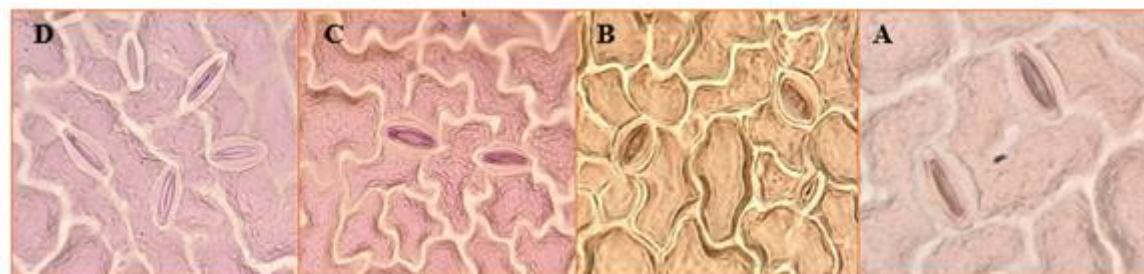
سرما (ساعت)	طول روزنه (μm)	عرض روزنه (μm)	دهانه روزنه (μm)	تراکم روزنه (mm^2)
۰	۲۵/۰۴۰ ^a	۱۲/۹۵۶ ^c	۴/۹۲۰ ^a	۷۱/۶۲۳ ^b
۳	۲۱/۸۷۳ ^b	۱۵/۷۵۰ ^a	۴/۹۹۶ ^a	۹۵/۰۵۰ ^b
۶	۲۲/۰۰ ^b	۱۵/۰۸۳ ^b	۵/۷۹۰ ^a	۱۴۲/۵۰ ^a
۲۴	۲۲/۹۱۶ ^{ab}	۱۳/۵۰۰ ^c	۵/۱۶۳ ^a	۱۲۶/۸۲۷ ^a

حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ با استفاده از آزمون دانکن ندارند

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر تنش سرما بر خصوصیات بیوشیمیایی گل رز چینی

سرما (ساعت)	کلروفیل a (mg.g.Fw)	کلروفیل b (mg.g.Fw)	کلروفیل کل (mg.g.Fw)	کارتنوئید (mg.g.Fw)	کاتالاز ($\mu\text{m.g.Fw}$)	پراکسیداز ($\mu\text{m.g.Fw}$)
۰	۰/۹۵۰۴ ^{ab}	۱/۰۵۵ ^a	۲/۰۰۵ ^a	۰/۵۹۷ ^a	۰.۹۱۵ ^{bc}	۰.۰۶۷ ^c
۳	۱/۱۸۸ ^a	۱/۰۵۳ ^a	۲/۲۴۲ ^a	۰/۷۴۵ ^a	۱.۳۲ ^b	۰.۸۹ ^b
۶	۱/۱۰۸ ^a	۰/۹۳۶ ^b	۲/۰۴۴ ^a	۰/۶۷۵ ^a	۰.۳۳۷ ^c	۱.۴۴ ^a
۲۴	۰/۱۵۹ ^b	۰/۸۷۶ ^{ab}	۱/۵۹۲ ^b	۰/۶۳۰ ^a	۵.۹۴ ^a	۰.۰۶۴ ^c

حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ با استفاده از آزمون دانکن ندارند



شکل ۱- نمایی از روزنه‌های گل رز چینی تحت سطوح مختلف تنش سرما که توسط میکروسکوپ نوری با عدسی ۴۰X تهیه شده است: A: گیاهان شاهد (B) گیاهان تحت تنش ۳ ساعت سرما (C) گیاهان تحت تنش ۶ ساعت سرما (D) گیاهان تحت تنش ۲۴ ساعت سرما

به عنوان مثال فعالیت کاتالاز تا ۶ ساعت پس از اعمال تنش گرمایی افزایش یافت اما به دو برابر شدن زمان تیمار گرما (۱۲ ساعت گرمای مداوم) به شدت فعالیت این آنزیم افت نمود (جدول ۴).

با افزایش میزان گرما تعداد روزنه در واحد سطح افزایش اما روزنه‌ها بسته‌تر ماندند (جدول ۳). میزان فعالیت آنزیمی در تنش گرما از روند خاصی تبعیت نکرد که نشان از پاسخ متفاوت فعالیت آنزیمی در تنش‌های مختلف دارد.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر تنش گرما بر خصوصیات روزنه اپیدرم زیرین برگ رز چینی

ساعات تنش گرما	طول روزنه (μm)	عرض روزنه (μm)	دهانه روزنه (μm)	تراکم روزنه (mm^2)
شاهد	۲۵/۰۴۰ab	۱۲/۹۵۶۷b	۴/۹۲۰۰a	۷۱/۶۲۳b
۲	۲۴/۶۲۰۰b	۱۳/۶۴۳۳a	۴/۴۱۳۳ab	۸۲/۳۷۳ab
۶	۲۶/۱۲۳۳a	۱۲/۶۶۳۳b	۳/۷۱۰۰b	۸۱/۲۳۳ab
۱۲	۲۲/۷۸۶۷c	۱۱/۲۹۰۰c	۲/۴۳۳۳c	۸۹/۷۳۳a

حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ با استفاده از آزمون دانکن ندارند

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر تنش گرما بر خصوصیات بیوشیمیایی گل رز چینی

گرم (ساعت)	کلروفیل a (mg.g.Fw)	کلروفیل b (mg.g.Fw)	کلروفیل کل (mg.g.Fw)	کارتنوئید (mg.g.Fw)	کاتالاز ($\mu\text{m.g.Fw}$)	پراکسیداز ($\mu\text{m.g.Fw}$)
۰	۰/۹۵۰۴b	۱/۰۵۵b	۲/۰۰۵۸c	۰/۵۹۷۶b	۰/۹۵b	۰/۲۹ab
۲	۱/۳۰۸۴a	۱/۰۰۳۴b	۲/۳۱۱۹ b	۰/۸۳۴۷a	۱/۵۳ab	۰/۰۵۱b
۶	۱/۴۶۷۰۳a	۱/۰۹۷ab	۲/۵۶۴۶ab	۰/۸۸۹۶a	۱/۸۸a	۰/۰۴۷a
۱۲	۱/۴۱۶۶a	۱/۲۴۷۸a	۲/۶۶۴۷a	۰/۹۰۲a	۰/۰۲c	۰/۰۳۴ab

حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ با استفاده از آزمون دانکن ندارند

روزنه دارد. در بالاترین میزان تنش اشعه فرابنفش، میزان کلروفیل به شکل معنی‌داری کاهش یافت اما بر میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی افزوده شد (جدول ۶).

با وجود افزایش تعداد روزنه در واحد سطح در شدت بالای تنش اشعه فرابنفش اما اندازه دهانه روزنه و عرض روزنه در تنش اشعه فرابنفش نسبت به شاهد بزرگتر بود (جدول ۵) که نشان از اثر معکوس اشعه فرابنفش بر اندازه

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر تنش اشعه فرابنفش بر خصوصیات روزنه اپیدرم زیرین برگ رز چینی

اشعه فرابنفش (دقیقه)	طول روزنه (μm)	عرض روزنه (μm)	دهانه روزنه (μm)	تراکم روزنه (mm^2)
۰	۲۵/۰۴۰۰a	۱۲/۹۵۶۷b	۴/۹۲۰۰b	۷۱/۶۲۳b
۱۰	۲۴/۸۳۳۳ab	۱۶/۵۰۰۰a	۶/۱۶۶۷a	۹۳/۰۴۳a
۳۰	۲۳/۸۳۳۳b	۱۶/۱۶۶۷a	۷a	۹۵/۷۹۰a

*حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ با استفاده از آزمون دانکن ندارند

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر تنش اشعه فرابنفش بر خصوصیات بیوشیمیایی گل رز چینی

پراکسیداز	کاتالاز	کارتونوئید	کلروفیل کل	کلروفیل b	کلروفیل a	اشعه فرابنفش (دقیقه)
($\mu\text{m.g.Fw}$)	($\mu\text{m.g.Fw}$)	(mg.g.Fw)	(mg.g.Fw)	(mg.g.Fw)	(mg.g.Fw)	
1.44a	0.883b	۰/۵۹۷۶a	۲/۰۰۵۸a	۱/۰۵۵a	۰/۹۵۰۴a	۰
0.415b	0.462c	۰/۳۳۹۷b	۱/۳۱۸۳b	۰/۷۵۰b	۰/۵۶۸۱b	۱۰
1.45a	1.85a	۰/۳۶۰۶b	۱/۳۰۰۵b	۰/۶۷۵۶c	۰/۶۲۴۹b	۳۰

*حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ با استفاده از آزمون دانکن ندارند

کلروفیل a، b و کلروفیل کل همچنین در اثر تنش نسبت به شاهد کاهش یافت. کمترین کلروفیل a به میزان ۰/۵۷۶۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر در تنش ۲۵ درصد روز دهم، کمترین کلروفیل b در تنش ۵۰ درصد روز پنجم و کمترین کلروفیل کل در تیمارهای ۵۰ درصد روز پنجم و ۲۵ درصد روز دهم مشاهده شد. کارتونوئید در روز اول و پنجم برداشت با افزایش سطوح تنش به ۲۵ درصد کاهش یافت اما در روز دهم برداشت با افزایش سطوح تنش به ۲۵ درصد، کارتونوئید سیر صعودی داشت به‌طوری‌که در بین اثرات متقابل بیشترین میزان کارتونوئید در تنش ۲۵ درصد روز دهم برداشت (۰/۶۸۸۲) مشاهده شده است (جدول ۸).

نتایج بیانگر این است که دهانه روزنه با افزایش سطوح خشکی و زمان برداشت بسته‌تر شد به طوری که کمترین آن در تنش ۲۵ درصد روز دهم برداشت (۰/۵۸۳۳) نسبت به شاهد (۴/۹۲) اندازه‌گیری شد و در رابطه با تراکم روزنه کمترین تعداد روزنه در شاهد و بیشترین آن در روز پنجم تنش ۵۰ درصد ظرفیت زراعی ثبت گردید (جدول ۷). سطوح فعالیت آنزیمی به شدت در پایین‌ترین سطح رطوبت خاک و همچنین در زمان‌های مختلف افزایش نشان می‌دهد. همچنین میزان این پاسخ در دو آنزیم مشابه نمی‌باشد که نشان از مکانیسم متفاوت این آنزیم‌ها در دفع رادیکال‌های آزاد تولید شده طی تنش در اندامک‌های مختلف و همچنین سیتوپلاسم دارد.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر تنش خشکی بر خصوصیات روزنه اپیدرم زیرین برگ رز چینی

زمان برداشت	سطوح خشکی	طول روزنه (μm)	عرض روزنه (μm)	دهانه روزنه (μm)	تراکم روزنه (mm^2)
۱	۱۰۰	۲۵/۰۴۰a	۱۲/۹۵۶۷c	۴/۹۲a	۷۱/۶۲c
	۵۰	۲۳/۳۳ab	۱۳c	۳/۸۳۳ab	۱۲۳/۶۰a
	۲۵	۲۲/۶۶ab	۱۳/۱۶c	۱/۸۳۳de	۱۲۲/۹۱a
۵	۱۰۰	۲۵/۰۴۰a	۱۲/۹۵۶۷c	۴/۹۲a	۷۱/۶۲c
	۵۰	۲۲/۳۳b	۱۴/۳۳ab	۳/۱۶۶۷bc	۸۸/۲۴bc
	۲۵	۱۹/۸۳c	۱۳/۳۳bc	۱ef	۱۰۰/۲۵abc
۱۰	۱۰۰	۲۵/۰۴۰a	۱۲/۹۵۶۷c	۴/۹۲a	۷۱/۶۲c
	۵۰	۲۲/۵۰۰ab	۱۴/۵۰۰a	۲/۱۶۶۷cd	۸۲/۴۰bc
	۲۵	۲۳/۶۶۷ab	۱۳/۶۶abc	۰/۵۸۳۳f	۱۰۲/۳۱ab

حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ با استفاده از آزمون دانکن ندارند

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر تنش خشکی بر خصوصیات بیوشیمیایی گل رز چینی

زمان برداشت	سطوح خشکی	کلروفیل a (mg.g.Fw)	کلروفیل b (mg.g.Fw)	کلروفیل کل (mg.g.Fw)	کارتنوئید (mg.g.Fw)	کاتالاز (μm.g.Fw)	پراکسیداز (μm.g.Fw)
۱	۱۰۰	۰/۹۵۰۴a	۱/۰۵۵a	۲/۰۰۵۸a	۰/۵۹۷۶ab	۰.682c	0.248c
	۵۰	۰/۹۱۹۷a	۰/۸۷۹۷b	۱/۷۹۹۴ab	۰/۳۴۶۶d	1.06bc	0.507c
	۲۵	۰/۹۲۲۲a	۰/۶۵۳۸c	۱/۵۷۶۲bc	۰/۳۶۳۷d	2.50a	9.84a
۵	۱۰۰	۰/۹۵۰۴a	۱/۰۵۵a	۲/۰۰۵۸a	۰/۵۹۷۶ab	0.550c	0.195c
	۵۰	۰/۶۰۱۹b	۰/۵۸۷۹c	۱/۱۸۹۹d	۰/۵۴۸۲abc	0.510c	1.748b
	۲۵	۰/۸۹۴۶a	۰/۶۷c	۱/۵۶۴۷bc	۰/۵۱۶۱bc	1.28bc	0.045c
۱۰	۱۰۰	۰/۹۵۰۴a	۱/۰۵۵a	۲/۰۰۵۸a	۰/۵۹۷۶ab	0.550c	0.248c
	۵۰	۰/۶۸۲۶b	۰/۶۵۲۲c	۱/۳۳۴۹cd	۰/۴۱۱۱dc	0.486c	0.327c
	۲۵	۰/۵۷۶۵b	۰/۶۱۳۴c	۱/۱۹۰۰d	۰/۶۸۸۲a	1.763ab	0.318c

حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ با استفاده از آزمون دانکن ندارند

شوری قرار می‌گیرد به شکلی که تا ۳ برابر بر فعالیت آنزیم کاتالاز در کمترین سطح تنش شوری افزوده شد (۵۰ میلی مولار) اما این افزایش در بالاترین سطح تنش شوری در مورد پراکسیداز معنی دار نبود (جدول ۱۰).

با افزایش تنش شوری به ۱۵۰ میلی مولار، تا ۱/۵ برابر بر تعداد روزنه‌ها افزوده شد (جدول ۹). در حالی که محتوای کلروفیل و کارتنوئید برگ به شدت دچار نقصان گردید. نتایج فعالیت آنزیمی بیانگر این است که آنزیم پراکسیداز به مراتب کمتر از کاتالاز تحت تاثیر شدت تنش

جدول ۹- مقایسه میانگین اثر تنش شوری بر خصوصیات روزنه اپیدرم زیرین برگ رز چینی

شوری (میلی مولار)	طول روزنه (μm)	عرض روزنه (μm)	دهانه روزنه (μm)	تراکم روزنه (mm ²)
۰	۲۵/۰۴۰۰a	۱۲/۹۵۶۷b	۴/۹۲a	۷۱/۶۲۸b
۵۰	۲۴/۶۶۶۷a	۱۴/۵a	۴/۸۲۳۳a	۱۱۸/۸۴۳a
۱۰۰	۲۳/۱۶۶۷ab	۱۳b	۳/۵b	۱۱۲/۹۵۷a
۱۵۰	۲۲/۳۳۳۳b	۱۳/۵ab	۳b	۱۱۸/۳a

حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ با استفاده از آزمون دانکن ندارند

جدول ۱۰- مقایسه میانگین اثر تنش شوری بر خصوصیات بیوشیمیایی گل رز چینی

تنش شوری (میلی مولار)	کلروفیل a (mg.g.Fw)	کلروفیل b (mg.g.Fw)	کلروفیل کل (mg.g.Fw)	کارتنوئید (mg.g.Fw)	کاتالاز (μm.g.Fw)	پراکسیداز (μm.g.Fw)
۰	۰/۹۵۰۴a	۱/۰۵۵a	۲/۰۰۵۸a	۰/۵۹۷۶a	0.95b	0.412ab
۵۰	۰/۸۱۷۶a	۰/۶۲۷۸b	۱/۴۴۵۵b	۰/۵۰۷۷a	3.05a	0.416ab
۱۰۰	۰/۷۷۹۵a	۰/۵۸۰۳b	۱/۳۵۹۹b	۰/۴۹۷۸a	3.05a	0.048b
۱۵۰	۰/۴۴۲۵b	۰/۵۵۶۱b	۰/۹۹۸۸c	۰/۲۸۳۹b	3.005a	0.689a

حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ با استفاده از آزمون دانکن ندارند

مهم‌ترین عامل توانایی بسته‌شدن روزنه‌ها و در نتیجه جلوگیری از اتلاف اضافی آب است که باز و بسته شدن روزنه‌ها با تورم و کوچک شدن سلول‌های محافظ روزنه که حاصل تبادل یونی است صورت می‌گیرد (۲۹). تورم سلول‌های محافظ منجر به باز شدن روزنه‌ها می‌شود زیرا محتوای یون‌ها و اسمولیت‌ها در آن‌ها باعث بزرگ‌تر شدن و دور شدن آن‌ها از یکدیگر می‌شود. در مقابل بسته شدن روزنه‌ها، کوچک شدن سلول‌های محافظ روزنه و در نتیجه ورود جریان یون‌ها رخ می‌دهد. بسته شدن روزنه اولین واکنش گیاه به کمبود آب است (۲۴). از عوامل دیگر بسته شدن روزنه‌ها آب‌سبزیک اسید (ABA) است که این هورمون در اثر تنش تحریک‌شده و میزان آن افزایش می‌یابد و به نوبه خود موجب کنترل و بسته شدن روزنه‌ها می‌شود (۹). تعداد و تراکم روزنه‌ها متأثر از ژنوتیپ و محیط است و در مقایسه با باز و بسته شدنشان تأثیر کمتری بر میزان کل تعرق می‌گذارند. تراکم کم روزنه‌ها صفتی با تنوع ژنتیکی است. با گذشت زمان از شروع تنش و شدت بالای تنش بر تراکم روزنه‌ها به طور معنی‌داری افزوده شده است (۶). در پژوهش‌های گذشته ثابت شده که روزنه‌های گیاهان سازگار با شرایط خشکی در مقایسه با گیاهانی که سازگار نیستند باز شدن خود را حفظ می‌کنند. از لحاظ تئوری انتظار می‌رود واریته‌هایی که تعداد بیشتری از روزنه‌ها را در واحد سطح دارند همچنین روزنه‌هایشان طول و عرض بزرگ‌تری دارند، آب بیشتری را در طول هر دوره رشد از دست می‌دهند (۲۳). در مطالعه‌ی Yadav (۳۳) که بر روی رقم‌های مختلف بادام تحت تنش خشکی انجام گرفت، اندازه روزنه‌ها در رقم بیوت کمتر بود. در این تحقیق در سطح تنش ۲۵ درصد ظرفیت زراعی تراکم روزنه افزایش یافت به احتمال دلیل آن مقاومت در برابر تنش از طریق بستن دهانه روزنه و افزایش تعداد روزنه می‌باشد. امینی و حداد (۱)، نقش رنگیزه‌های فتوسنتزی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در مقابله با تنش اکسیداتیو را مورد بررسی قرار داده‌اند. نواب پور و

درک پاسخ‌های بیوشیمیایی که مرتبط به جذب دی‌اکسید کربن از طریق روزنه‌های گیاه می‌باشد در تنش‌های زیستی گوناگون به طور جامع در گل رز چینی بررسی نشده است. درک این مهم در آینده می‌تواند به درک بهتر مکانیسم مقاومت در گل رز منجر شود که مهمترین گل بریدنی صادراتی به حساب می‌آید. نتایج بررسی‌های انجام شده در این پژوهش بیانگر پاسخ متفاوت گل رز چینی نسبت به تنش‌های مختلف است که میزان پاسخ بسته به سطح تنش و مدت زمان اعمال تنش به طور آشکاری نسبت به شاهد دچار تغییر شده است. گزارش‌های پیشین نیز به پاسخ‌های گوناگون گیاهان در شرایط کنترل شده تنش اشاره دارد (۲، ۵، ۸). Yin و همکاران (۳۵) کاهش در میزان فتوسنتز را ناشی از کاهش هدایت روزنه‌ها و نه کاهش در محتوای کلروفیل آن‌ها دانسته‌اند. همچنین در تحقیق حاضر مشخص شد که تنش گرما نیز ویژگی‌های روزنه را کاهش می‌دهد و تأثیری بر کاهش میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی ندارد بلکه میزان آن‌ها تحت تنش گرما بیشتر از شرایط معمول شده است و تنش سرما نیز بر محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی تأثیر چندانی نداشته است که با نتایج تحقیق بالا مطابقت دارد. کاهش میزان کلروفیل برگ با وجود باز بودن روزنه‌ها در تنش سرما و اشعه فرابنفش بیانگر این است که این تنش‌ها میزان کلروفیل برگ و به احتمال فتوسنتز را از مسیر دیگری تحت تأثیر قرار می‌دهد. با این وجود در تنش‌های شوری و خشکی هم میزان کلروفیل و هم اندازه دهانه روزنه کاهش یافت که نشان از همبستگی این دو صفت در تنش شوری و خشکی دارد. تنظیم همزمان بسته شدن روزنه به واسطه اسید آب‌سبزیک تولید شده در تنش خشکی و شوری و تولید پروتئین CHLH که در فرایند ساخت کلروفیل نقش دارد، پیشتر آشکار شده است (۲۷). این ارتباط از طریق انتقال پیام از کلروپلاست به هسته سلول صورت می‌گیرد که ارتباط میان کاهش کلروفیل و کاهش اندازه روزنه در دو تنش شوری و خشکی را توجیه می‌کند (۲۷). برای گیاهانی که دچار تنش کم‌آبی می‌شوند

شیمیایی نقش کمکی با کلروفیل a دارد. بنابراین در تنش‌های محیطی به ویژه آبیاری کم مقدار آن نسبت به کلروفیل a کمتر کاهش می‌یابد. طبق بعضی مطالعات تنش خشکی باعث کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاهان می‌شود (۱۹). نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که کاهش کاروتنوئیدها تحت تنش‌های محیطی می‌تواند به علت تبدیل شدن آن به آبسزیک اسید باشد که به طور عمده تحت تنش‌های محیطی مقدار آن افزایش می‌یابد که با نتایج تنش شوری، خشکی و اشعه فرابنفش این آزمایش مطابقت دارد. همچنین کاروتنوئیدها قادرند تا طول موج‌های کوتاه نوری را نیز دریافت کنند (۲۵). کاهش میزان کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها در اثر اعمال تابش اشعه فرابنفش و تنش خشکی در بسیاری از گیاهان گزارش شده است که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد (۲۵).

نتیجه‌گیری کلی

فعالیت بیوشیمیایی در سلول‌های برگ گل رز چینی در تنش‌های مختلف پاسخ متفاوتی از خود نشان می‌دهد. به تقریب تمامی تنش‌های اعمال شده به جزء پرتوی فرابنفش سطح فعالیت آنزیمی را در برگها افزایش دادند. میزان کلروفیل کل در شدت بالای تنش، تخریب و بر تعداد روزنه‌های سطح برگ افزوده می‌گردد. نظر به ثابت بودن روند افزایش تعداد روزنه و کاهش کلروفیل با شدت تنش، اما اندازه دهانه روزنه و شدت فعالیت آنزیمی با توجه به نوع تنش غیرزیستی اعمال شده متفاوت و تا حدی اختصاصی بود. اختصاصی عمل نمودن آنزیم‌های آنتی-اکسیدانی در مواجهه با یک تنش خاص می‌تواند برای به نژادی گونه‌های گل رز در مواجهه با یک تنش غیرزیستی ثابت، مد نظر قرار گیرد.

سپاسگزاری

بدین وسیله نویسندگان از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان جهت فراهم کردن امکانات و حمایت مالی تشکر و قدردانی می‌کنند. همچنین از پروفسور Wang از

همکاران (۷) تغییرات آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی سویا را در مرحله گلدهی و طی تنش خشکی بررسی نموده‌اند.

اثر اشعه فرابنفش در تغییر هدایت روزنه‌ای بیشتر اثبات شده است (۳۶). نتایج گزارشات پیشین در خصوص اثر اشعه فرابنفش تا حدی متضاد است. در حالی که بیشتر گزارشات اثر اشعه فرابنفش B در کاهش هدایت روزنه‌ای را تایید می‌کنند (۱۸) اما گزارش‌هایی از افزایش هدایت روزنه‌ای برگ در اثر اشعه فرابنفش B تاکید دارند (۲۱). نتایج ما نشان می‌دهد که تنش اشعه فرابنفش و تنش سرما دهانه روزنه را گشادتر و در نتیجه در افزایش هدایت روزنه‌ای برگ موثر هستند هر چند که این اثر، به شدت تحت تاثیر شدت اشعه، مدت زمان و دفعات کاربرد اشعه فرابنفش دارد. اثر افزایش دما در کاهش هدایت روزنه‌ای به خوبی مشخص شده است اما اطلاعات کافی در خصوص اثر دمای کم در تنظیم هدایت روزنه‌ای برگ در دسترس نیست (۱۴)

کاهش کلروفیل در اثر تابش پرتوی فرابنفش بدلیل کاهش سنتز آن و یا کاهش فعالیت کلروفیل‌از یا فتو اکسیداسیون غیر آنزیمی کلروفیل می‌باشد (۲۰). کاهش میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و میزان کاروتنوئید در اثر اعمال سطوح مختلف پرتوی فرابنفش در گیاه چغندر قند نیز گزارش شده است (۳). عمده‌تا کاهش کلروفیل در اثر تنش خشکی به دلیل آسیب دیدن کلروپلاست‌ها بوسیله رادیکال‌های آزاد و جلوگیری از سنتز رنگیزه‌ها و آسیب به کلروپلاست‌ها می‌باشد. سیروس مهر و همکاران (۴) گزارش نمودند که فعالیت کاتالاز در طی تنش خشکی افزایش ولی در شرایط تنش شوری در گلرنگ کاهش می‌یابد. تغییرات شدید آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در طی تنش اکسیداتیو در چمن‌ها نیز گزارش شده است (۲۲).

Tripathi (۳۲) نشان داد که مقدار کلروفیل b در اثر اعمال تنش پرتوی فرابنفش نسبت به کلروفیل a کمتر کاهش یافته است. کلروفیل b در تبدیل انرژی نوری به انرژی

دانشگاه نانجینگ (چین) برای ارسال نمونه های گیاهی

لازم برای انجام این پژوهش تشکر می‌کنیم.

منابع

۱. امینی، زهره و حداد، رحیم. (۱۳۹۲). نقش رنگیزه‌های فتوسنتزی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در مقابل تنش اکسیداتیو. مجله پژوهش‌های سلولی و مولکولی (مجله زیست‌شناسی ایران). ۲۶(۳): ۲۶۵-۲۵۱.
۲. خوش اقبال قرابایی، فاطمه، قاسمی پیز بلوطی، عبدالله، انتشاری، شکوفه، داور پناه، سید جواد (۱۳۹۹). اثر کمی و کیفی تنش خشکی بر ترکیبات شیمیایی اسانس زوفا (*Hyssopus officinalis* L. مجله پژوهش‌های تولید گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران). ۲(۳۳): ۳۳.
۳. رحیم زاده، پریسا، رضوی، سید مهدی. (۱۳۹۷). تغییرات فیتوشیمیایی گیاه چغندر (*Beta vulgaris* L) در پاسخ به پرتو ماوراءبنفش B. مجله چغندر قند. ۳۴: ۲۱۵-۲۲۶.
۴. سیروس مهر، علیرضا، باردل، جمیله و محمدی، سپیده. (۱۳۹۳). تغییرات خصوصیات جوانه‌زنی، رنگدانه‌های فتوسنتزی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان گلرنگ تحت تاثیر تنش‌های خشکی و enhances drought stress tolerance in cotton (*Gossypium barbadense* L.). Genes. 10(2), 142.
- 14-Gommers, C. (2020). Keep Cool and Open Up: Temperature-Induced Stomatal Opening. Plant Physiol. 182:1188-1189,
15. Harmon, D. (2022). Tissue Culture, Transformation, and Cytogenetics of Rose (*Rosa hybrida*). M.Sc. thesis. North Carolina State University. USA. 82. P.
16. Hibrand Saint-Oyant, L., Ruttink, T., & Hamama, L. (2018). A high-quality genome sequence of *Rosa chinensis* to elucidate ornamental traits. Nat. Plants 4, 473-484
17. Hiscox, J.D., & Israelstam, G.F. (1979). A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. Can. J. Bot. 57, 1332-1334. <https://doi.org/10.1139/b79-163>.
18. Jansen, M.A.K., & van den Noort, R.E. (2000). Ultraviolet-B radiation induces complex alterations in stomatal behavior. Physiol. Plantarum 110:189-194.
19. Liu, C., Liu, Y., Guo, K., Fan, D., Li, G., Zheng, Y. & Yang, R. (2011). Effect of drought on pigments, osmotic adjustment and antioxidant enzymes in six woody plant species in karst
- شوری. نشریه علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، ۵۱۷-۵۳۴: (۴)۸.
۵. فراسایی، سارا و مقدم، محمد. (۱۳۹۹). بررسی پاسخ مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ریحان رقم "کشکنی لولو" به تنش شوری و کاربرد پلیمرهای سوپر جاذب. مجله پژوهش‌های تولید گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران). ۲(۳۳): ۳۳.
۶. کریمی دستگردی، زهرا، محمدی، شهرام، هوشمند، سعداله و ربیعی، محمد. (۱۳۹۹). تاثیر شرایط متفاوت آبی بر میزان وارث پذیری و برخی خصوصیات فیزیولوژیک ژنوتیپ های گندم. نشریه تولید گیاهی زراعی. ۱۱۱: ۱۳-۱۳۴.
۷. نواب‌پور، سعید. رمضانپور سیده ساناز. و مازندرانی، ابولفضل. (۱۳۹۴). ارزیابی تغییرات سیستم دفاعی آنزیمی و غیرآنزیمی ارقام سویا در واکنش به تنش خشکی طی مراحل رشد زایشی. دوفصلنامه فناوری تولیدات گیاهی. ۷(۲): ۳۴-۵۹.
8. Ashrafeei, G.M.K., Sarmast, M.K., & Liu, J. (2022). Genome-wide analysis, annotation and expression profile analysis of VDAC genes in *Rosa chinensis*. J. Plant Production. 29: 111-132.
9. Bharath, P., Gahir, S., & Raghavendra, A. (2021). Abscisic Acid-Induced Stomatal Closure: An Important Component of Plant Defense against abiotic and biotic stress. Front. Plant Sci. 12:615114.
10. Chen, T., Li, C., Zhang, B., Yi, J., Yang, Y., Kong, C., Lei, C. & Gong, M. (2019). The role of the late embryogenesis-abundant (LEA) protein family in development and the abiotic stress response: a comprehensive expression analysis of potato (*Solanum tuberosum*). Genes (Basel). 10(2): 148.
11. Desta, B., Tena, N. & Amare, G. (2022). Response of Rose (*Rosa hybrid* L.) plant to temperature. Asian J. Plant, Soil Sci. 7: 93-101
12. Dresselhaus, T. & Hückelhoven. R. (2018). "Biotic and Abiotic Stress Responses in Crop Plants" *Agronomy* 8, no. 11: 267. <https://doi.org/10.3390/agronomy8110267>
13. El-Esawi, M.A., & Alayafi, A.A. (2019). Overexpression of StDREB2 transcription factor

- habitats of southwestern China. *Environ. Exp. Bot.* 71(2), 174-183.
20. Mannan, M.A., Tithi, M.A., & Islam, M.R. (2022). Soil and foliar applications of zinc sulfate and iron sulfate alleviate the destructive impacts of drought stress in wheat. *Cereal Res. Com.* <https://doi.org/10.1007/s42976-022-00262-5>
 21. Musil, C.F., Wand, S.J.E. (1993). Responses of sclerophyllous Ericaceae to enhanced levels of ultraviolet-B radiation. *Environ. Exp. Bot.* 33: 233-242.
 22. Piri, E., Babaeian, M., Tavassoli, A., & Esmaeilian Y. (2011). Effects of UV irradiation on plants. *Afric. J. Microb. Res.* 5(14): 1710-1716.
 23. Rahman, AANS., Rahman M., Shimanto, MH, Kibria, M.G., & Islam, M. (2022). Stomatal size and density trade-off varies with leaf phenology and species shade tolerance in a South Asian moist tropical forest. *Functional Plant Biol.* 49: 307-318.
 24. Rezaei Ghaleh, Z., Sarmast, M.K. & Atashi, S. (2020). 6-Benzylaminopurine (6-BA) ameliorates drought stress response in tall fescue via the influencing of biochemicals and strigolactone-signaling. *Plant Physiol. Biochem.* 155: 877-887.
 25. Salehi, S. P. (2003). Izozyme diversity of peroxidase, leucineaminopeptidase and glutamate oxaloacetate transaminase of *Fagus orientalis* lipsky in beech forests of Iran. *Iranian J. Bio.* 1-15.
 26. Schroeder, J.I., Allen, G.J., Hugouvieux, V., Kwak, J. M., & Waner, D. (2001). Guard cell signal transduction. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 52:627-658.
 27. Shang, Y., Yan, L., Liu, Z. Q., Cao, Z., Mei, C., Xin, Q., & Zhang, D. (2010). The Mg-chelatase H subunit of Arabidopsis antagonizes a group of WRKY transcription repressors to relieve ABA-responsive genes of inhibition. *Plant Cell* 22, 1909-1935.
 28. Shen, J., Kiang, C.Q., Liu, B.R., & Zu, C.L. (2017). Effect of increased UV-B radiation on carotenoid accumulation and total antioxidant capacity in tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) leaves. *Gen. Molecular Research* 16 (1): 16018438.
 29. Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I.M., & Murphy, A. (2015). *Plant physiology and development*. Sinauer Association, INC (p.761)
 30. Taji, T., Ohsumi, C., Iuchi, S., Seki, M., Kasuga, M., Kobayashi, M., Yamaguchi-Shinozaki, K., & Shinozaki, K. (2002). Important roles of drought and cold- inducible genes for galactinol synthase in stress tolerance in *Arabidopsis thaliana*. *Plant J.* 29:417-426
 31. Tang, Y., Sun, X., Wen, T., Liu, M., Yang, M., & Chen, X. 2017. Implications of terminal oxidase function in regulation of salicylic acid on soybean seedling photosynthetic performance under water stress. *Plant Physiol. Biochem.* 112, 19-28.
 32. Tripathi, D., Prasad Meena., R., & Pandey-Rai, S. (2021). Short term UV-B radiation mediated modulation of physiological traits and withanolides production in *Withania coagulans* (L.) Dunal under in-vitro condition. *Physiol. Mol. Biol. Plants* 27(8):1823-1835
 33. Yadav, S.K. (2010). Cold stress tolerance mechanisms in plants. A review. *Agronomy for sustainable develop.* 30(3): 515-527
 34. Yadollahi, A., Arzani, K., & Ebadi, A. (2009). An evaluation of morphological markers linked to drought resistance in cultivated almond seedlings (*Prunus dulcis* Mill.). *Iranian J. Hortic. Sci.* 40(1), 1-12. (In Farsi)
 35. Yin, Q., Tian, T., Kou, M., Liu, P., Wang, L. Hao, Z., & Yue, M. (2020). The relationships between photosynthesis and stomatal traits on the Loess Plateau. *Global Ecol. Conser.* 23.
 36. Zeuthen, J., Mikkelsen, T.N., Paludan-MuÈller, G., & Ro-Poulsen, H. (1997) Effects of increased UV-B radiation and elevated levels of tropospheric ozone on physiological processes in European beech (*Fagus sylvatica*). *Physiol. Plant* 100: 281-290.

Biochemical response to different short abiotic stresses in *Rosa chinensis* “Old Blush”

Khoshhal Sarmast M., Vaziee Sh., Khorrami Moghadam M. and Ghasemnejad A.

Dept. of Horticultural Science and Landscape Engineering, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources (GUASNR), Gorgan, I.R. of Iran

Abstract

Abiotic stresses severely impose growth and yield in many plant species. In this experiment the leaf stomata and some metabolites response to cold, heat, drought, salinity and ultraviolet stresses have investigated in a completely randomized design in the growth chamber and greenhouse condition. Research results indicate a different response of Chinese rose to different stresses condition wherein the level and duration of stress has clearly changed compared to the control. Decreased leaf chlorophyll content and increased carotenoids are evident in almost all the stresses condition. Leaf stomata density has increased at all stresses condition except UV stress, while stomata aperture response varied according to stress intensity and exposure time. The activity of enzymes effective in scavenging ROS increased with stress intensity in almost all stresses, but due to the type of stress, the activity of the enzyme was specialized, so that in some stresses catalase and in others peroxidase were more active, suggesting the specific activity of antioxidant enzymes in dealing with a specific type of abiotic stress. Overall, understanding the connection between leaf stomata and key biochemical to some extent can lead to a better understanding of the mechanism of resistance to abiotic stress in roses.

Key words: Salt stress, Cold stress, Drought stress, Heat Stress, UV stress