

اثر سالیسیلات بر برخی از پاسخ‌های فیزیولوژیکی گیاه بامیه (*Hibiscus esculentus* L.) در تنش خشکی

شهربانو شکی^۱، علیرضا ایرانبخش^{۲*} (نویسنده مسئول Iranbakhshar@yahoo.com)، مریم نیاکان^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته زیست‌شناسی علوم گیاهی، گرایش فیزیولوژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان. ۲- استاد زیست‌شناسی علوم گیاهی، گرایش سلولی و تکوینی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن. ۳- دانشیار زیست‌شناسی علوم گیاهی، گرایش فیزیولوژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان

Salicylate Effect on Some of Physiological Response of *Hibiscus esculentus* in Drought Stress

Shahrbanou Shaki¹, Alireza Iranbakhsh²,
Maryam Niakan³

1- Student of biology- plant sciences (physiology) (MSc), Islamic Azad University of Damghan

2- Biology professor of plant sciences (molecular and Development), Islamic Azad University of Roudehen

3- Biology Associate Professor of plant sciences (physiology), Islamic Azad University of Gorgan

Abstract

Seeds of okra (*Hibiscus esculentus*) were provided from Khorasan Razavi of Agriculture Research Center and were planted in the pots. After 35 days, in the two drought layer consist of mild dryness (35% of soil saturation), strong stress (15%) and Testifier (50%) and Salicylate with tensity of 10^{-4} and 10^{-7} M in form of solution and 9 treatment with 3 repetition was done form of pre-care and before applying drought stress during 20-30 days. 3 months after planting the seeds, for physiological examinations, including evaluation of chlorophyll a, b, soluble sugars and antioxidant enzymes, were used from per pot with four replications randomly. SPSS statistical software and tests Duncan were used for data analysis and compare means. After using salicylate, the ration of antioxidant enzymes under the stress increased and was performed as a cleaner of Hydroxyl radical system. Using salicylate shows no considerable difference in ratio of Saturated hydrocarbons and chlorophyll under the strong drought stress. It is resulted that salicylic acid as a growth stimulus can stimulate the growth of the studied plant under the stress conditions and improve the decrease of growth resulted from the drought stress.

Keywords: okra (*Hibiscus esculentus*), drought stress, salicylate, physiology examinations

فصلنامه گیاه و زیست فناوری ایران

سال ۱۳۹۲، دوره ۸، شماره ۱، صص ۶۲-۵۵

چکیده

بذرهای گیاه بامیه (*Hibiscus esculentus*)، از مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی خراسان رضوی تهیه و در مزرعه به صورت گلدانی کاشته شد. ۳۵ روز بعد از کاشت، دو غلظت سالیسیلات 10^{-4} و 10^{-7} مولار به شکل محلول‌پاشی در قالب ۹ تیمار با ۳ تکرار به مدت ۲۰-۳۰ روز به شکل پیش‌تیمار و قبل از اعمال تنش‌های خشکی شامل دو سطح خشکی ملایم (۳۵٪ ظرفیت اشباع خاک) و شدید (۱۵٪) به همراه شاهد (۵۰٪) اعمال شد. برای سنجش‌های فیزیولوژیکی شامل سنجش کلروفیل a, b، قندهای محلول و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، ۳ ماه پس از زمان کاشت دانه‌ها، از گیاهان هر گلدان با چهار تکرار به صورت تصادفی استفاده شد. از نرم افزار آماری SPSS و تست‌های آماری دانکن جهت آنالیز داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها استفاده شد. با کاربرد سالیسیلات، میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت تحت تنش افزایش یافت و به عنوان یک جاروب کننده سیستم رادیکال هیدروکسیل عمل کرده است. کاربرد سالیسیلات در میزان قندهای محلول و محتوای کلروفیل تحت تنش شدید خشکی منجر به اختلاف معنی‌داری نشد. در نتیجه می‌توان بیان کرد که سالیسیلات به عنوان یک محرک رشد می‌تواند رشد گیاه مورد مطالعه را در شرایط استرس تحریک کند و کاهش رشد ناشی از استرس خشکی را بهبود بخشد.

کلمات کلیدی: بامیه، تنش خشکی، سالیسیلات، سنجش‌های فیزیولوژیکی

فصلنامه گیاه و زیست فناوری ایران

سال ۱۳۹۲، دوره ۸، شماره ۱، صص ۶۲-۵۵

مقدمه

اثرات مضر تنش خشکی بر رشد و نمو محصولات کشاورزی دارای ماهیت چند گانه ای می‌باشد. آنها ممکن است به شکل باز دارندگی انبساط سلولی و کاهش تولید ذی‌توده (۵)، تغییرات متفاوت متابولیسی (۲۵)، کاهش و یا حتی بازدارندگی فعالیت آنزیم‌ها (۶)، تعادل یونی (۲۱) و یا حتی ترکیبی از این فاکتورها باشند. به این علت که گیاهان متحرک نیستند و نمی‌توانند هنگام خشکی تغییر مکان دهند، در شرایط تنش، سیگنالهای تنش را دریافت کرده و جریان متابولیسی را برای سنتز و فعال سازی مکانیسم‌های دفاعی در پاسخ به شرایط تنش راه اندازی می‌کنند (۳۱). در طی تنش خشکی، پاسخهای بیوشیمیایی، مولکولی و فیزیولوژیکی القاء می‌شود که گیاهان را برای سازگاری به شرایط محیطی آماده می‌سازند.

به علت کاهش نزولات جوی، امروزه تنش خشکی به عنوان یکی از مهم ترین مسائل غیرزیستی برای گیاهان مطرح شده و استفاده از ترکیبات طبیعی و آلی که بتواند باعث کاهش اثرات تنش خشکی بر گیاه شود از اولویت‌های کار بسیاری از محققان قرار گرفته است. اسید سالیسیلیک (سالیسیلات) یا اورتو هیدروکسی بنزوئیک اسید و ترکیبات مربوطه که به گروه متنوع فنولیک‌های گیاهی تعلق دارند، جزئی از این ترکیبات آلی می‌باشند. سالیسیلیک اسید، یک تنظیم کننده رشد گیاهی است که در فرآیندهای فیزیولوژیکی متعددی مانند مقاومت در برابر پاتوژن‌ها، ایجاد گرما در گل آذین شیپوری، القای گل دهی در برخی از گیاهان، کنترل جذب یون توسط ریشه و هدایت روزنه ای، رشد و نمو، سنتز اتیلن، تأثیر در باز و بسته شدن روزنه‌ها و تنفس شرکت می‌کند (۳۲). گزارش‌های متعددی از نقش سالیسیلیک اسید در تعدیل تنش‌های غیر زیستی وجود دارد (۳۴). از جمله می‌توان به تیمار دانه رست‌های خردل با سالیسیلیک اسید برون‌زا اشاره کرد که تحمل آنها را به گرما افزایش می‌دهد (۱۵). همچنین، کاربرد سالیسیلیک اسید موجب افزایش مقاومت به خشکی در گوجه فرنگی (۱۱)، مقاومت به سرما در ذرت (۱۹) و

مقاومت به دمای پایین در لوبیا (۳۴) شده است. با افزایش H_2O_2 در بافت‌ها مقادیر متوسطی از سالیسیلات می‌تواند مکانیزم‌های آنتی اکسیداتیو را فعال نماید (۳۵).

بامیه (*Hibiscus esculentus* L.) گیاهی گرمسیری است و در نقاط سرد، کم رشد و کم محصول می‌شود. بامیه شامل پروتئین، کربوهیدرات و ویتامین C و نقش اساسی را در رژیم غذایی انسان ایفا می‌کند (۱). از سویی ریشه‌ها و ساقه‌های بامیه برای تمیز کردن شیره نیشکر یا تهیه شکر قهوه ای در صنعت کاربرد دارد (۳۶). با توجه به اهمیت و کاربرد فراوان گیاه بامیه در صنعت و کشاورزی از یک سو و نیز نیاز فراوان این گیاه به آب، هدف از انجام این تحقیق، بررسی اثر سالیسیلات بر برخی از پاسخ‌های فیزیولوژیکی گیاه بامیه در تنش خشکی می‌باشد تا چگونگی اثر این اسید آلی بر برخی واکنشهای فیزیولوژیکی گیاه در تنش خشکی مورد ارزیابی قرار گیرد. و امید است با توجه به اینکه گیاه بامیه یک گیاه خوراکی و دارویی بوده که متأسفانه اراضی کمتری به کشت این گیاه در ایران اختصاص داده می‌شود. با توجه به کمبود میزان نزولات جوی، سعی بر این است با کشت این گیاه و افزایش میزان مقاومت آن به خشکی از طریق کاربرد آگروژون سالیسیلات قدمی در توسعه کشت گیاه بامیه برداشته شود.

مواد و روش‌ها

پس از تهیه بذر بامیه (*Hibiscus esculentus*) با نام تجاری Okra: Bamiya، ۲۷ گلدان پنج کیلویی با خاک زمین‌های کشاورزی، خاک جنگل و ماسه شسته به نسبت ۳ : ۱ : ۱ کاملاً پر گشت و حدود ۳۰ بذر در هر گلدان در عمق ۲-۴ سانتی متری از سطح خاک کاشته شد. ۳۵ روز بعد از کاشت گیاه بامیه، در دو سطح خشکی که شامل خشکی ملایم (۳۵٪ ظرفیت اشباع خاک) و خشکی شدید (۱۵٪ ظرفیت اشباع خاک) به همراه شاهد (۵۰٪ ظرفیت اشباع خاک) و دو غلظت از سالیسیلات 10^{-4} و 10^{-7} مولار به شکل محلول پاشی در قالب ۹ تیمار همراه با ۳ تکرار به مدت ۳۰-۲۰ روز به شکل پیش تیمار و قبل از اعمال تنش‌های خشکی اعمال شد. پس از گذشت ۳ ماه از زمان

گرم EDTANa₂ و ۵۰ گرم پلی اتیلن گلیکول ۲۰۰۰ و نهایتاً حجم آن به ۱۰۰ میلی لیتر با آب مقطر (pH ۷) و نگهداری در یخچال) رسانده شد.

استخراج عصاره آنزیمی

ساییدن یک گرم از بافت تر گیاهی اندام هوایی و ریشه با ۵ ml محلول عصاره گیری، قرار دادن محلول به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ °C، سانتریفوژ محلول به مدت نیم ساعت با ۴۰۰g و در نهایت، محلول رویی در دمای ۴ °C نگهداری شد.

سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز (۲۴)

مخلوط کردن ۲ml تامپون استات ۰/۲ مولار، pH ۵، با ۰/۴ ml آب اکسیژنه ۳٪ و ۰/۲ ml بنزیدین محلول در الکل ۵۰ درجه ۰/۱ مولار. سپس افزودن ۰/۱ ml عصاره آنزیمی به مخلوط و در آخر خواندن جذب نوری در طول موج ۵۳۰ نانومتر در مقابل شاهد دستگاه صورت گرفت. سپس فعالیت آنزیم بر حسب واحد جذب در دقیقه به ازای هر میلی گرم پروتئین در گرم وزن تر محاسبه گردید.

سنجش کاتالاز (۱۳)

مخلوط کردن ۲/۵ ml بافر فسفات ۰/۰۵ مولار با ۰/۲ میلی لیتر آب اکسیژنه ۳ درصد با ۰/۲ ml عصاره آنزیمی و جذب در ۲۴۰ نانومتر خوانده شد.

سنجش فعالیت پلی فنل اکسیداز (۲۷)

جهت بررسی فعالیت پلی فنل اکسیداز از عصاره آنزیمی استخراج شده برای فعالیت پراکسیداز استفاده شد. جهت انجام این آزمایش ۱/۵ ml بافر فسفات ۰/۲ M با pH ۷/۶ با ۰/۴ ml پیروگال ۰/۰۲ M و ۰/۱ میلی لیتر عصاره آنزیمی مخلوط و در بن ماری ۲۸ °C به مدت سه دقیقه قرار گرفت و سپس تغییرات جذب در طول موج ۴۳۰ nm خوانده شد.

نتایج

بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها، بیشترین میزان کلروفیل a و b در شاهد (۵۰٪) و کمترین آن در تیمار ۱۰^{-۷} مولار سالیسیلات به همراه تنش خشکی متوسط مشاهده شد. در شاهد کاربرد سالیسیلات در غلظت ۱۰^{-۴} مولار منجر به

کاشت دانه‌ها، ابتدا گیاهان از هر گلدان با چهار تکرار به صورت تصادفی از خاک بیرون آورده شدند. سپس سنجش‌های فیزیولوژیکی در ریشه و برگ گیاه مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها از طریق واریانس دو عاملی و میانگین انجام گرفت. همچنین مقایسه بین تیمارها براساس آزمون دانکن توسط برنامه آماری SPSS برای چهار تکرار صورت گرفت و رسم نمودارها با کمک نرم افزار Excel انجام شد.

سنجش مقدار کلروفیل (۱۲)

به میزان یک گرم از برگ‌های بامیه (وزن تر) توزین شد و با ۵ میلی لیتر استون ۸۰٪ به خوبی ساییده و با کاغذ صافی و قیف صاف گردید. حجم نهایی عصاره را به ۱۰ میلی لیتر رسانده و در طول موج‌های ۶۴۵، ۶۵۲ و ۶۶۳ نانومتر و شاهد (استون ۸۰٪)، جذب محلول (OD) توسط دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. با توجه به وزن تر هر نمونه بر حسب میلی گرم، میزان کلروفیل‌ها ارزیابی شد.

سنجش قندهای محلول با استفاده از روش فنل -

اسید سولفوریک (۲۳)

ابتدا برگ‌های مشخصی از گیاه و همچنین بخشی مشخص از ریشه جهت سنجش قندهای محلول تعیین گشته و در آن در درجه حرارت ۹۰ °C به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند. پس از توزین آنها توسط ترازوی دیجیتالی به هر یک از نمونه‌ها ۱۰ml الکل ۷۰٪ افزوده و در ظروف پلی اتیلن در یخچال به مدت یک هفته قرار داده شدند. با این عمل قندهای محلول در اتانول حل گردیده و در بخش بالایی محلول جمع می شوند. پس از ۳۰ دقیقه در دمای آزمایشگاه، با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۸۵ نانومتر، میزان جذب تعیین شده و با استفاده از منحنی استاندارد گلوکز و معادله زیر، میزان تغییرات قندها بر حسب میلی گرم بر گرم وزن خشک ارزیابی گردید.

$$M = C \times 0.01 / W$$

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی

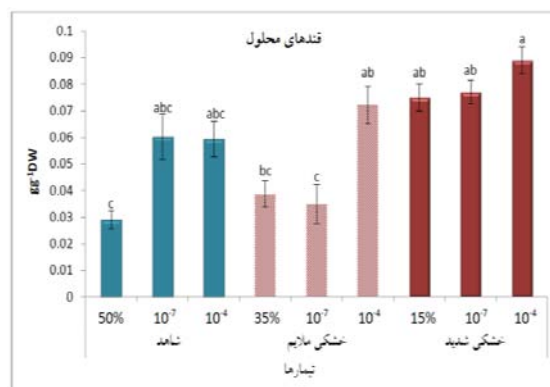
تهیه محلول عصاره گیری

مخلوط کردن ۱/۲ گرم تریس، ۲ گرم اسید آسکوربیک، ۳/۸ گرم بوراکس (دی-سدیم تترا بورات)، ۲

شدید کاربرد سالیسیلات منجر به افزایش کلروفیل شد که البته این افزایش معنی دار نبود ($P \leq 0.05$) (شکل ۳). بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها، تنش خشکی شدید و ملایم منجر به افزایش میزان قندهای محلول نسبت به شاهد شد، به طوری که کمترین میزان قندهای محلول در تیمار شاهد (۵۰٪) مشاهده شد. در شاهد کاربرد سالیسیلات در هر دو غلظت منجر به افزایش میزان قندهای محلول گردید که البته این افزایش معنی دار نبود. در تنش خشکی ملایم (۳۵٪) خشکی کاربرد سالیسیلات در غلظت 10^{-4} مولار افزایش را نشان داد که این افزایش نیز نسبت به شاهد معنی دار نبود. در تنش خشکی شدید نیز میزان قندهای محلول نسبت به شاهد افزایش یافت که این افزایش نیز نسبت به شاهد معنی دار نبود ($P \leq 0.05$) (شکل ۴).



(۳)

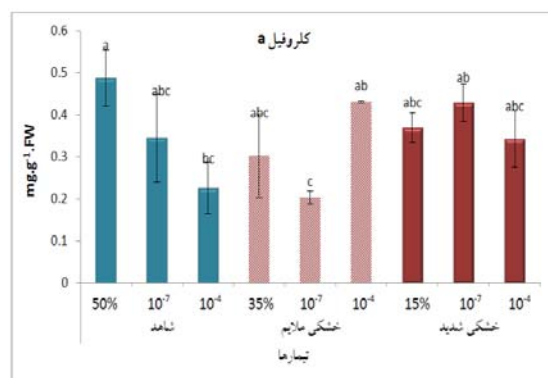


(۴)

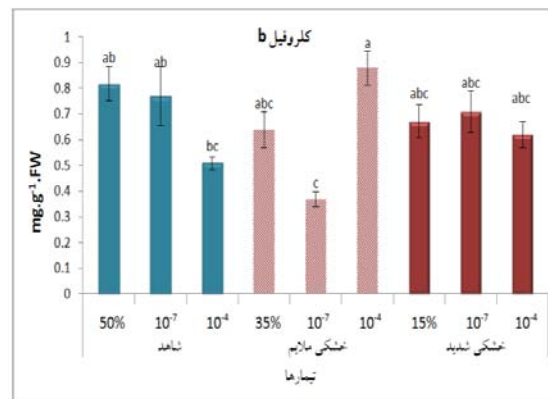
شکل ۳ و ۴: مقایسه اثر تنش‌های مختلف خشکی (شاهد: ۵۰٪ اشباع خاک، خشکی ملایم: ۳۵٪ اشباع خاک، خشکی شدید: ۱۵٪ اشباع خاک) و سالیسیلات (۱۰^{-۷} و ۱۰^{-۴} مولار) بر میزان کلروفیل a+b (t) و قندهای محلول

بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها بیشترین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز در تیمارهای 10^{-7} و 10^{-4} مولار سالیسیلات در تنش خشکی شدید مشاهده شد و کمترین آن

کاهش کلروفیل و غلظت‌های 10^{-7} مولار از سالیسیلات اختلاف معنی داری را با شاهد نشان نداد. در خشکی ملایم در غلظت‌های 10^{-4} مولار اختلاف معنی داری را با شاهد نشان نداد و در غلظت‌های 10^{-7} مولار سالیسیلات میزان کلروفیل کاهش یافت. در تنش خشکی شدید کاربرد سالیسیلات در هر دو غلظت منجر به افزایش کلروفیل شد که این افزایش نسبت به شاهد معنی دار نبود ($P \leq 0.05$) (شکل ۲).



(۱)



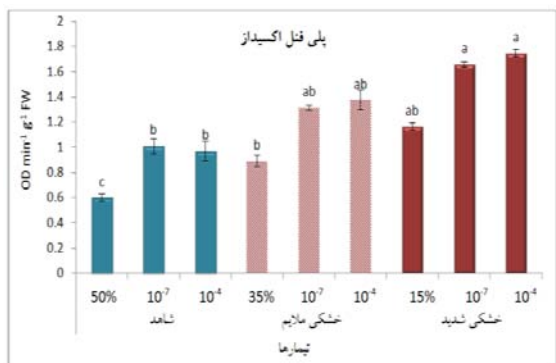
(۲)

شکل ۱ و ۲: مقایسه اثر تنش‌های مختلف خشکی (شاهد: ۵۰٪ اشباع خاک، خشکی ملایم: ۳۵٪ اشباع خاک، خشکی شدید: ۱۵٪ اشباع خاک) و سالیسیلات (10^{-7} و 10^{-4} مولار) بر میزان کلروفیل a و b آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد بیشترین میزان کلروفیل مربوط به شاهد (۵۰٪) و تیمار خشکی شدید به همراه 10^{-7} مولار سالیسیلات بود. در شاهد، کاربرد سالیسیلات در غلظت‌های 10^{-4} مولار منجر به کاهش کلروفیل شد و 10^{-7} مولار اختلاف معنی داری را موجب نشد. در تنش خشکی ملایم غلظت‌های 10^{-7} مولار سالیسیلات منجر به کاهش کلروفیل نسبت به شدید شد، در حالی که در غلظت 10^{-4} مولار اختلاف معنی داری مشاهده نشد. در تنش خشکی

نمود. در خشکی شدید افزایش معنی داری در میزان فعالیت آنزیم در هر دو تیمار سالیسیلات مشاهده شد. قابل ذکر است که اختلاف بین غلظت‌های مختلف سالیسیلات در هر سه تنش خشکی معنی دار نبود ($P \leq 0/05$) (شکل ۷).



(۶)



(۷)

شکل ۶ و ۷: مقایسه اثر تنش‌های مختلف خشکی (شاهد: ۵۰٪ اشباع خاک، خشکی ملایم: ۳۵٪ اشباع خاک، خشکی شدید: ۱۵٪ اشباع خاک) و سالیسیلات (۷-۱۰ و ۴-۱۰ مولار) بر فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پلی فنل اکسیداز

بحث

مطالعات زیادی نشان دادند کاهش فعالیت فتوسنتز تحت استرس خشکی به مکانیسم‌های روزنه‌ای یا غیر روزنه‌ای وابسته است و کاهش میزان کلروفیل تحت استرس آبی به عنوان عامل اصلی غیر فعال سازی فتوسنتز در نظر گرفته شده است، که نتایج حاصل از پژوهش ما با نتایج اخیر همخوانی دارد. در مورد نقش اسید سالیسیلیک بر رنگیزه‌های فتوسنتزی گزارشات ضد و نقیضی وجود دارد. مثلاً *Lucilia* و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کرده اند که متیل سالیسیلات بر مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی اثری ندارد، ولی فتوسنتز تحت تیمار اسید سالیسیلیک کاهش می‌یابد (۲۶). اما در تحقیقات دیگری (۱۶)، در برگ‌های *Brassica*

مربوط به تیمار شاهد بود. در تنش ملایم خشکی و شاهد کاربرد سالیسیلات در هر دو غلظت منجر به افزایش فعالیت آنزیم شد. البته این افزایش نسبت به شاهد معنی دار نبود. در تنش شدید خشکی کاربرد سالیسیلات در هر دو غلظت منجر به افزایش فعالیت آنزیم شد. اختلاف بین دو غلظت کاربردی سالیسیلات معنی دار نبود ($P \leq 0/05$) (شکل ۵).



(۵)

شکل ۵: مقایسه اثر تنش‌های مختلف خشکی (شاهد: ۵۰٪ اشباع خاک، خشکی ملایم: ۳۵٪ اشباع خاک، خشکی شدید: ۱۵٪ اشباع خاک) و سالیسیلات (۷-۱۰ و ۴-۱۰ مولار) بر فعالیت آنزیم پراکسیداز بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها، بیشترین میزان فعالیت کاتالازی در تیمار ۱۰^{-۷} مولار در خشکی شدید و ۱۰^{-۷} مولار سالیسیلات در خشکی ملایم مشاهده شد و کمترین آن مربوط به تیمار خشکی شدید بود. در تنش شدید خشکی میزان فعالیت آنزیم نسبت به خشکی ملایم و شاهد کاهش یافت. در تنش خشکی شدید، ملایم و شاهد کاربرد سالیسیلات در هر دو غلظت منجر به افزایش شد. البته در غلظت ۱۰^{-۴} مولار سالیسیلات این افزایش معنی دار نبود. اختلاف بین تیمارهای کاربردی سالیسیلات در خشکی شدید و ملایم معنی دار بود، در حالی که در شاهد این اختلاف معنی دار نبود ($P \leq 0/05$) (شکل ۶).

طبق جدول آنالیز واریانس در تنش خشکی شدید میزان فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز افزایش را نسبت به خشکی ملایم و شاهد نشان داد و کمترین میزان فعالیت آنزیم مربوط به شاهد بود. در شاهد، کاربرد سالیسیلات در هر دو غلظت‌های افزایش معنی داری را در میزان فعالیت آنزیم نشان داد. در تنش خشکی ملایم نیز کاربرد سالیسیلات منجر به افزایش شد. البته این افزایش نسبت به شاهد معنی دار

استرس آبی توسط Agarwal و Pandey (۲۰۰۰) و Dao و همکاران (۲۰۰۵) گزارش شده است. در سبب زمینی تحت استرس خشکی میزان فعالیت کاتالاز افزایش یافت (۲۸)، در حالی که در تحقیقات فعالیت کاتالازی در تنش خشکی شدید کاهش یافت و یا گزارشات ذکر شده در بالا همخوانی ندارد. به نظر می رسد گیاه در مکانیسم مقابله با تنش خشکی از دیگر آنزیم های آنتی اکسیدانی استفاده نموده است.

آنزیم های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز در هر دو رقم حساس برنج غیرفعال شد اما در رقم مقاوم بدون تغییر ماند (۱۰). غیرفعال شدن کاتالاز تحت استرس خشکی ممکن است به دلیل جلوگیری از سنتز آنزیم های جدید یا غیرفعال شدن نوری کاتالاز باشد که می تواند تجزیه H_2O_2 را تضعیف کند. تحقیقات نشان داده است تیمار با اسید سالیسیلیک آگزوزن، باعث افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی در برگ های جو شده و فعالیت آنزیم های کاتالاز و پراکسیداز در سلول های گیاهی افزایش می یابد (۱۹). در نتایج ما نیز تیمار با اسید سالیسیلیک در هر دو غلظت کاربردی 10^{-4} و 10^{-7} مولار در تنش شدید، متوسط و ملایم خشکی منجر به افزایش فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز شد. همچنین گزارش شده است میزان فعالیت آنزیم کاتالاز برگ های دانه رست های ۱۰ روزه دو رقم گندم تحت تیمار سالیسیلات 0.1 mM افزایش یافته در صورتی که سالیسیلات با غلظت 0.1 mM موجب کاهش فعالیت کاتالاز شده است (۷). همچنین تحقیقات بر روی گیاه برنج نشان داد سطوح بالای از سالیسیلات ممکن است به طور مستقیم به عنوان آنتی اکسیدان مطلوب برای جاروب سازی اکسیژن های فعال عمل کند و یا غیرمستقیم با تنظیم توازن ردوکس از طریق فعال سازی پاسخ های آنتی اکسیدانی عمل نماید (۳۷).

بنابراین با کاربرد سالیسیلات میزان فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانت تحت تنش افزایش یافت و به عنوان یک جاروب کننده سیستم رادیکال هیدروکسیل عمل کرده است. کاربرد سالیسیلات در گیاه تحت تنش خشکی منجر

napus (۱۸)، در گیاهان ذرت (۲۰) در محتوای کلروفیل افزایش نشان داد. در گزارشات ما نیز کاربرد غلظت های مختلف سالیسیلات نتایج متفاوتی را حاصل نمود، به طوری که در شاهد غلظت های 10^{-4} مولار و در تنش ملایم و در غلظت 10^{-7} مولار سالیسیلات منجر به کاهش کلروفیل شد. انباشتگی قندها در پاسخ به استرس خشکی به خوبی شناخته شده است که افزایش قندهای محلول در استرس شدید و ملایم خشکی نیز در تحقیق ما گویای این مطالب است. قند محلول همچنین ممکن است به صورت عادی به عنوان محافظ اسمزی، تثبیت کننده غشاهای سلولی و نگهدارنده فشار تورژسانس عمل می کند (۱۷). اخیراً بیان شده که تحت شرایط استرس خشکی افزایش قند ممکن است سیگنالی برای تنظیم متابولیسم باشد (۲۲). کاربرد اسید سالیسیلیک محتوای کربوهیدرات های محلول و نامحلول را در ریشه ها و اندام هوایی گندم های تیمار شده تحت استرس خشکی افزایش داد (۸). همچنین Miguel و همکاران (۲۰۰۶) بیان کردند که تیمار SA مقاومت گیاه را در برابر استرس خشکی بهبود می بخشد. و در گزارشی دیگر کاربرد اسید سالیسیلیک محتوای قند را در ریشه و برگ بامیه (۹) افزایش داد که در نتایج حاصل از تحقیقات ما کاربرد اسید سالیسیلیک در هر دو غلظت 10^{-4} و 10^{-7} مولار در شاهد و کاربرد 10^{-4} مولار اسید سالیسیلیک در تنش ملایم و شدید خشکی منجر به افزایش قندهای محلول شد که البته این افزایش نسبت به شاهد معنی دار نبود.

گزارش شده که آنتی اکسیدان های غیر آنزیمی و آنزیمی در شرایط استرس انباشتگی پیدا می کنند (۲) و فعالیت بیشتر سازش و آنتی اکسیدان ها در ارقام مقاومتر دیده شده است (۳۳). کاتالازها جزء آنزیم های تیتراژی هستند (۴). کاتالاز تنها در پراکسی زوم هاست و برای سم زدایی ROS در طی تنش ضروری است. وقتی که سطوح ROS بالا می رود، این آنزیم تولید می شود. تعادل بین فعالیت های سوپراکسید دیسموتاز، اسکوربات پراکسیداز یا کاتالاز در سلول برای رساندن به حالت پایدار رادیکال های سوپراکسید و H_2O_2 بسیار مهم است (۳۰). افزایش کاتالاز تحت

9. Baghizadeh, A., Ghorbani, M., HajMohammadRezaei, M., and Mozafari, H. (2009). Evaluation of interaction effect on drought stress with ascorbat and salicylic acid on some of physiological and biochemical parameters in okra (*Hibiscus esculentus* L.). *Research Journal of Biological Sciences*. **4** (4): 380-387.
10. Basu, S., Roychoudhury, A., Paromitasa, P., and Sengupta, D. N. (2010). Differential antioxidative responses of indicarice cultivars to drought stress. *Plant Growth Regulation*. **60**: 51-59.
11. Bezrukova, M., Sakhavotdinova, V., Fatkhutdinova, R., and Kyldiarova, R. A. (2001). The role of hormonal changes in protective action of SA on growth of wheat seedlings under water deficit. *Agrochemiya* (RUSS). **2**: 51-54.
12. Bruinsma, J. (1963). The quantitative analysis of chlorophyll 'a' and 'b' in plant extracts. *Phytochem Photobiology*. **72**: 241-249.
13. Chance, B., and Maehly, C. (1975). Assay of catalase and peroxidase. *Method Enzymology*. **11**: 764-755.
14. Dao, G. T., Gong, S. F., Ping, B. L., Yan, L. Y., and Sheng, Z. G. (2005). Effects of water stress on the protective enzyme activities and lipid peroxidation in roots and leaves of summer maize. *Science Agriculture Sinica*. **38**: 922-928.
15. Dat, J. F., Lopez-Degado, H., Foyer, C. H. and Scott, I. M. (1998). Parallel changes in H₂O₂ and catalase during thermotolerance induced by salicylic acid or heat acclimation in mustard seedlings. *Plant Physiology*. **116**: 1351-1357.
16. EL-tayeb, M. A. (2005). Response of barley grain to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regulation*. **42**: 215-224.
17. EL-tayeb, M. A., and Ahmed, N. L. (2010). Response of wheat cultivars to drought and salicylic acid. *American-Eurasian Journal of Agronomy*. **3** (1): 01-07.
18. Ghai, N., and Setia, R. C. (2002). Effect of paclobutrazol and salicylic acid on chlorophyll content, hillactivity and yield components in Brassica napus L. (cv. gsl-I). *Phytomorphology*. **52**: 83-87.
19. Janda, T., Szalai, G., Tari, I., and paldi, E. (1999). Hydroponic treatment with salicylic acid decreases the effects of chilling injury

به کاهش پرولین شد که نشان دهنده نقش آنتی اکسیدانی سالیسیلات می باشد.

کاربرد سالیسیلات در میزان قندهای محلول و محتوای کلروفیل تحت تنش شدید خشکی منجر به اختلاف معنی داری نشد. در نتیجه می توان بیان کرد که اسید سالیسیلیک به عنوان یک محرک رشد می تواند رشد گیاه مورد مطالعه را در شرایط استرس تحریک کند و کاهش رشد ناشی از استرس خشکی را بهبود بخشد.

منابع

1. Abd El-Kader, A. A., Shaaban, S. M., and Abd El-Fattah, M. S. (2010). Effect of irrigation levels and organic compost on okra plants (*Abelmoschus esculentus* L) grown in sandy calcareous soil. *Agriculture Biology Journal North America*. **1**: 225-231.
2. Acar, O., Turkan, I., and Ozdemir, F. (2001). Superoxide dismutase and peroxidase activities in drought sensitive and resistant barley (*Hordeum vulgare* L.) varieties. *Acta Physiology Plant*. **3**: 351-356.
3. Agarwal, S., and Pandey, V. (2003). Stimulation of stress-related antioxidative enzymes in combating oxidative stress in cassia seedling. *Indian Journal Plant Physiology*. **8**: 264-269.
4. Apel K., and Hirt, H. (2004). Reactive oxygen species: metabolism, oxidative and signal transduction. *Plant Biology*. **55**: 373-399.
5. Ashraf, M., and Mehmood, S. (1990). Response of four Brassica species to drought stress. *Environment Expt. Botanical*. **30**: 93-100.
6. Ashraf, M., Azmi, A.R., Khan, A. H., Naqui, S. S. M. and Ala, S. A. (1995). Effect of water stress on different enzymatic activities in wheat. *Acta Physiologiae Plantarum*. **17**: 315-320.
7. Atici, O., and Nalbantoglu, B. (2008). Effects of salicylic acid and salinity on apoplastic antioxidant enzymes in two wheat cultivars differing in salt tolerance. *Journal of Biologia Plantarum*. Pp 334-338.
8. Azooz, M. M., and Yousef, M. M. (2010). Evaluation of heat shock and salicylic acid treatments as inducers of drought stress tolerance in hassawi wheat. *American Journal of Plant Physiology*. **5** (2): 56-70.

29. Miguel, A.R., Ruiz, J.M., Hernandez, J., Soriano, T., Castilla, N., and Romero, L. (2006). Antioxidant content and ascorbat metabolism in cherry tomato exocarp in relation to temperature and solar radiation. *Journal Science Food Agriculture*. **86**: 1545-1551.
30. Mittler, R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends Plant Science*. **7**: 405-410.
31. Ramachandra, R.A., Chaitania, K.V., Vivekanandan, M. (2004). Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Journal Plant Physiology*. **161**: 1189-1202.
32. Raskin, I. (1992). Role of salicylic acid in plants. *Annu. Review. Plant Physiology, Plant Molecular Biology*. **43**: 439-463.
33. Reddy, A.R., Chaitanya, K.V., and Vivekanandan, M. (2004). Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Journal Plant Physiology*. **161**: 1189-1202.
34. Senaratna, T., Touchell, D., and Bunne Dixon, K. (2000). Acetyl salicylic acid (aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plant. *Plant Growth Regulation*. **30**: 157-161.
35. Tari, I., Csiszar, J., Szalai, G., Horvath, F., Pecsvaradi, A., Kiss, G., Szepesi, A., Szabo, M., and Redei, L. (2002). Acclimation of tomato plants to salinity stress after salicylic acid pre-treatment. *Acta Bid. Szegediensis*. **46**: 55-56.
36. Varmudy, V. (2011). Marketing survey need to boost okra exports. Department of economics, Vivekananda College, Puttur, Karnataka, India.
37. Yang, Y. O., Shan, J., and Klessing, D. F. (2004). Signal perception and transduction in defence responses. *Genes and Development*. **11**: 1621-1639.
- in maize (*Zea mayz* L.) plants. *Planta*. **208**: 175-180.
20. Khodary, S. (2004). Effect of Salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt-stressed maize plant. *Intl. Journal Agriculture Biology*. **6**: 5-8.
21. Kidambi, S. P., Matches, A. G., and Bloger, P. (1990). Mineral concentration in alfalfa and rain foin as influenced by soil moisture level. *Agronomy Journal*. **82**: 229-239.
22. Kishro, P. B. K., Sangama, S., Amrutha, R. N., Laxmi, P. S., Naidu, K. R., and Rao, K. S. (2005). Regulation of proline biosynthesis degradation, up take and transport in higher plants: its implications in plant growth and abiotic stress tolerance. *Current Science*. **88** (3): 424-438.
23. Kochevt, G. (1978). Carbohydrate deremination by the phenol sulfuric acid method. Handbook of phycological methods. Cambridge Univ. press. Cambridge, in: Journal A. Leubust and Journal S. Graig (Eds.). 96-97.
24. Koroi, S. A. (1989). Gel electrophoresis tissue and spectrophotometrscho unter uchungen zomein fiuss der temperature auf struktur der amylase and peroxidase isoenzyme. *Physiological Review*. **20**: 15-23.
25. Lawlor, D. W., and Cornic, G. (2002). Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant Cell Environment*. **25**: 275-294.
26. Llusia, J., Penuelas, J., and Munne-Bosch, S. (2005). Sustained accumulation of methyl salicylate alters antioxidant protection and reduces tolerance of holm oak to heat stress. *Physiologia Plantarum*. **124**: 353-361.
27. Manoranjan, K., and Dinabandhu, M. (1976). Catalase, peroxydase and polyphenol oxydase activities during rice leaf senescence. *Plant Physiology*. **57** (2): 315-319.
28. Masoudi-Sadeghiani, F., Abdollahi Mandoulakani, B., Zardashti, M.R., Rasouli-Sadeghiani, M.H., and Tavakoli, A. (2011). Response of proline, soluble sugars, photosynthetic pigments and antioxidant enzymes in potato (*Solanum tuberosum* L.) to different irrigation regimes in green house condition. *Australian Journal of Crop Science*. **5** (1): 55-60.