نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیستم، شماره چهارم، ۱۳۹۲
http://jopp.gau.ac.ir

تأثیر پیش‌تیمار اسید سالیسیلیک بر تجمع اسمولیت‌های آلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه قره‌داغ (*Nitraria shoberi* L.) در شرایط تنش خشکی

منصوره بیان[۱]، *فریبا امینی[۲] و مهری عسکری[۲]

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه فیزیولوژی گیاهی، دانشگاه اراک، [۲]استادیار گروه زیست‌شناسی، دانشگاه اراک

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۲۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۷/۸

چکیده

اسیدسالیسیلیک (SA)، هورمونی گیاهی با ماهیت فنلی است که نقش آن در افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌های زیستی و غیرزیستی در مطالعات متعددی به اثبات رسیده است. این پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر متقابل غلظت‌های ۰، ۰/۵ و ۱/۵ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک، به‌صورت پیش‌تیمار بذر، بر میزان تجمع پرولین و هیدرات‌های کربن محلول و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز در گیاه قره‌داغ، در سطوح مختلف تنش خشکی (۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی) طراحی و اجرا گردید. تجزیه داده‌ها پس از ۲۱ روز اعمال تنش خشکی بر گیاهچه‌های ٤٥ روزه نشان داد که غلظت بالای SA، باعث افزایش معنی‌دار مقدار پرولین به‌میزان ۵۰ درصد و هیدرات کربن به‌میزان ۱/۲ برابر تنش ملایم گردید؛ اما با افزایش سطوح خشکی از میزان این تأثیر کاسته شد؛ تا حدی‌که در تنش شدید، SA نتوانست تفاوت مثبت معنی‌داری را با نمونه شاهد ایجاد کند. این نتایج می‌تواند ناشی از فعال شدن مصرف متابولیکی این مواد برای تشکیل اجزای سلول‌های جدید، به‌عنوان مکانیسمی برای تحریک رشد و یا به‌علت راه افتادن سایر مکانیسم‌های مقاومت توسط SA و نیاز نداشتن به تولید بالای این دو ماده باشد. از طرفی غلظت پایین‌تر SA باعث مهار ٦٦ درصدی فعالیت کاتالاز و تحریک ٤٠ درصدی فعالیت آنزیم پراکسیداز در شرایط خشکی شدید گردید. این رویداد می‌تواند منجر به افزایش H_2O_2 شود که به‌عنوان ملکول سیگنالی در ایجاد مقاومت دخالت دارد و همچنین به‌عنوان پیش‌ماده‌ای برای فعالیت پراکسیداز در تولید لیگنین و ایجاد مقاومت در شرایط خشکی به‌کار رود.

واژه‌های کلیدی: پراکسیداز، پرولین، کاتالاز، کمبود آب، هیدرات کربن

* مسئول مکاتبه: f-amini@araku.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

خشکی مشکلی در سراسر جهان است که تولید محصولات زراعی را به‌طور جدی محدود کرده و تغییرات اقلیمی حاضر در کل جهان، این وضعیت را جدی‌تر ساخته است (انجم و همکاران، ۲۰۱۱). تنش آب، معضلی بزرگ در کشاورزی است و توانایی تحمل چنین تنشی از اهمیّت اقتصادی زیادی برخوردار است (شائو و همکاران، ۲۰۰۸). گیاهان به‌منظور کاهش پتانسیل اسمزی و در نتیجه حفظ تورژسانس سلولی در شرایط کمبود آب، انواع مختلفی از محلول‌های آلی و غیرآلی را در سیتوزول سلول‌های خود انباشته می‌کنند. فرایند تجمع چنین محلول‌هایی در تنش خشکی به نام تعدیل اسمزی شناخته می‌شود که به‌میزان زیادی به‌میزان تنش آب در گیاه بستگی دارد (انجم و همکاران، ۲۰۱۱). با توجه به حلالیت بالای این ترکیبات در آب، به‌عنوان جایگزینی برای مولکول‌های آب از دست رفته از برگ‌ها عمل می‌کنند. علاوه‌بر این، در بعضی از موارد به‌عنوان پاک‌سازهای[1] اکسیژن فعال نیز ایفای نقش می‌کنند (کائوشیک و بهات، ۲۰۰۳). برای شرکت در تعدیل اسمزی در شرایط تنش، غلظت قندهای محلول معمولاً افزایش یافته و یا حداقل ثابت باقی می‌ماند. در پاسخ به یک تنش، نوع هیدرات‌های کربن یک برگ تغییر کرده و این امر می‌تواند به‌عنوان یک سیگنال متابولیکی در پاسخ به تنش به‌کار گرفته شود (ماهاجان و توتجا، ۲۰۰۵).

علاوه‌بر هیدرات‌های کربن، پرولین نیز در تعدیل اسمزی نقش داشته و می‌تواند به ثبات ساختارهای فراسلولی مثل غشاها و پروتئین‌ها و پاک‌سازی رادیکال‌های آزاد در شرایط تنش کمک کند. علاوه‌بر آن می‌تواند به‌عنوان یک هیدروتروپ[2] سازگار با پروتئین و کاهنده حالت اسیدی سیتوپلاسم عمل کرده و نسبت مناسب $NADP/NADPH^{+}$ را، متناسب با متابولیسم سلولی حفظ کند (اشرف و فولاد، ۲۰۰۷). تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS)[3] یکی از اولین پاسخ‌های بیوشیمیایی سلول‌های یوکاریوتی به تنش‌های زیستی و غیرزیستی است. تولید ROS به‌عنوان یک پیک ثانویه برای راه‌اندازی واکنش‌های دفاعی بعدی گیاهان عمل می‌کند (انجم و همکاران، ۲۰۱۱) اما میزان ROS در طی تنش‌های محیطی هم‌چون خشکی، به‌طور چشم‌گیری افزایش می‌یابد که منجربه آسیب‌های اکسیداتیو پروتئین‌ها، DNA و لیپیدها می‌شود (اپل و هیرت، ۲۰۰٤). گیاهان دارای یک سامانه حفاظتی داخلی

1- Scavengers

۲- Hydrotrope: گروهی از ترکیبات هستند که در غلظت‌های بالا، حلالیت مواد آب‌گریز را در آب افزایش می‌دهند.

3- Reactive Oxygen Species

Archive of SID

www.SID.ir

برای پاک‌سازی این ROSها هستند که با آنزیم کاتالیز می‌شود. این سیستم آنزیمی برای جلوگیری از آسیب‌های اکسیژن فعال و در نتیجه تضمین عملکرد سلولی، به اندازه کافی ظریف و دقیق است (هوروث و همکاران، ۲۰۰۷). آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی هم‌چون سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، پراکسیداز (POD) و کاتالاز (CAT)، نقش مهمی در مقابل تنش‌های محیطی ایفا می‌کنند (اپل و هیرت، ۲۰۰٤). گیاهانی که فعالیت بالایی از آنزیم‌های اکسیدان را دارند، مقاومت قابل‌توجهی را به آسیب‌های اکسیداتیو ناشی از ROS نشان داده‌اند (فراری و همکاران، ۲۰۱۰).

اسیدسالیسیلیک (SA) یک تنظیم‌کننده درونی رشد، با ماهیت فنلی است که در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیکی مختلفی شرکت کرده و هم‌چنین باعث حفاظت در مقابل تنش‌های زیستی و غیرزیستی می‌شود (هیات و همکاران، ۲۰۱۰). SA نقشی کلیدی در ایجاد مقاومت در گیاهانی که در معرض تنش آب قرار گرفته‌اند ایفا می‌کند (کادیوگلو و همکاران، ۲۰۱۱). با این‌حال برخی از مطالعات نشان داده‌اند که تأثیر SA خارجی به عوامل گوناگونی مانند نوع گونه، مرحله نموی گیاه، روش کاربرد و غلظت SA بستگی دارد (هوروث و همکاران، ۲۰۰۷).

قره‌داغ با نام علمی *Nitraria schoberi* L. از خانواده Zygophyllaceae، گیاهی است نادر، درختچه‌ای، گسترده بر سطح که از نظر حفاظت خاک، خواص دارویی، زیباسازی فضاهای سبز و تولید علوفه دارای ارزش زیادی است. این پژوهش با هدف بررسی تأثیر کاربرد اسیدسالیسیلیک بر میزان مقاومت به تنش خشکی در گیاه قره‌داغ طراحی و اجرا گردید. سنجش تجمع دو اسمولیت پرولین و هیدرات‌های کربن محلول کل و فعالیت دو آنزیم کاتالاز و پراکسیداز، معیار ارزیابی میزان مقاومت به خشکی در این گزارش قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۱ برای بررسی تأثیر پیش‌تیمار اسیدسالیسیلیک بر برخی تغییرات بیوشیمیایی ناشی از تنش خشکی در گیاه قره‌داغ به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در دانشگاه اراک انجام گرفت. بذرها از مرکز پاکان بذر اصفهان تهیه و برای تسریع در جوانه‌زنی، ابتدا تمامی بذرها به‌مدت ٤۸ ساعت در آب مقطر خیسانده می‌شود و سپس تیمار اسیدسالیسیلیک به‌صورت ۲٤ ساعت خیساندن بذرها در ۳ سطح ۰، ۰/۵ و ۱/۵ میلی‌مولار محلول آبی این ماده در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد اعمال گردید. مراحل جوانه‌زنی بر روی کاغذ صافی انجام و

Archive of SID

www.SID.ir

پس از ۳ روز تعداد ۱۰ بذر جوانه‌زده به هر گلدان با قطر ۱۲ سانتی‌متر شامل خاک ماسه‌ای (خاک نرم و ماسه به نسبت ۱:۱) منتقل شد. آبیاری با توزین روزانه گلدان‌ها به‌صورت کامل بر حسب ظرفیت زراعی (محاسبه به روش امیری‌ده‌احمدی و همکاران، ۲۰۱۰) انجام گرفت. پس از گذشت ٤٥ روز (گیاهان در مرحله ٦-٤ برگی)، ٤ سطح مختلف خشکی به‌مدت ۲۱ روز بر روی گیاهچه‌ها اعمال گردید. تیمارهای اعمال شده بر حسب مقادیر ظرفیت زراعی عبارت بودند از: آبیاری روزانه در حد ظرفیت زراعی (شاهد)، ۷۵ درصد ظرفیت زراعی (تنش ملایم)، ۵۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش متوسط) و آبیاری در حد ۲۵ درصد ظرفیت زراعی (تنش شدید). ۲۱ روز پس از اعمال تیمار، گیاهان برداشت شده و برگ گیاهان در ۳ تکرار در هر تیمار برای اندازه‌گیری‌های زیر استفاده گردید.

اندازه‌گیری اسمولیت‌های آلی: برای اندازه‌گیری هیدرات کربن محلول از روش فنل- سولفوریک اسید (دوبوئیس و همکاران، ۱۹٥٦) و مقدار پرولین با استفاده از روش بیتس (۱۹۷۳) اندازه‌گیری شد.

سنجش فعالیت آنزیمی: برای سنجش فعالیت آنزیم CAT از روش کاکمک و مارشنر (۱۹۹۲) استفاده شد. فعالیت آنزیم پراکسیداز براساس روش پل و همکاران (۱۹۹٤) اندازه‌گیری شد.

عملیات آماری: داده‌های به‌دست آمده از تمام آزمون‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS.16 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن، با ضریب اطمینان ۹۵ درصد ($P\leq ۰/۰۵$) و رسم نمودارها با نرم‌افزار اکسل انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج این پژوهش نشان داد که سطوح کمبود آب، سطوح SA و تأثیر متقابل این دو متغیر، شاخص پرولین برگ را به‌میزان مثبت و معنی‌داری متأثر ساختند (جدول ۱). گیاهچه‌هایی که در شرایط طبیعی قرار داشته و با SA تیمار شده بودند به‌میزان ٤٥ و ٤٨ درصد (به‌ترتیب توسط غلظت کم و زیاد SA) توانایی ساخت پرولین بیش‌تری نسبت به شاهد داشتند؛ اما برهم‌کنش خشکی با SA از این تأثیر مثبت کاست و در تنش ملایم این ارقام به‌ترتیب به‌میزان ۳۷ و ٤۲ درصد کاهش نسبت به شاهد رسید. در سطوح بالاتر کمبود آب، این اثر افزایشی معنی‌دار نبود (شکل ۱- الف). منطبق با یافته‌های این پژوهش، گزارش شد که، تیمار SA در شرایط طبیعی باعث افزایش میزان اسیدآمینه پرولین در گندم گردید (سینگ و یوشا، ۲۰۰۳). گزارش مشابهی نیز در مورد افزایش غلظت پرولین در

Archive of SID

www.SID.ir

ریشه و بخش هوایی دو رقم گندم در شرایط تنش خشکی وجود دارد (محمد و احمد، ۲۰۱۰). بر طبق مطالعات دیگر، تجمع پرولین به‌وسیله تیمار SA در جو دوسر، لوبیا، گندم و گوجه‌فرنگی نیز در شرایط تنش اکسیداتیو افزایش می‌یابد (تاسگین و همکاران، ۲۰۰٦) اما در مطالعه‌ای در گیاه گوجه‌فرنگی، تیمار SA تأثیر معنی‌داری بر غلظت پرولین در ریشه و برگ نداشت (شهبا و همکاران، ۲۰۱۰). از آن‌جا که SA باعث افزایش محتوای اسید آبسزیک (ABA) می‌شود، به‌نظر می‌رسد که این تأثیر SA بر تجمع پرولین، از طریق القا تولید ABA می‌باشد. ABA باعث تحریک ساخت پرولین در گیاهان تحت تنش می‌شود (شکیروا و همکاران، ۲۰۰۳).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر پیش‌تیمار اسیدسالیسیلیک بر میزان پرولین، هیدرات‌های کربن محلول، فعالیت آنزیم کاتالاز و پراکسیداز در برگ گیاه *Nitraria schoberi* در شرایط تنش خشکی.

منابع تغییر	میانگین مربعات خصوصیات اندازه‌گیری شده			
	پرولین	هیدرات کربن محلول	میزان فعالیت کاتالاز	میزان فعالیت پراکسیداز
خشکی	۳۷/۷۳٦**	۱۱/۱٤۱**	۱٤/۱۷٤**	۱۱/٤۸۲**
SA	۱٤/۹۲٤**	۲/٤۲۰^{ns}	۱۳/٦۷۲**	۵۰/۵۰۲**
خشکی × SA	۳/٦۷٤**	۳/٦۷٤**	۱٤/۰۹۸**	۱۲/۸۹۹**

*معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، **معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و ^{ns}غیرمعنی‌دار.

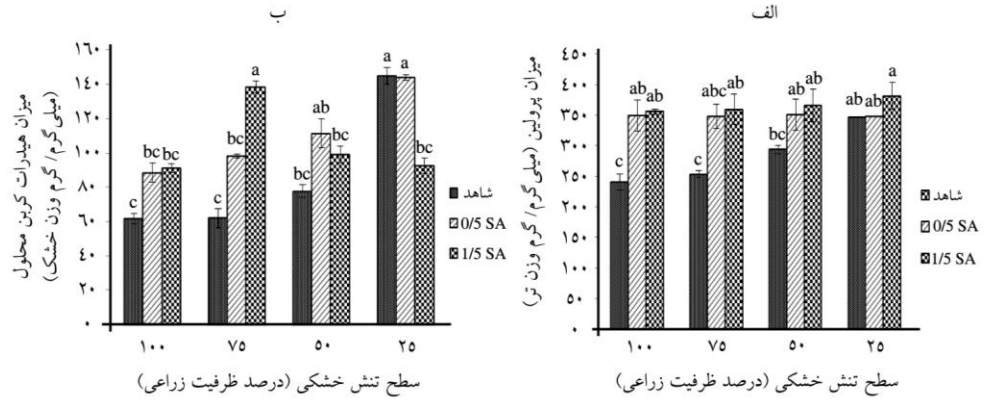
بررسی‌های انجام شده بر روی میزان هیدرات‌های کربن محلول برگ در این مطالعه، نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تأثیرپذیری این شاخص از خشکی و تأثیر متقابل SA با خشکی بود (جدول ۱). پیش‌تیمار SA بر توانایی تولید قند محلول در تنش ملایم افزود. اما افزایش سطوح تنش، از این اثر مثبت SA کاست؛ تا حدی‌که غلظت بالای SA در تنش شدید، میزان تولید قند محلول را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش داد (شکل ۱- ب). مشابه با نتایج این مطالعه، خوداری (۲۰۰٤) نیز کاهش معنی‌دار قندهای محلول و افزایش معنی‌دار پلی‌ساکاریدها را در گیاهان ذرت تحت تنش همراه با تیمار SA نسبت به گیاهان شاهد گزارش نمود (خوداری، ۲۰۰٤). تصور می‌شود تیمار سالیسیلات باعث مهار آنزیم‌های هیدرولیزکننده پلی‌ساکاریدها شده و یا تشکیل پلی‌ساکارید از ترکیب قندهای محلول را سرعت می‌بخشد. در این صورت اسیدسالیسیلیک نسبت قندهای غیرمحلول را نسبت به قندهای محلول افزایش می‌دهد (بورسانی و همکاران، ۲۰۰۱). کاربرد SA ممکن است باعث فعال

Archive of SID

www.SID.ir

شدن مصرف متابولیکی قندهای محلول برای تشکیل اجزای سلول‌های جدید، به‌عنوان مکانیسمی برای تحریک رشد گیاهان در شرایط تنش شود (خوداری، ۲۰۰٤).

از آن‌جا که در این پژوهش، هم‌گام با افزایش محدودیت آب، از میزان تأثیر مثبت این هورمون بر تولید این دو اسمولیت کاسته شد؛ بنابراین احتمال می‌رود تأثیر SA در این گیاه در شرایط تنش شدید، در به راه انداختن سایر مکانیسم‌های مقاومت باشد که افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و پاک‌سازی (ROS) (زو و همکاران، ۲۰۱۱) و القا بیان ژن‌های مرتبط با تنش، مانند ژن کدکننده چاپرون‌ها، پروتئین‌های شوک حرارتی و سیکلوفیلین، از آن جمله هستند (جاندا و همکاران، ۲۰۰۷). از طرف دیگر تأثیر منفی اسیدسالیسیلیک بر تجمع این دو اسمولیت در سطوح بالاتر خشکی می‌تواند به‌دلیل تأثیرات سمی وابسته به غلظت و pH اسیدسالیسیلیک باشد (واسیم و همکاران، ۲۰۰٦).



شکل ۱- اثر متقابل غلظت‌های (۰، ۰/۵ و ۱/۵ میلی‌مولار) اسیدسالیسیلیک بر میزان پرولین (الف) و هیدرات کربن محلول (ب) گیاه قره‌داغ در سطح‌های (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) تنش خشکی. حروف کاملاً نامشابه تفاوت معنی‌دار (P≤۰/۰۵) را نشان داده و داده‌ها میانگین ۳ تکرار ±SE است.

مقایسه میانگین‌ها بر روی میزان فعالیت آنزیم کاتالاز نشان داد که هر دو غلظت کم و زیاد SA بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در شرایط طبیعی تأثیر مهاری معنی‌داری دارد و میزان فعالیت این آنزیم را به‌ترتیب ٤۷ و ۳٤ درصد کاهش دادند (جدول ۱ و شکل ۲- الف). غلظت کم‌تر SA، باعث کاهش ۵۱ و ٦٦ درصدی فعالیت کاتالاز، به‌ترتیب در خشکی متوسط و شدید شد و تأثیر غلظت ۱/۵

www.SID.ir

میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک، تنها در تنش شدید معنی‌دار بود و فعالیت این آنزیم را به‌میزان حدود ٤٣ درصد، نسبت به گیاهان شاهد در گروه خود تقلیل داد (جدول ١ و شکل ٢- الف). کاهش موقتی فعالیت کاتالاز و افزایش میزان H_2O_2، یکی از پیامدهای تکراری تیمار SA است (جاندا و همکاران، ٢٠٠٣). اثر مهارکنندگی کاتالاز توسط SA، در بسیاری از گونه‌های گیاهی دیگر نیز مانند آرابیدوپسیس، گوجه‌فرنگی و خیار به اثبات رسیده است (جاندا و همکاران، ٢٠٠٧). قدرت اتصال مستقیم SA به آنزیم کاتالاز جدا شده از گیاه تنباکو و در نتیجه مهار فعالیت آن به اثبات رسیده است. تصور می‌شود که افزایش H_2O_2 به‌دست آمده از اثر مهاری SA روی کاتالاز، می‌تواند در ایجاد مقاومت اکتسابی عمومی (SAR) و دفاع در مقابل اثرات تنش‌های غیرزیستی از جمله آسیب‌های اکسیداتیو نقش ایفا کند (جاندا و همکاران، ٢٠٠٧). با این وجود در جریان مهار کاتالاز، خود SA به رادیکال آزادی تبدیل می‌شود که ممکن است باعث پراکسیداسیون لیپید شود. تصور می‌شود که هم میزان بالای H_2O_2 ناشی از مهار کاتالاز و هم پراکسیداسیون لیپید ناشی از فرایند مهار، در فرایندهای انتقال و تبدیل سیگنال شرکت کنند که در نهایت منجر به مقاومت مرتبط با SA می‌شود (جاندا و همکاران، ٢٠٠٧). برخلاف یافته‌های این مطالعه، حبیبی (٢٠١٢) در گیاهان جو تحت تنش خشکی وآگراوال و همکاران (٢٠٠٥) با مطالعه در گندم، افزایش فعالیت کاتالاز توسط تیمار SA را گزارش کردند.

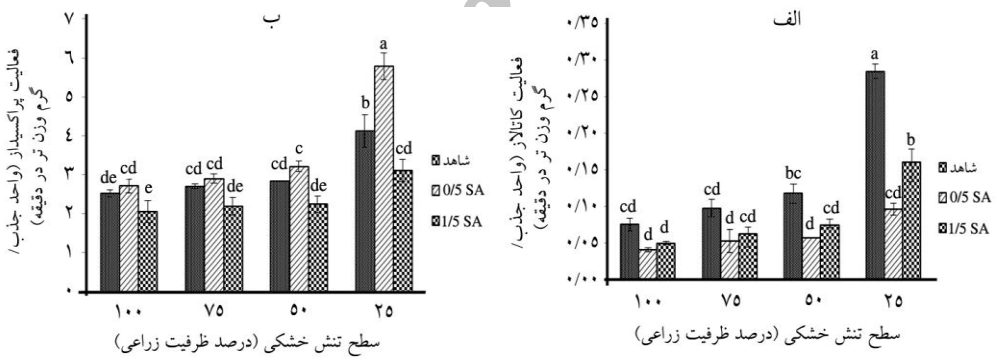
اسیدسالیسیلیک توانست هم به‌طور مستقل و هم در تقابل با خشکی تأثیر معنی‌داری بر فعالیت پراکسیداز بگذارد و توسط غلظت بالای خود میزان فعالیت این آنزیم در شرایط طبیعی را تا ١٨ درصد گیاهان شاهد افزایش دهد (جدول ١ و شکل ٢- ب). در برهم‌کنش با خشکی، تنها در تنش شدید و با غلظت پایین خود میزان فعالیت این آنزیم را بهبود داد. میزان این افزایش ٤٠ درصد نسبت به نمونه شاهد در گروه خود بود (شکل ٢- ب). به‌نظر می‌رسد دیواره سلولی محل اصلی تجمع تعدادی از ایزوآنزیم‌های پراکسیداز است. اعتقاد بر این است که ساخت و تراوش پراکسیدازهای آپوپلاستی که از قبل وجود داشته‌اند، می‌تواند از طریق تغییر شرایط محیطی تنظیم گردد (دات و همکاران، ٢٠٠٠). بعضی از انواع ایزوفرم‌های محلول پراکسیداز، در شرایط تنش به‌راحتی به آپوپلاست ترشح می‌شوند. ترکیبات غشادوست، به‌ویژه SA، می‌توانند این فرایند را القا کنند. از طرف دیگر احتمال می‌رود کنترل SA بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، می‌تواند از طریق افزایش موقتی و گذرای ABA ناشی از SA باشد (شاکیرووا و همکاران، ٢٠٠٣). پیشنهاد شده که تحریک آنتی‌اکسیدان‌ها ممکن است به‌خاطر تحریک سنتز پروتئین توسط SA نیز باشد (مازن، ٢٠٠٤). داده‌ها نشان می‌دهند که SA در تنظیم

Archive of SID

www.SID.ir

فعالیت پراکسیداز شرکت کرده و پراکسیداز نیز میزان غلظت H_2O_2 درون‌سلولی را کنترل می‌کند. پیش‌تیمار یک‌روزه ذرت با SA نیز باعث افزایش فعالیت پراکسیداز گردید (شاکیروا و همکاران، ۲۰۰۳). یکی از نقش‌های پراکسیداز، تأثیر بر SA با استفاده از H_2O_2، و تولید رادیکال آزاد SA است که با اثر بر اکسیژن، تولید رادیکال اکسیژن می‌کند که با افزایش غلظت کلسیم سیتوسولی به‌عنوان یک پیک ثانویه بسیاری از پاسخ‌های دفاعی را راه‌اندازی می‌کند (کاوانو و موتو، ۲۰۰۰). توانایی SA به تحریک تولید H_2O_2، با مهار کاتالاز و فعال‌سازی پراکسیداز می‌تواند نقش مهمی در فرایندهای بیوشیمیایی مرتبط با ساخت لیگنین و سوبرین ایفا کند. این مواد نیز به تقویت ویژگی سدکنندگی دیواره سلولی، مهار رشد و افزایش مقاومت به تنش کمک می‌کنند (شاکیروا و همکاران، ۲۰۰۳).

تصور می‌شود که تأثیر SA در شرایط تنش شدید در گیاه قره‌داغ، در به راه انداختن سایر مکانیسم‌های مقاومت، غیر از افزایش اسمولیت‌ها باشد که افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و پاک‌سازی ROS از آن جمله است. به‌نظر می‌رسد SA در این گیاه، روش‌های مقرون به‌صرفه‌تر مقابله با خشکی را راه‌اندازی می‌کند تا گیاه از منابع اسمولیت برای ایجاد اجزای جدید در شرایط خشکی شدید بهره ببرد.



شکل ۲- اثر متقابل غلظت‌های (۰، ۰/۵ و ۱/۵ میلی‌مولار) اسیدسالیسیلیک بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز (الف) و پراکسیداز (ب) گیاه قره‌داغ در سطوح (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) تنش خشکی.
حروف کاملاً نامشابه تفاوت معنی‌دار ($P\leq$۰/۰۵) را نشان داده و داده‌ها میانگین ۳ تکرار ±SE است.

www.SID.ir

سپاسگزاری

بدین وسیله از همکاری و حمایت مالی حوزه معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه اراک در به انجام رسیدن این پژوهش سپاسگزاری می‌نمائیم. هم‌چنین نویسندگان مقاله از قطب تنش‌های گیاهی دانشگاه اصفهان تشکر می‌نمایند.

منابع

1.Agarwal, S., Sairam, R.K., Srivastava, G.C. and Meena, R.C. 2005. Changes in antioxidant enzymes activity and oxidative stress by abscisic acid and salicylic acid in wheat genotypes. Biologia Plantarum. 49: 541-550.

2.Amiri Deh Ahmadi, S.R., Parsa, M. and Ganjali, A. 2010. The effects of drought stress at different phenological stages on morphological traits and yield components of a chickpea (Cicer arietinum L.) under greenhouse conditions. J. Iran. Field Crop Res. 8: 1. 157-166. (In Persian)

3.Anjum, S., Xie, X.Y., Wang, L.C., Saleem, M.F., Man, C. and Wang, L. 2011. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. Afric. J. Agric. Res. 6: 9. 2026-2032.

4.Apel, K. and Hirt, H. 2004. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. Ann. Review Plant Biol. 55: 373-399.

5.Ashraf, M. and Foolad, M.R. 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environ. Experim. Bot. 59: 206-216.

6.Bates, L.S. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil. 39: 205-207.

7.Borsani, O., Valpuesta, V. and Botella, M.A. 2001. Evidence for a role of salicylic acid in the oxidative damage generated by NaCl and osmotic stress in Arabidopsis seedlings. Plant physiol. 126: 1024-1030.

8.Cakmak, I. and Marschner, H. 1992. Magnesium deficiency and high light inensity enhance activities of superoxide dismutase, Ascrobate Peroxidase, And Glutatione Reductase In Bean Leaves. Plant Physiol. 98: 4. 1222-1227.

9.Dat, J., Vandenabeele, S., Vranová, E., Van Montagu, M., Inzé, D. and Van Breusegem, F. 2000. Dual action of active oxygen species during plant stress responses. Cellular and Molecular. Life Sci. 57: 5. 779-795.

10.Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. and Smith, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Analyt. Chem. 28: 350-356.

11.Frary, A., Gol, D., Kele, D., Okmen, B., Pynar, H., Yova, O.H., Yemenicioolu, A. and Dooanlar, S. 2010. Salt tolerance in *Solanum pennellii*: antioxidant response and related QTL. Plant Biol. 6: 10-58.

Archive of SID

www.SID.ir

12.Habibi, G. 2012. Exogenous salicylic acid alleviates oxidative damage of barley plants under drought stress. Acta Biologica Szegediensis. 56: 1. 57-63.
13.Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M. and Ahmad, A. 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. Environ. Experim. Bot. 68: 14-25.
14.Horváth, E., Pál, M., Szalai, G., Páldi, E. and Janda, T. 2007. Exogenous 4-hydroxybenzoic acid and salicylic acid modulate the effect of shortterm drought and freezing stress on wheat plants. Biologia Plantarum. 51: 480-487.
15.Janda, T., Horvath, G., Szalai, G. and Paldi, E. 2007. Role of salicylic acid in the induction of abiotic stress tolerance. P 91-150, In: Hayat, S. and Ahmad, A. (eds), Salicylic Acid, A plant Hormone, Springer, Netherlands.
16.Janda, T., Szalai, G., Rios-Gonzalez, K., Veisz, O. and Páldi, E. 2003. Comparative study of frost tolerance and antioxidant activity in cereals. Plant Sci. 164: 301-306.
17.Kadioglu, A., Saruhan, N., Saglam, A., Terzi, R. and Acet, T. 2011. Exogenos salicylic acid alleviates effects of long term drought stress and delays leaf rolling by inducing antioxidant system. Plant Growth Reg. 64: 27-37.
18.Kaushik, J.K. and Bhat, R. 2003. Why is trehalose an exceptional protein stabilizer?. J. Biol. Chem. 278: 26458-26465.
19.Kawano, T. and Muto, S. 2000. Mechanism of peroxi- dase actions for salicylic acid-induced generation of active oxygen species and an increase in cytosolic calcium in tobacco suspension culture. J. Exp. Bot. 51: 685-693.
20.Khodary, S.E.A. 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plants. Inter. J. Agric. Biol. 61: 5-8.
21.Mahajan, S. and Tuteja, N. 2005. Cold, salinity and drought stresses: An overview. Archives of Biochemistry and Biophysics. Arch. Biochem. and Biophys. 44: 139-158.
22.Mazen, A. 2004. Accumulation of four metals in tissues of Corchorus olitorius and possible mechanisms of their tolerance. Biologia Plantarum. 482: 267-272.
23.Mohamed, A. and Ahmed, L. 2010. Response of wheat cultivars to drought and salicylic acid. American-Eurasian J. Agron. 3: 1-7.
24.Polle, A., Otter, T. and Seifert, F. 1994. Apoplastic Peroxidases And Lignification In Needles Of Norway Spruce Picea Abies L. Plant Physio. 106: 53-56.
25.Shahba, Z., Baghizadeh, A., Vakili, S.M.A., Yazdanpanah, A. and Yosefi, M. 2010. The salicylic acid effect on the tomato Lycopersicum esculentum Mill. sugar, protein and proline contents under salinity stress NaCl. J. Biophys. Struct. Biol. 23: 35-41.
26.Shakirova, F.M., Sakhabutdinova, A.R., Bozrutkova, M.V., Fatkhutdinova, R.A. and Fatkhutdinova, D.R. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. Plant Sci. 164: 317-322.

Archive of SID

www.SID.ir

27.Shao, H.B., Chu, L.Y., Jaleel, C.A. and Zhao, C.X. 2008. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. Comptes Rendus-Biol. 311: 215-225.
28.Singh, B. and Usha, K. 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. Plant Growth Reg. 39: 137-141.
29.Tasgin, E., Atici, O., Bantoglu, N.B. and Popova, L.P. 2006. Effects of salicylic acid and cold treatment on protein levels and on the activities of antioxidant enzymes in the apoplast of winter wheat leaves. Phytochem. 67: 710-771.
30.Waseem, M., Athar, H.U.R. and Ashrafi, M. 2006. Effect of salicylic acid applied through rooting medium on drought tolerance of wheat. Pak. J. Bot. 38: 1127-1136.
31.Xu, Y.W., Zhao, D., Lv, S.S., Yang, W.T., Chen, J.W. and Wu, W. 2011. Salicylic acid-induced physiological responses and monoterpene accumulation in Houttuynia cordata Thunb. J. Med. Plants Res. 519: 4832-4837.

Archive of SID

www.SID.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
J. of Plant Production, Vol. 20 (4), 2014
http://jopp.gau.ac.ir

Effect of salicylic acid on organic osmolites accumulation and antioxidant activity of *Nitraria shoberi* L. under drought stress Conditions

M. Bayan[1], *F. Amini[2] and M. Askari[2]
[1]M.Sc. Student, Dept. of Plant Physiology, Arak University, Arak, Iran,
[2]Assistant Prof., Dept. of Biology, Arak University, Arak, Iran
Received: 01/14/2013 ; Accepted: 09/30/2013

Abstract

Salicylic acid is a phytohormone with phenolic nature which has been proved its role in increasing plant resistance to biotic and abiotic stress in several studies. This study was performed in order to investigation of interaction between 0, 0.5 and 1.5 mM concentrations of salicylic acid, as a seed pretreatment and different levels of drought stress (100, 75, 50 and 25 percent of field capacity) on the proline and soluble carbohydrates accumulation and the catalase and peroxidase activity in *Nitraria shoberi*. Data analysed after 21 days of drought stress exerting on 45-old days seedlings showed that the carbohydrate content increased significantly about 50% and proline as much as 123% in moderate stress by high concentration of SA. But with the increase in water stress levels, was reduced the rate of this effects, insofar as the severe drought, SA could not to make a significant positive difference with the control samples. These results might be due to activation of metabolic consumption of these substances to form new cell constituents, as a mechanism to stimulate growth and or triggering other mechanisms of resistance by SA and no need to overproduction of this the substance. On the other hand SA causes 66% inhibition in the catalase activity and 50% stimulation in peroxidase activity. This event can lead to an increase of H_2O_2, which it involved in resistant as a signal molecule and also used for peroxidase activity as a precursor of lignin production and development of resistance in drought condition.

Keywords: Carbohydrate, Catalase, Peroxidase, Proline, Water deficit

* Corresponding Author, Email: f-amini@araku.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir