نشریه پژوهش‌های اکوفیزیولوژی گیاهی ایران، شماره پیاپی ۳۳، سال نهم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۳ / صفحات: ۴۵-۳۸

اثر تنش خشکی و سالیسیلات بر میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، گیاه دارویی شنبلیله

مریم نیاکان*[۱]، اکرم زنگانه[۲]

[۱] دانشیار، گروه زیست‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان، گرگان

[۲] کارشناس‌ارشد، گروه زیست‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان، گرگان

تاریخ دریافت: ۹۱/۵/۷ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۰/۶

چکیده

تنش کم آبی یکی از موانع اصلی در تولید محصولات گیاهی در بسیاری از نقاط دنیا به‌ویژه مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند ایران محسوب می‌شود. اسیدسالیسیلیک و مشتقات آن می‌توانند در سازش گیاهان در مقابل تنش‌های محیطی شرکت کرده و با سایر متابولیت‌های سلولی بر هم کنش داشته باشد. در این تحقیق اثر دو غلظت از سالیسیلات (10^{-4} و 10^{-7} مولار) تحت دو تنش خشکی ملایم (۲۵ درصد ظرفیت اشباع خاک) و شدید (۱۵ درصد ظرفیت اشباع خاک) بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی شامل کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز، پلی‌فنل اکسیداز در برگ و ریشه گیاه شنبلیله مورد ارزیابی قرار گرفت. جهت نیل به این هدف ابتدا گیاه شنبلیله (*Trigonella foenum Graecu* L.) تحت شرایط گلدانی کشت شد. در اواسط دوره رویشی گیاهان به‌مدت ۶۰ روز تحت تیمار دو سطح از تنش خشکی قرار گرفتند. همزمان با شروع اعمال تنش خشکی سالیسیلات در دو غلظت 10^{-4} و 10^{-7} مولار هفته‌ای سه بار بر روی اندام‌هوایی گیاهان محلول پاشی شد. پس از گذشت یک ماه از شروع تیمارها گیاهان جهت سنجش پارامترهای مورد نظر برداشت شدند. در این تحقیق مشخص شد اعمال تنش خشکی باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی ریشه و برگ گیاه به غیر از آنزیم آسکوربات پراکسیداز گردید. محلول پاشی سالیسیلات در غلظت‌های مختلف موجب کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی برگ و افزایش فعالیت آنها در ریشه شد.

واژگان کلیدی: آنتی‌اکسیدان‌ها، اسیدسالیسیلیک، تنش خشکی، شنبلیله

مقدمه

هنگامی که گیاهان در معرض تنش‌های محیطی قرار می‌گیرند، تعادل بین تولید گونه‌های اکسیژن فعال که شامل سوپراکسید، پراکسید هیدروژن، رادیکال‌های هیدروکسیل و اکسیژن یکتایی است و فعالیت سیستم حذف‌کننده آن‌ها بهم می‌ریزد. گونه‌های اکسیژن واکنشگر بر روی فرآیندهای پراکسیداسیون لیپیدها، تخریب پروتئین‌ها و DNA اثر می‌گذارند. حذف مولکول‌های اکسیژن واکنش‌گر توسط آنتی‌اکسیدان‌هایی با وزن مولکولی پایین نظیر آسکوربات، توکوفرول، گلوتاتیون، کاروتنوئیدها و همچنین آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی شامل کاتالاز، پراکسیداز، صورت می‌گیرد. توازن بین تولیدگونه‌های اکسیژن فعال و حذف آنها تحت شرایط تنش به‌صورت نرمال از طریق سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی

*نویسنده مسئول: mnniakan@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir

صورت می‌گیرد (Harinusul et al., 2003). گزارش شده است که ظرفیت و توانایی سیستم آنتی‌اکسیدانی می‌تواند از آسیب ناشی از تنش جلوگیری کند که این مسئله به مقاومت گیاهان به تنش مربوط می‌شود (Khan et al., 2004).

مکانیسم‌هایی که آسیب اکسیداتیو را کاهش می‌دهند ممکن است نقش ثانویه در تحمل به خشکی ایفا کنند. افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی به‌علت دفاع گیاه در مقابل ROS و محصول اصلی آن یعنی H_2O_2، است. از این رو سیستم مهار H_2O_2 برای خروج سریع این ترکیب اکسیداتیو مورد نیاز است. در سلول‌های گیاهی تعدادی از آنزیم‌ها سطوح H_2O_2 دورن سلولی را تنظیم می‌کنند؛ اما کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و گلوتاتیون ردوکتاز از جمله آنزیم‌های مهمی به‌شمار می‌روند که در حذف این ترکیب آنتی اکسیدانی نقش بسزایی دارند. تحقیقات نشان داده است آنزیم‌های آنتی اکسیدانی در بالا بردن تحمل در برابر تنش‌های محیطی شرکت دارند. افزایش این آنزیم‌ها تحت شرایط تنش در بسیاری از گونه‌ها گزارش شده است (Horvath et al., 2007؛ Eraslan et al., 2008؛ Xu et al., 2008).

سالیسیلات یک ترکیب فنلی شبه هورمون می‌باشد که به‌عنوان یک تنظیم‌کننده داخلی نقش مهمی را در مکانیسم‌های دفاع در برابر تنش‌های زنده و غیر زنده بازی می‌کند (Szalai et al., 2000). اسیدسالیسیلیک و مشتقات آن می‌توانند در سازش گیاهان در مقابل تنش‌های محیطی شرکت کرده و با سایر متابولیت‌های سلولی و عوامل محیطی برای تنظیم پاسخ‌های گیاه به تنش‌ها بر هم کنش داشته باشد. تحقیقات نشان داده است اسیدسالیسیلیک بخشی از مسیر علامت رسانی است که توسط برخی از تنش‌های زیستی و غیرزیستی القا می‌شود (Raskin, 1992).

مشخص شده است که تیمار گیاه ذرت با سالیسیلات موجب حفاظت کل گیاه در مقابل تنش دمای پایین می‌شود (Janda et al., 1999). همچنین تحقیقات نشان داده است که آسپرین و یا کوماریک اسید نیز می‌توانند نقش‌های محافظتی بر علیه تنش سرمازدگی در گیاه ذرت داشته باشند (Horvath et al., 2002). هچنین تیمار با اسید سالیسیلیک اگزوژن، باعث افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در برگ‌های گیاه جو گشته و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز در سلول‌های گیاهی را افزایش می‌دهد. از آنجایی که استرس سبب القاء تولید اکسیژن‌های فعال می‌شود، حضور این آنزیم‌ها در به کارگیری سالیسیلیک اسید می‌تواند توضیحی جهت افزایش مقاومت در مرحله جوانه‌زنی دانه باشد (Janda et al., 1999).

شنبلیله گیاه دارویی ارزشمندی است که به علت دارا بودن ترکیبات حاوی فسفر و آهن، هیدرات‌های کربن، مواد ازته، دیاستازها و غیره می‌تواند کلیه حالات ناشی از بی اشتهایی و ضعف و لاغری را از بین ببرد و در تقویت دستگاه هاضمه و بی‌نظمی‌های متلبولیسم عمومی بدن موثر است (زرگری، ۱۳۶۷).

تحقیقات نشان داده است که این گیاه نسبت به کم آبی و نیز رطوبت بالا حساس بوده و بویژه خشکی سبب کاهش شاخص‌های رشد در گیاه می‌گردد (فرح وحش و مبشر، ۱۳۸۶). با توجه به مطالب فوق بررسی اثر سالیسیلات بر میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی گیاه شنبلیله تحت استرس خشکی از جمله اهداف این تحقیق بود.

مواد و روش‌ها

نحوه کشت گلدان‌ها: در ابتدا بذر شنبلیله (*Trigonella foenum* L.cv *Graecum*) تحت شرایط گلدانی کشت شد. تا قبل از اعمال تیمارهای خشکی تمامی گلدان‌ها هنگام نیاز به آبیاری به‌طور همزمان

Archive of SID

www.SID.ir

وبه یک میزان آبیاری شدند. سپس گیاهان یک ماهه تحت تیمار دو سطح از خشکی شامل تنش ملایم (۲۵ درصد ظرفیت اشباع خاک) و دیگری تنش خشکی شدید (۱۵درصد ظرفیت اشباع خاک، شاهد) و آبیاری معمولی (۵۰ درصد ظرفیت اشباع خاک) قرار گرفتند. همزمان با شروع اعمال تنش خشکی سالیسیلات در دو غلظت 10^{-4} و10^{-7} مولار هفته‌ای سه بار بر روی اندام هوایی گیاهان محلول پاشی شد. پس از گذشت یک ماه از شروع تیمارها گیاهان جهت سنجش میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی برداشت شدند.

سنجش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی

سنجش فعالیت کاتالاز: برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز، یک گرم از اندام مورد نظر (برگ و ریشه) با ٤ میلی‌لیتر محلول عصاره‌گیری به‌مدت ۱۵ دقیقه سائیده شد تا بصورت مخلوط همگن درآید. محلول عصاره‌گیری شامل مخلوط کردن ۱/۲ گرم تریس، ۲ گرم اسیدآسکوربیک، ۳/۸ گرم بوراکس (borate Di sodium tetra)، ۲ گرم Na_2 EDTA و ۱٦/٦ گرم پلی‌اتیلن گلیکول ٦۰۰۰ در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر بود (pH=۷). سپس محلول به‌مدت ۲٤ ساعت در یخچال در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نگهداری و پس از آن به‌مدت ۳۰ دقیقه با دور ٤۰۰۰ سانتریفیوژ شدند. در مرحله بعد ۲/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات ۰/۰۵ مولار با pH=۷ و ۰/۲ میلی‌لیتر آب اکسیژنه ۳ درصد را با هم در حمام یخ مخلوط کرده سپس ۱۲ میلی‌لیتر عصاره آنزیمی تازه استخراج شده به آن اضافه گردید. تغییرات جذب در ۲٤۰ نانومتر قرائت شد فعالیت آنزیم برحسب ($ODmin^{-1}gfw$) در نظر گرفته شد (Maehly and Chance, 1995).

سنجش فعالیت پراکسیداز: از عصاره آنزیمی در آزمایش قبلی جهت تعیین فعالیت پراکسیداز استفاده شد. در این آزمایش ۲ میلی‌لیتر تامپون استات ۰/۲ مولار (pH =۵) با ۰/٤ میلی‌لیتر آب اکسیژنه ۳ درصد و ۰/۲ میلی‌لیتر بنزیدین محلول در الکل ۵۰ درجه ۰/۰۱ مولار مخلوط شد. سپس ۰/۱ میلی‌لیتر عصاره آنزیمی به آن اضافه شد. در مرحله آخر جذب نوری در طول موج ۵۳۰ نانومتر در مقابل شاهد دستگاه قرائت و فعالیت آنزیم بر حسب ($ODmin^{-1}gfw$) تعیین شد (Arrigoni et al., 1997).

سنجش فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز: جهت بررسی فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز از عصاره آنزیمی استخراج شده استفاده شد. جهت انجام آزمایش ۱/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات ۰/۲ مولار (pH=۷/۶) با ۰/٤ میلی‌لیتر پیرو گالول ۰/۰۲ مولار و ۰/۱ میلی‌لیتر عصاره آنزیمی مخلوط و در بن ماری ۲۸ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۳ دقیقه قرار گرفت. سپس تغییرات جذب در طول موج ٤۳۰ نانومتر خوانده شد. فعالیت آنزیم بر حسب ($g^{-1}FW$ $(OD.min^{-1}$ تعیین شد (Manoranajan and Bandhu-Mishra,1976).

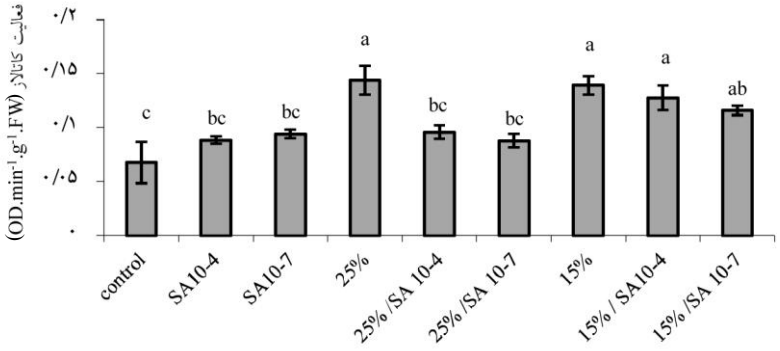
روش‌های محاسبه آماری: تجزیه و تحلیل داده‌ها از طریق واریانس دو عاملی و میانگین انجام گرفت. همچنین مقایسه بین تیمارها براساس آزمون دانکن توسط برنامه آماری SPSS برای چهار تکرار صورت گرفت و رسم نمودارها با کمک نرمافزار Excel انجام شد. نمودارها نشانگر SE±X می‌باشد.

نتایج

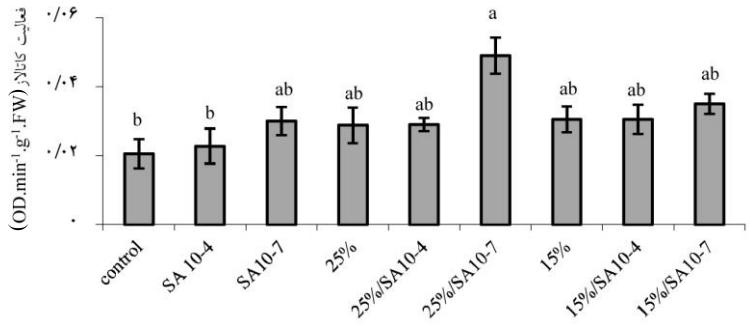
در پژوهش حاضر مشاهده گشت فعالیت کاتالاز برگ گیاه شنبلیله تحت دو تنش خشکی افزایش معنی داری داشت و با کاربرد سالیسیلات فعالیت این آنزیم بویژه در تنش ملایم خشکی کاهش یافت. در ریشه نیز اعمال تیمارهای مختلف خشکی و سالیسیلات تغییرات معنی‌داری را در میزان فعالیت این آنزیم‌ها ایجاد نکرد (شکل ۱ و۲).

Archive of SID

www.SID.ir

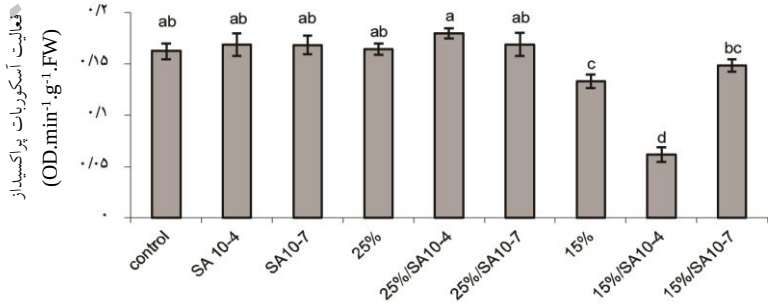


شکل ۱: اثر تیمارهای مختلف سالیسیلات (M$^{-۷}$۱۰و$^{-٤}$۱۰) و تنش خشکی ملایم (۲۵درصد ظرفیت اشباع خاک) و تنش خشکی شدید (۱۵درصد ظرفیت اشباع خاک) و اثر توأم آنها بر میزان فعالیت کاتالاز برگ گیاه شنبلیله.
control=۵۰ درصد ظرفیت اشباع خاک. میانگین‌ها با حروف مشابه از نظر آماری (P≤۰/۰۵) معنی‌دار نمی‌باشد.



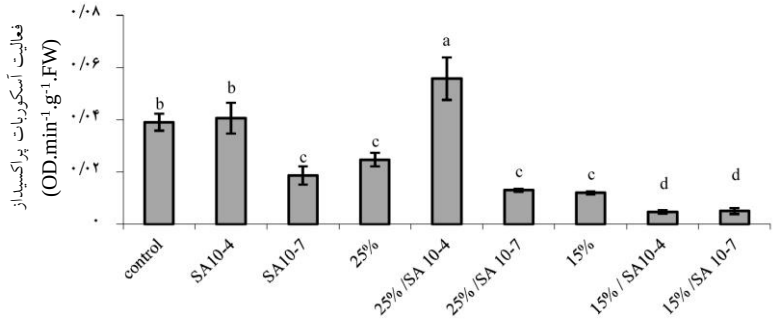
شکل ۲: اثر تیمارهای مختلف سالیسیلات (M$^{-۷}$۱۰ و$^{-٤}$۱۰) و تنش خشکی ملایم (۲۵ درصد ظرفیت اشباع خاک) و تنش خشکی شدید (۱۵ درصد ظرفیت اشباع خاک) و اثر توأم آنها بر میزان فعالیت کاتالاز ریشه گیاه شنبلیله.
control=۵۰ درصد ظرفیت اشباع خاک. میانگین‌ها با حروف مشابه از نظر آماری (P≤۰/۰۵) معنی‌دار نمی‌باشد.

میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز برگ شنبلیله تحت تنش خشکی شدید در مقایسه با سایر تیمارها کاهش معنی داری یافت و کاربرد سالیسیلات تنها در غلظت $۱۰^{-٤}$ مولار در تیمار تنش شدید خشکی موجب کاهش فعالیت آن شد. در ریشه نیز هم تنش ملایم وهم شدید موجب کاهش فعالیت آنزیم گشت و کاربرد سالیسیلات در غلظت $۱۰^{-٤}$ مولار به همراه اعمال تنش ملایم موجب افزایش قابل ملاحظه فعالیت آنزیم نامبرده گشت (شکل۳ و ٤).



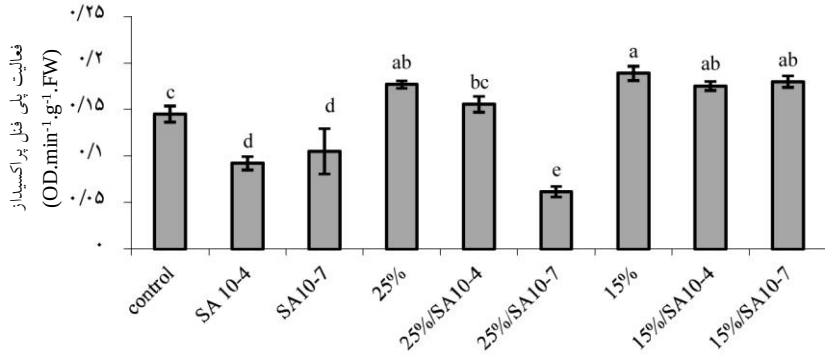
شکل ۳: اثر تیمارهای مختلف سالیسیلات (M $^{-۷}$۱۰و$^{-٤}$۱۰) و تنش خشکی ملایم (۲۵ درصد ظرفیت اشباع خاک) و تنش خشکی شدید (۱۵ درصد ظرفیت اشباع خاک) و اثر توأم آنها بر میزان فعالیت آسکوربات پراکسیداز برگ گیاه شنبلیله.
control=۵۰ درصد ظرفیت اشباع خاک. میانگین‌ها با حروف مشابه از نظر آماری (P≤۰/۰۵) معنی‌دار نمی‌باشد.

Archive of SID
www.SID.ir

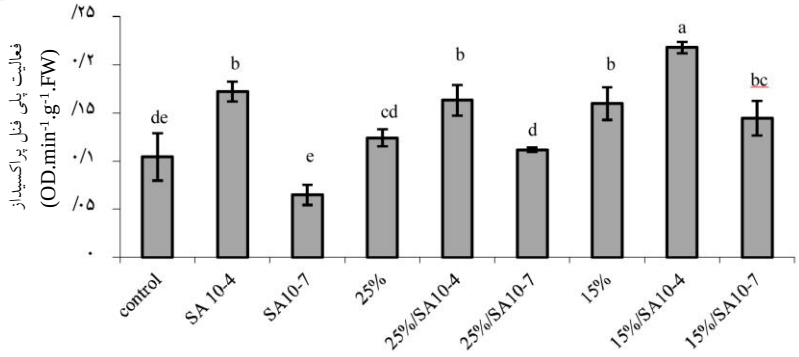


شکل٤: اثر تیمارهای مختلف سالیسیلات (M^{-7}۱۰و$^{-4}$۱۰) و تنش خشکی ملایم (۲۵ درصد ظرفیت اشباع خاک) و تنش خشکی شدید (۱۵ درصد ظرفیت اشباع خاک) و اثر توأم آنها بر میزان فعالیت آسکوربات پراکسیداز ریشه گیاه شنبلیله.
control=۵۰ درصد ظرفیت اشباع خاک. میانگین‌ها با حروف مشابه از نظر آماری (P≤۰/۰۵) معنی‌دار نمی‌باشد.

مطابق با نتایج بدست آمده فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز نیز در برگ تحت تاثیر تنش‌های ملایم و شدید در مقایسه با شاهد افزایش معنی‌داری یافت در صورتی که در ریشه این افزایش تنها در تنش شدید مشاهده شد. در برگ کاربرد سالیسیلات در غلظت $^{-7}$۱۰ مولار به همراه تنش ملایم خشکی موجب کاهش معنی‌دار فعالیت آنزیم شد. در ریشه کاربرد سالیسیلات در غلظت $^{-7}$۱۰ مولار هم در تنش ملایم و هم شدید موجب افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم گشت (شکل ۵ و ٦).



شکل ۵: اثر تیمارهای مختلف سالیسیلات (M^{-7}۱۰و$^{-4}$۱۰) و تنش خشکی ملایم (۲۵ درصد ظرفیت اشباع خاک) و تنش خشکی شدید (۱۵ درصد ظرفیت اشباع خاک) و اثر توأم آنها بر میزان فعالیت پلی فنل اکسیداز برگ گیاه شنبلیله
Control =۵۰ درصد ظرفیت اشباع خاک. میانگین‌ها با حروف مشابه از نظر آماری (P≤۰/۰۵) معنی‌دار نمی‌باشد.



شکل ٦: اثر تیمارهای مختلف سالیسیلات (M^{-7} ۱۰و$^{-4}$ ۱۰) و تنش خشکی ملایم (۲۵ درصد ظرفیت اشباع خاک) و تنش خشکی شدید (۱۵ درصد ظرفیت اشباع خاک) و اثر توأم آنها بر میزان فعالیت پلی فنل اکسیداز ریشه گیاه شنبلیله.
control=۵۰ درصد ظرفیت اشباع خاک. میانگین‌ها با حروف مشابه از نظر آماری (P≤۰/۰۵) معنی‌دار نمی‌باشد.

www.SID.ir

بحث

تنش خشکی، یکی از مهمترین تنش‌های محیطی است که می‌تواند خصوصیات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی گیاهان را تغییر دهد و رشد و نمو گیاهان را محدود کند (El-Tayeb and Ahmed, 2010)؛ همچنین باعث انباشتگی گونه‌های واکنشگر اکسیژن و ترکیبات اکسیدانی شده و منجر به ایجاد تنش اکسیداتیو در گیاهان شود (Parida and Das, 2005؛ Song et al., 2008). تحقیقات نشان داده است گیاهان با فعال نمودن سیستم‌های آنتی اکسیدانی به تنش پاسخ می‌دهند. در این راستا افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی جهت مقابله با استرس اکسیداتیو ناشی از تنش‌های محیطی در گیاهان مختلف گزارش شده است. به‌عنوان مثال مشخص شده است فعالیت کاتالاز برای رفع سمیت پراکسید هیدروژن که تحت شرایط تنش ایجاد می‌شود بسیار ضروری است زیرا از خسارت‌های حاصل از تنش اکسیداتیو جلوگیری می‌کند (Kleff et al., 1994).

تحقیقات نشان داده است که میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان در مقایسه با شاهد در گندم ترانس ژنی که تحت تنش خشکی قرار گرفته بود افزایش یافت (Csiszar et al., 2005). همچنین با استفاده از پلی اتیلن گلیکول بر روی برگ‌های اولیه گندم مشاهده گشت که میزان فعالیت آنزیم‌های سوپراکسیددیسموتاز و گلوتاتیون همچنین میزان آنزیم آسکوربات پراکسیداز تحت تنش شدید افزایش یافته در صورتیکه میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در ابتدا افزایش و به مرور کاهش می‌یابد (Baisak et al., 1994).

از سوی دیگر تحقیقات نشان داده است تیمار با اسیدسالیسیلیک اگزوژن، باعث افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در برگ‌های جو شده و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز در سلول‌های گیاهی افزایش می‌یابد (Janda et al., 1999). همچنین گزارش شده است میزان فعالیت آنزیم کاتالاز برگ‌های دانه رست‌های ۱۰ روزه دو رقم گندم تحت تیمار سالیسیلات ۰/۱mM افزایش یافته در صورتی که سالیسیلات با غلظت ۰/۰۱mM موجب کاهش فعالیت کاتالاز شده است (Nalbantogln and Atici, 2008).

اسید سالیسیلیک به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان را فعال می‌کند. اسیدسالیسیلیک می‌تواند به‌عنوان یک سوبسترای دهنده الکترون برای کاتالاز و پراکسیداز عمل نماید (Janda et al., 1999). با توجه به نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر می‌توان چنین استنباط کرد که فعالیت کاتالاز برگ تحت شرایط تنش خشکی جهت بالارفتن مقاومت گیاه به تنش افزایش یافته که در پی تیمار گیاه با سالیسیلات فعالیت آن روند نزولی را طی نمود. در این رابطه می‌توان مسئله فوق را به خواص آنتی‌اکسیدانی اسیدسالیسیلیک جهت افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش‌های محیطی نسبت داد. از سوی دیگر حساسیت آنزیم‌های کاتالازی برگ و ریشه هم نسبت به تنش‌های خشکی اعمال شده و هم به مقادیر سالیسیلات کاربردی متفاوت می‌باشد.

کاربرد سالیسیلات موجب تغییر فعالیت آسکوربات پراکسیداز در تنش شدید و پلی‌فنل اکسیداز در تنش ملایم در برگ شد در ریشه نیز محلول پاشی با سالیسیلات موجب افزایش فعالیت آسکوربات پراکسیداز در غلظت 10^{-4} مولار در تنش ملایم و موجب کاهش آن در تنش شدید شد. همچنین کاربرد سالیسیلات در غلظت نامبرده فعالیت پلی‌فنل اکسیداز را افزایش داد.

طبق بررسی انجام گرفته بر روی اثرات پیش تیمار گوجه‌فرنگی با غلظت‌های پایین سالیسیلات مشخص شد که گیاه می‌تواند تنش شوری ۱۰۰ mM، NaCl و تنش اسمزی ناشی از ۱۰۰ mOsm، پلی‌اتیلن گلیکول را تحمل نماید و این سازش در گیاه فوق از طریق افزایش

Archive of SID

www.SID.ir

متابولیسم آنتی‌اکسیدان‌ها و تنظیم اسمزی به‌وجود آمده است (Ananiva et al., 2002). پیش تیمار سالیسیلات موجب کاهش فعالیت کاتالاز هم در ریشه‌ها و هم در برگ‌ها می‌شود ولی فعالیت سایر آنزیم‌های مرتبط با دفاع آنتی‌اکسیداتیو مثل سوپر اکسید دیسموتاز، پراکسیداز، آسکوربات پراکسیداز و گلوتاتیون ردوکتاز در غلظت 10^{-7} مولار یا 10^{-4} مولار سالیسیلات تغییر می‌یابد (Ashrafuzzaman et al., 2002).

امروزه توانایی اسیدسالیسیلیک جهت تحریک اثر حمایتی روی گیاهان تحت تنش ثابت شده است. یافته‌های متقاعد کننده‌ای در مورد افزایش مقاومت گیاهچه‌های گندم به شوری (Shakirova and Sahabutdinova, 2003)، مقاومت ذرت به حرارت پایین (Senaratna et al., 2000) در حضور اسیدسالیسیلیک به‌دست آمده است. اگرچه بیشتر پژوهش‌های انجام گرفته در مورد نقش اسیدسالیسیلیک در تنش‌های زیستی بوده است اما چندین پژوهش نشان داده‌اند که اسیدسالیسیلیک نقش مهمی در تنظیم پاسخ گیاه به چندین تنش غیرزیستی همانند خشکی، شوری، UV، سرما و گرما دارد (Raskin, 1992).

نتایج حاصل از یک تحقیق نشان داد کاربرد سالیسیلات اگزوژنی باعث افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه بخصوص اسیدآسکوربیک و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نسبت به گیاهان شاهد در طی دوره خشکی گردید. مطابق با نتایج این تحقیق افزایش در میزان اسیدآسکوربیک و به دنبال آن افزایش فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و پراکسیداز ممکن است با القاء پاسخ‌های آنتی‌اکسیدانی که موجب حفظ گیاه در برابر خسارت اکسیداتیو می‌گردند، مرتبط باشد. (Dey et al., 2007). گزارش شده است تیمار سالیسیلیک اسید فعالیت کاتالاز را در گوجه فرنگی کاهش داد (Senaratna et al., 2002) و به‌طور مشابهی سبب بازدارندگی فعالیت کاتالاز توسط سالیسیلیک اسید در این گیاه شد (Chen et al., 1993).

نتیجه‌گیری نهایی

در این تحقیق مشخص شد اعمال تنش خشکی باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی ریشه و برگ گیاه به غیر از آنزیم آسکوربات پراکسیداز گردید. محلول پاشی سالیسیلات در غلظت‌های مختلف موجب کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی برگ و افزایش فعالیت آنها در ریشه در شرایط تنش شد. با توجه به نتایج بدست آمده مشخص شد حساسیت فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی برگ و ریشه به سطوح مختلف خشکی و نیز مقادیر سایسیلات به کار گرفته شده در این تحقیق متفاوت بود.

منابع

زرگری، ع. (۱۳٦۷). کتاب گیاهان دارویی (جلد دوم). چاپ موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران. چاپ چهارم. صفحات ٦٤٢-٦٣٧.

فرح‌وحش، ف.، مبشر، م. (۱۳۸٦). تکنولوژی مدرن تولید سبزی. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز. صفحات ٤٣٢ -٤٣٦.

Ananieva, E.A., Alexieva, V.S. and Popova, L.P. (2002). Treatment with salicylic acid decreases the effects of paraquate on photosynthesis. Journal of Plant Physiology. 159: 685-693.

Arrigoni, O., Calabrese, G., De Gara, L., Bitonti, M.B. and Liso, R. (1997). Correlation between changes in cell ascorbate and growth of *Lupinus albus* seedling. Journal of Plant Physiology. 150: 302-308.

Ashrafuzzaman, M., Khan, M.A.H. and Shahidullah, S.M. (2002). Vegetative growth of maize (*Zea mays*) as affected by range of salinity. Crop Research Hisar. 24: 286-91.

Baisak, R., Rana, D., Acharya, R.B.B., and Kar, M. (1994). Alternations in the activities of active oxygen scavenging of

Archive of SID

www.SID.ir

wheat leaves of *Oryza sativa* during drought. Journal of .Experimental of Botany, 48: 2075-2085.

Chance, B. and Maehly, C. (1995). Assay of catalase and peroxidase. Methods of Enzymology. 11:764-755.

Chen, Z., Ricigliano J.R., and Klessig D.F. (1993). Purification and characterization of a soluble salicylic acid binding protein from tobacco. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (USA). 90: 9533-9537.

Csiszar, J., Feher-Juhasz, E., Kotai, E., Ivankoits-Kiss, O., Harvath, G.V., Mai, A., Galle, A., and Tari, I. (2005). Effects of osmotic stress on antioxidant enzyme activities in transenic wheat calli bearing Ms ALRGene Acta Biological Szegediensis. 49(1): 49-57.

Dey, S.K., Dey, J., Patra, S. and Pothal, D. (2007). Changes in antioxidative enzyme activity and lipid peroxidation in wheat seedlings exposed to cadmium and lead stress. Brazilian. Journal of Plant Physiology, 19(1): 53-60.

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.

Eraslan, F., Inal, A., Pilbeam, D.J., and Gunes, A. (2008). Interactive effects of salicylic acid and silicon on oxidative damage and antioxidant activity in spinach (*Spinacia oleracea* L. cv. Matador) grown under boron toxicity and salinity. Plant Growth Regulation, 55: 207-219.

Harinasut, P., Poonsopa, D., Roengmongkol, K. and Charoensataporn, R. (2003). Salinity effects on antioxidant enzymes in mulberry cultivar. Science Asia, 29:109-113.

Horvath, E., Janada, T., Szalai, G. and Paldi, E. (2002). In vitro salicylic acid inhibition of catalase activity in maize: differences between the isoenzymes and a possible role in the induction of chilling tolerance. Plant Science. 163:1129-1135.

Horvath, E., Szalai, G., and Janda, T. (2007). Induction of abiotic stress tolerance by salicylic acid signaling. J. Plant Growth Regulation, 26: 290-300.

Janda, T., Szalai, G., Tari, I. and Paldi, E. (1999). Hydroponic treatment with salicylic acid decreases the effects of chilling injury in maize (*Zea mays* L.) plants. Planta. 208:175-180.

Khan, M.A., Gul, B. and Wecer, D.J. (2004). Action of plant growth regulators and salinity on seed germination of ceratoides lanata. Botany and Range Science, 82:17-42.

Kleff, S., Trelease, R.N. and Eising, R. (1994). Nucleotide and deduced amino acid sequence of a putative higher molecular weight precursor for catalase in sunflower cotyledons. Biochemical and Biophysical Acta, 1224: 463-466.

Manoranjan, K. and Bandhu-Mishra, D. (1976). Catalase, peroxidase and poly phenol oxidase activities during rice leaf senescence. Plant Biochemistry and Enzymology. 57: 315-319.

Nalbantoglu, B. and O. Atici, M. (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.

Parida, A.K., and Das, A.B. (2005). Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Cotoxicology and Environmental Safety. 60: 324-349.

Raskin, I. (1992). Salicylate, A new plant hormone. Plant Physiology. 99:799-803.

Shakirova, F.M. and Sahabutdinova, D.R. (2003). Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. Plant Science. 164: 317-322.

Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, E., 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.

Song, W.Y., Zhang, Z.B., Shao, H.B., Guo, X.L., Cao, H.X., Zhao, H.B., Fu, Z.Y., and Hu, X.J. (2008). Relationship between calcium decoding elements and plant abiotic-stress resistance. International Journal of Biological Sciences, 4(2): 116-125.

Szalai, G., Tari, I., Janda, T., Pestenacz, A. and Paldi, E. (2000). Effect of cold acclimation ans salicylic acid on changes in ACC and MACC contents in maize during chilling. Biolgia Plantarum. 43:637-640.

Xu, Q., Xu, X., Zhao, Y., Jiao, K., Herbert, S.J., and Hao, L. (2008). Salicylic acid, hydrogen peroxide and calcium induced saline tolerance associated with endogenous hydrogen peroxide homeostasis in naked oat seedlings. Plant Growth Regulation, 54:249-259.

Archive of SID

www.SID.ir