به‌زراعی کشاورزی
دوره ۱۹ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۳۹۶
صفحه‌های ۸۶۵-۸۵۳

اثر اسیدسالیسیلیک بر برخی صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی کدوی طبی (*Cucurbita pepo* L. var . Styriaca) تحت تنش خشکی

حسین ربی‌انگورانی[۱]*، جابر پناهنده‌ینگجه[۲]، صاحبعلی بلندنظر[۲]، جلال صبا[۳]، فریبرز زارع‌نهندی[۲]

۱. دکتری، گروه علوم باغبانی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
۲. دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
۳. استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۵/۰۴/۲۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۸/۰۵

چکیده

یکی از مهمترین پیامدهای تنش خشکی تنش اکسیداتیو است. اسیدسالیسیلیک ترکیبی فنلی است که به‌عنوان تنظیم‌کنندهٔ رشد در القاء مقاومت به خشکی عمل می‌کند. در این مطالعه به‌منظور بررسی تأثیر اسیدسالیسیلیک بر برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و برخی صفات بیوشیمیایی گیاه کدوی طبی تحت‌تنش، آزمایشی در سال ۱۳۹۳ در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشگاه زنجان اجرا شد.آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار شامل تنش خشکی در چهار سطح شاهد (آبیاری کامل)۱۰۰ درصد، تنش ملایم۸۵ درصد، تنش متوسط ۷۰ درصد وتنش شدید ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه و اسیدسالیسیلیک به‌صورت محلول‌پاشی برگی در چهارسطح صفر= محلول‌پاشی با آب مقطر، ۰/۵، ۱و ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر بود. صفات مورد ارزیابی شامل آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز محتوی پرولین ومالون‌دی‌آلدئید (شاخص پراکسیداسیون غشایی)، بتاسیتوسترول و عملکرد روغن بودند. نتایج نشان داد که افزایش سطوح تنش خشکی عملکرد روغن را کاهش داد اما در مقابل موجب افزایش بتاسیتوسترول و پراکسیداسیون غشایی و نشت یونی و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نظیر کاتالاز و پراکسیداز شد.از طرف دیگر اسیدسالیسیلیک در سطوح ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم در لیتر از طریق افزایش بیشتر فعالیت آنزیم های کاتالاز و پراکسیداز و تجمع پرولین، تنش اکسیداتیو و پراکسیداسیون غشایی و نشت‌یونی را کاهش داد ولی موجب افزایش متوازن عملکرد روغن و بتاسیتوسترول در شرایط تنش ملایم و متوسط شد. این نتایج بیانگر افزایش مقاومت گیاه به خشکی در نتیجهٔ کاربرد اسیدسالیسیلیک است.

کلیدواژه‌ها: بتاسیتوسترول، پراکسیداز، پرولین، تنش اکسیداتیو، عملکرد روغن.

* نویسنده مسئول
Email: Rabbihosein@Gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

۱. مقدمه

کدوی طبی یا کدوی پوست کاغذی (*Cucurbita pepo* L. var . Styriaca) گیاهی علفی، یک‌ساله و متعلق به تیره کدوئیان است [۲] که روغن و مادهٔ مؤثرهٔ آن (بتاسیتوسترول) کاربرد وسیعی در پیشگیری از سرطان پروستات و درمان سوزش مجاری ادراری دارد [۱و۳]. تنش خشکی از مهمترین عوامل محیطی کاهش رشد و عملکرد گیاهان در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا محسوب می‌شود [۳۳]. خشکی از ویژگی‌های بارز جغرافیای کشور ایران است و اکثر کشت های مهم کشور در مناطقی تحت تأثیر کم آبی قرار دارند[۲]. آثار این تنش درگیاهان دارویی شامل کاهش قطعی عملکرد اقتصادی است که در بیشتر موارد همراه با افزایش کمیت و کیفیت مواد مؤثره است[۲]. لذا می توان با بهره برداری صحیح از منابع آب به همراه شیوه‌های صحیح به‌زراعی و بررسی آثار مواد تنظیم کنندهٔ رشد بین عملکرد اقتصادی و افزایش کیفیت مواد مؤثره تعادل ایجاد کرد و تهدید تنش خشکی را به فرصتی برای افزایش متوازن تولید و کیفیت مواد مؤثره کرد [۲]. لذا به نظر می رسد شرایط تنش باعث شکل‌گیری رادیکال سوپر اکسید O_2 و پراکسیدهیدروژن H_2O_2 و رادیکال هیدروکسیل OH می شوند که گونه‌های فعال اکسیژن[1](ROS) نامیده می‌شوند [۲۷]. فعالیت این گونه ها باعث بروز صدماتی همچون اکسید شدن چربی ها و تغییر ساختار غشاء و از هم پاشیدگی یکپارچگی آن می شود[۱۶] و همچنین تغییر ساختار پروتئین ها و غیرفعال شدن آنزیم‌ها، بی‌رنگ شدن یا از بین رفتن رنگدانه‌هایی مثل کلروفیل و اختلال در آنها می شود[۲۴]. تنش خشکی تعادل بین تولید گونه‌های واکنش پذیر اکسیژن و از بین بردن آن‌ها را به هم می‌زند. مقدار ROS در سلول بستگی به سرعت تولید شدن آن‌ها، سرعت واکنش آن‌ها با مولکول های هدف نظیر پروتئین ها، لیپیدها یا اسیدهای نوکلئیک، سرعت تجزیه، و یا خنثی شدن آن ها توسط آنزیم‌ها یا مولکول‌های آنتی‌اکسیدان غیرآنزیمی دارد [۴۰]. گیاهان برای مقابله با ROS دارای سیستم دفاعی آنتی اکسیدانی هستند که در شرایط طبیعی بین میزان تولید ROS و فعالیت مکانیسم های از بین برنده ROS تعادل وجود دارد، اما در تنش‌های محیطی این تعادل به هم می‌خورد و موجب تنش‌اکسیداتیو در گیاهان می‌شود [۶]. کاهش تنش‌اکسیداتیو و افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی اغلب به یک سیستم دفاع آنتی اکسیدان قوی مرتبط است[۱۸].

اسیدسالیسیلیک تنظیم‌کنندهٔ رشد درون‌زا (اندوژن) است که ماهیت فنلی دارد[۲۰] و نقش مهمی در جذب و انتقال یون‌ها و میزان فتوسنتز ایفا می کند که سنتز ترکیبات آنتی‌اکسیدان را طی تنش‌های محیطی تنظیم می‌کند[۳۷]. این امر در ایجاد تحمل برابر تنش خشکی در گیاهان مؤثر است[۱۶]. با توجه به تأثیر سیستم آنتی اکسیدان در فرآیند خنثی‌سازی آثار تنش اکسیداتیو ناشی از خشکی در دو گیاه لوبیا و گوجه‌فرنگی نشان دادند که کاربرد اسیدسالیسیلیک به‌صورت خارجی در شرایط تنش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان از جمله سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز را بهبود می‌بخشد [۳۵]. محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک درشرایط تنش خشکی در گیاه رازیانه، افزایش آنزیم های آنتی‌اکسیدان و عملکرد اسانس و کاهش خسارت اکسیداتیو را به دنبال داشته است[۴]. با توجه به اینکه احتمال دارد که کاربرد برون زای اسیدسالسیلیک نیز بتواند در کاهش تنش خشکی نقش داشته باشد. لذا هدف این تحقیق بررسی اثر محلول‌پاشی با اسیدسالیسیلیک بر فعالیت برخی آنزیم های آنتی اکسیدان، عملکرد روغن و مادهٔ مؤثرهٔ گیاه کدوی طبی در شرایط تنش خشکی‌بود.

1. Reactive oxygen speices(ROS)

Archive of SID
www.SID.ir

۲. مواد و روش‌ها

در این تحقیق از رقم کدوی طبی کاکایی شرکت دارویی زردبند با منشاء کشور مجارستان استفاده شد، آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سال ۱۳۹۳ درمزرعهٔ تحقیقاتی دانشگاه زنجان با خاکی با بافت لومی رسی واقع در عرض شمالی ۳۶ درجه و ۴۱ دقیقه و طول شرقی ۴۸ درجه و ۲۱ دقیقه و ارتفاع ۱۶۲۰ متر از سطح دریا، در سه تکرار با بررسی اثر دو عامل هر یک در ۴ سطح، (مجموعاً ۱۶ تیمار) طراحی شد، هر کرت شامل پنج خط کاشت چهار متری با فاصله کاشت ۱۵۰ در ۵۰ سانتی‌متر و عمق کاشت سه سانتی‌متر در تاریخ دهم خرداد کشت شد (فواصل کرت‌ها ازهم دو متر و تکرارها چهار متر بود) و عامل اسیدسالیسیلیک شامل محلول پاشی برگی (صفر=محلول‌پاشی با آب مقطر، ۰/۵، ۱و ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر) [۶، ۱۹و۴۰] و تنش خشکی نیز در (شاهد=۱۰۰درصد ظرفیت زراعی آبیاری کامل)، (تنش ملایم=۸۵ درصد ظرفیت زراعی)، (تنش متوسط= ۷۰درصد ظرفیت زراعی) و(تنش شدید =۵۵درصد ظرفیت زراعی) [۲۴]، که معادل پتانسیل ماتریک‌های ۰/۱- ،۰/۵- ،۱- و۱/۵- مگاپاسکال تنظیم شده بودند [۲۲و۳۰]. اعمال تیمار تنش خشکی با شروع ظهور گل ها صورت گرفت و برای دستیابی به سطوح مختلف تنش خشکی در خاک، از روش پرهیز از آبیاری استفاده شد[۲۲]. بدین صورت که کرت های آزمایشی پس از انجام آبیاری و رسیدن مقدار رطوبت خاک به سطح ظرفیت مزرعه، دیگر آبیاری نشدند، برای اندازه گیری میزان رطوبت خاک و تعیین زمان آبیاری. مقدار آب قابل دسترس موجود در خاک با اندازه گیری رطوبت حجمی به‌وسیلهٔ دستگاه تی‌دی‌آر[1] و به استناد به منحنی های رطوبت خاک، تعیین و بر مبنای آن، مقدار آب موجود در خاک بر اساس ظرفیت زراعی مزرعه برای تیمارهای مختلف، محاسبه شد[۳۰]، به منظور اطمینان از صحت محاسبهٔ مقادیر رطوبت خاک، به صورت موردی از روش وزنی نیز استفاده شد[۵]. محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک در زمان گلدهی ۸۵ درصد از گل‌های مزرعه در ساعات نخستین صبح پس از نایلون‌کشی کرت های مجاور برای عدم اختلاط تیمارها انجام شد[۱۹] و مقدار آن به اندازه‌ای بود که به حد ریزش قطرات محلول بعد از خیسی کامل برگ‌ها رسید[۱۵،۶و۲۰]، لازم به‌ذکر است در طول آزمایش تمامی عوامل زراعی به‌صورت یکنواخت اعمال شده و از سیستم آبیاری قطره‌ای در کنترل و مدیریت بهتر آبیاری استفاده شد[۲۴]. نمونه‌برداری از برگ ۷۲ ساعت بعد از تیمار با اسید سالیسیلیک از برگ مقابل گره ۱۴ گیاهان انتخاب شد [۳۴] و به سرعت در نیتروژن مایع منجمد شدند و تا زمان تجزیه و بررسی در دمای ۸۰- درجهٔ سانتی گراد قرار گرفتند[۱۳و۲۴].

عصاره‌گیری به‌منظور سنجش فعالیت آنزیمی

۰/۱ گرم از نمونهٔ برگی را در هاون چینی با نیتروژن مایع به‌طور کامل پودر کرده و ۱ میلی لیتر بافر فسفات‌پتاسیم (اسیدیتهٔ ۷ و ۵۰ میلی مولار) حاوی پلی‌وینیل پیرولیدین ۱درصد، EDTA ۱میلی‌مولار ، ۱/۰ درصد Tritox x-100و ۵ میلی مولار آسکوربات به آن اضافه شد. محلول حاصل به مدت ۱۵ دقیقه دمای ۴ درجه سانتیگراد در ۱۰۰۰۰ دور سانتریفیوژ و محلول شفاف رویی به‌عنوان عصاره آنزیمی توسط کاغذ صافی فیلتر و جدا شدند سنجش‌های آنزیمی در مایع رویی با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (perkinelmer,lambada)25 usa uv/vis و در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد اتاق انجام پذیرفت[۱۳].

1 .Time Domain Reflectometry

Archive of SID
www.SID.ir

۱.۲. اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز

مخلوط واکنش برای تعیین فعالیت آنزیم پراکسیداز شامل بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار، ۱۰ میلی‌مول گایاکول و ۱۵ میلی‌مول پراکسیدهیدروژن و ۵۰ میکرولیتر عصارهٔ آنزیمی بود. میزان جذب در طول موج ۴۷۰ نانومتر به مدت دو دقیقه قرائت شد. محلول شاهد شامل تمامی این مواد به جز عصارهٔ آنزیمی بود. فعالیت آنزیم پراکسیداز به‌عنوان میزان تتراگایاکول تشکیل شده در یک دقیقه در هر میلی‌گرم پروتئین و با استفاده از ضریب خاموشی(mM^{-1} ε=۲۶/۶cm^{-1}) محاسبه شد[۱۳].

۲.۲. اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز

مخلوط واکنش برای تعیین فعالیت کاتالاز شامل بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار، ۱۵ میلی‌مولار پراکسیدهیدروژن و ۵۰ میکرولیتر از عصارهٔ آنزیمی بود. پس از اضافه کردن عصارهٔ آنزیمی میزان جذب در طول موج ۲۴۰ نانومتر به مدت دو دقیقه توسط اسپکتروفتومتر ثبت شد. فعالیت کاتالاز با استفاده از ضریب خاموشی (ε= 39.4 mM^{-1} cm^{-1}) به صورت میکرومول پراکسیدهیدروژن تجزیه شده در دقیقه در هر میلی‌گرم پروتئین بیان شد[۷].

۳.۲. پرولین

برای سنجش محتوی پرولین برگ نمونه‌ها بعد از آماده‌سازی هم‌زمان با نمونه‌های استاندارد در دستگاه اسپکتروفتومتر قرار گرفتند و جذب در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت شد. غلظت پرولین برحسب میلی گرم بر گرم بافت تازه برگ با استفاده از منحنی استاندارد تعیین شد [۹].

۴.۲. پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی [تعیین محتوی مالون‌دی‌آلدئید]

برای اندازه‌گیری این صفت از مالون‌دی‌آلدئید به‌عنوان فرآوردهٔ نهایی پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی انجام گرفت. میزان جذب این ماده در طول موج ۵۳۲ نانومتر تعیین و جذب ناویژه در ۶۰۰ نانومتر از آن کسر شد. تعیین غلظت مالون‌دی‌آلدئید با استفاده از ضریب تصحیح (μ ε =۱۵۵mol^{-1} cm^{-1}) محاسبه و براساس واحد میکرومول بر گرم وزن تر ($\mu mol\ g^{-1}\ FW$) بیان شد[۱۸] .

۵.۲. درصد نشت الکترولیت

به این منظور نمونه‌های یک گرمی برگ بلافاصله بعد از برداشت به آزمایشگاه منتقل و پس از خرد شدن و شستشو با آب مقطر، ۱۰ سی‌سی آب مقطر به هر نمونه در ویال‌های جداگانه اضافه و آنها را در دمای ۱۰ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت در داخل انکوباتور قرار داده و پس از طی زمان و رساندن دمای نمونه ها به دمای تعادل آزمایشگاه میزان هدایت الکتریکی L_T هر نمونه با استفاده از دستگاه هدایت سنج اندازه گیری شد، در مرحلهٔ بعد نمونه‌ها در دمای ۱۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه اتوکلاو شده و سپس نمونه ها از اتوکلاو خارج و پس از رسیدن به دمای تعادل آزمایشگاه میزان هدایت الکتریکی L_o نمونه‌ها مجدداً اندازه‌گیری شد و سپس با استفاده از رابطهٔ ذیل میزان نشت الکترولیت محاسبه شد[۲۵].

$$\text{درصد نشت الکترولیت [EL]} = \frac{L_T}{L_o} \times ۱۰۰$$

۶.۲. استخراج روغن و اندازه گیری عملکرد روغن و محتوی بتاسیتوسترول

از نمونه بذرهای برداشت شده پس از آسیاب کردن ۱۰ گرم نمونهٔ بذر تصادفی از هر تیمار عمل استخراج روغن توسط دستگاه سوکسوله و حلال ان هگزان انجام گرفت، پس از محاسبهٔ درصد روغن عملکرد روغن از حاصلضرب عملکرد دانهٔ کرت (پس از حذف حاشیه ها) به درصد روغن و تبدیل آن به هکتار برحسب کیلوگرم در هکتار گزارش شد. هر نمونه برای تعیین یکی از مهمترین مواد مؤثرهٔ روغن کدو

Archive of SID
www.SID.ir

تخم کاغذی محتوی بتا سیتوسترول طیف جذبی نمونهٔ روغن‌ها به‌وسیلهٔ استاندارد بتاسیتوسترول و دی‌کلرومتان خالص در طول موج ۲۳۱/۵ نانومتر قرائت شد[۱۱].

محاسبات آماری

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، از نرم افزار آماری SAS نسخهٔ ۹/۱ استفاده شد و مقایسه های میانگین ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام گرفت.

۳. نتایج و بحث

۱.۳. فعالیت آنزیم پراکسیداز

طبق نتایج جدول تجزیه واریانس(جدول۱) تنش خشکی و محلول‌پاشی اسیدسالسیلیک و اثر متقابل این دو فاکتور در سطح یک درصد اثر معناداری برفعالیت این آنزیم داشتند. با افزایش سطوح تنش خشکی میزان فعالیت افزایش یافت (جدول۲). به‌طوری‌که بیشترین فعالیت آنزیم در اعمال تنش شدید در سطح ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه حاصل شد. از طرفی محلول‌پاشی گیاهان با اسیدسالیسیلیک توانست تأثیر مثبتی بر فعالیت آنزیم داشته باشد به نحوی که کاربرد خارجی ۰/۵ و ۱ میلی گرم در لیتر اسید سالیسیلیک فعالیت آنزیم پراکسیداز را در سطوح تنش خشکی ۷۰ درصد ظرفیت مزرعه بیشتر از گیاهانی که فقط تحت تنش خشکی بودند افزایش داد (جدول۲). آنزیم پراکسیداز در تجزیهٔ پراکسید هیدروژن به آب و اکسیژن نقش دارد[۲۷]. به نظر می رسد افزایش میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز نشان‌دهندهٔ تلاش گیاه در غلبه بر پراکسید هیدروژن است[۲۷]، ولی فعالیت آنزیم در کاربرد تیمار ۱/۵ میلی گرم در لیتراسید سالسیلیک با کاهش نسبت به تیمارهای قبل همراه بود که احتمالاً ناشی از سمیت این ماده در غلظت بالا است. تأثیر سیستم آنتی اکسیدان در فرآیند خنثی سازی آثار تنش اکسیداتیو ناشی از خشکی با بکار بردن اسیدسالیسیلیک به‌صورت خارجی در شرایط تنش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان از جمله پراکسیداز را در گیاه لوبیا و گوجه‌فرنگی بهبود بخشید[۳۵]، مشخص شده است کاربرد اسیدسالیسیلیک در گیاهان گوجه‌فرنگی تحت تنش شوری و نخود تحت تنش گرما با تأثیر بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مانند کاتالاز، سوپر اکسید دیسموتاز، پراکسیدازها و متابولیت‌هایی مانند اسکوربیک‌اسید آثار ناشی از تنش را کاهش داد [۱۲و۳۶].

۲.۳. فعالیت آنزیم کاتالاز

طبق نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول۱) تنش خشکی و محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک هرکدام در سطح آماری ۱ درصد واثر متقابل این دو فاکتور در سطح ۵ درصد اثر معناداری برفعالیت این آنزیم کاتالازداشتند. با افزایش شدت تنش فعالیت آنزیم کاتالاز روند افزایشی داشت. به‌طوری‌که بیشترین فعالیت آنزیم در تیمار تنش در ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه حاصل شد(جدول۲).

محلول‌پاشی گیاهان با اسیدسالیسیلیک توانست تأثیر مثبتی بر فعالیت آنزیم داشته باشد به نحوی که کاربرد خارجی ۰/۵ و ۱ میلی گرم در لیتر اسیدسالیسیلیک فعالیت آنزیم کاتالاز را در سطح ۷۰ درصد ظرفیت مزرعه بیشتر از گیاهانی که فقط تحت تنش خشکی بودند افزایش دهد ولی فعالیت در سطح ۱/۵ میلی گرم در لیتر با کاهش نسبت به تیمارهای قبل همراه بود. به نظر می‌رسد که اسیدسالیسیلیک سنتز ترکیبات آنتی‌اکسیدان را طی تنش های محیطی در بهبود پاسخ گیاه به تنش تنظیم می کند که در ایجاد تحمل در برابر تنش خشکی در گیاهان مؤثر است[۱۷و۲۰] این یافته ها با نتایج محلول پاشی گیاه رازیانه با اسید سالیسیلیک درشرایط تنش خشکی که با افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان موجب کاهش خسارت اکسیداتیو، مطابقت دارد[۴]، همچنین در تیمار اسیدسالیسیلیک در شرایط تنش خشکی در گیاه گوجه‌فرنگی نیز نتایج یافته‌ها مشابه بود [۳۱].

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱. تجزیهٔ واریانس مربوط به تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی و اسیدسالسیلیک بر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و برخی صفات فیزیولوژیکی گیاه کدوی طبی

منابع تغییر S.O.V	درجهٔ آزادی df	میانگین مربعات M.S.						
		پرکسیداز	کاتالاز	پرولین	مالون دی آلدئید	نشت الکترولیت	عملکرد روغن	بتاسیتوسترول
تکرار	۲	۰/۰۰۳۱	۰/۰۱۸	۴۰/۵۴	۰/۳۰۶	۰/۲۵	۱۰۰۸۹/۸	۰/۱۴۱
تنش خشکی (A)	۳	۰/۰۴۰۷۸**	۰/۵۹۷**	۴۸۸/۷۷**	۴/۳۰۱۴**	۳۸۸/۵۲**	۱۰۶۳۷/۹**	۰/۲۶۳۴**
سالسیلیک اسید (B)	۳	۰/۴۷۸۲**	۰/۷۳۳۲**	۵۱۳/۲۶**	۱/۸۹۲۱**	۶۵/۴۷۹**	۳۸۱۳۰/۸**	۰/۷۳۷۸**
اثر متقابل (A×B)	۹	۰/۰۳۱۳**	۰/۰۳۳*	۶۹/۱۹**	۰/۱۱۴۴**	۵۷/۸۰۹*	۶۱۱۷/۲*	۰/۰۲۶۵**
اشتباه (Error)	۳۰	۰/۰۰۳۷	۰/۰۱۸۶	۲۳/۸۹	۰/۰۶۵۳	۳۵/۰۱	۲۳۰۶/۱	۰/۰۰۹۸
ضریب تغییرات (cv٪)	–	۱۰/۱۱۴	۱۰/۷۷۶	۱۰/۲۳	۱۱/۳۲	۸/۱۴	۱۵/۰۹	۱۰/۹۰

ns، * و ** به‌ترتیب غیر معنادار در سطح پنج درصد و یک درصد

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۲. مقایسهٔ میانگین مربوط به آثار متقابل مختلف تنش خشکی و اسیدسالیسیلیک بر فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان و برخی صفات فیزیولوژیکی گیاه کدوی طبی

تیمار		پرکسیداز (µmol*min-1/ml)	کاتالاز (µmol*min-1/ml)	پرولین (µmol.g-1 F.W)	مالون دی آلدئید (nmol.g-1 F.W)	نشت الکترولیت (درصد)	عملکرد روغن در هکتار (kg/ha)	بتاسیتوسترول (درصد)
تنش خشکی	سالیسیلیک اسید							
شاهد(ظرفیت مزرعه)	صفر میلی گرم در لیتر	۰/۲۷۸۳ f	۰/۶۸۳۸ i	۳۲/۱۵۹ j	۱/۹۳۸۴ gh	۶۸/۴۴ef	۳۰۰/۷ def	۰/۴۳۹۵۴ g
۸۵ درصد ظرفیت مزرعه		۰/۳۷۴۱۲ ef	۰/۸۳۱Ahi	۳۷/۷۶۱ i	۲/۲۸۸۷ e	V۱/۹۳۴cde	۲۶۶/۹۲ def	۰/ ۴۷۴۰۸g
۷۰درصد ظرفیت مزرعه		۰/۴۷۸۴۲ de	۱/۰۷۸ fg	۴۴/۸۴۷ efg	۲/۳۵۴۷ b	۸۱/۳۳۳b	۲۵۶/۰۱ ef	۰/۴۴۷۵۷ ef
۵۵درصد ظرفیت مزرعه		۰/۵۸۰۳۵ bc	۱/۰۷۸۷ fg	۴۸/۱۵۸ def	۳/۷۲۶۸ a	۸۵/۶۴۹ a	۲۱۸/۰۹ f	۰/۸۱۸۱۸ e
شاهد(ظرفیت مزرعه)		۰/۶۶۴۳۵ bc	۱/۱۴۶۱efg	۴۱/۵۸۵ghi	۱/۷۳۸۴ h	۶۴/۴۷۷ g	۴۴۴/۲۴ a	۱/۰۵۳۰۲ cd
۵۵درصد ظرفیت مزرعه	۰/۵ میلی گرم درلیتر	۰/۷۳۱۵ b	۱/۲۳۳۲def	۵۷/۹۲۴ ab	۲/۰۱۳۵ fg	۷۲/۸۸۵ cd	۴۳۳/۰۷ ab	۱/۳۲۰۴۶ a
۷۰درصد ظرفیت مزرعه		۰/۹۱۴۵۷ a	۱/۷۶۳۵ a	۶۳/۱۲ a	۲/۴۱۱۵ de	۷۵/۶۲۹ c	۳۸۳/۸۳ abc	۱/۲۰۴۷۳ ab
۵۵درصد ظرفیت مزرعه		۰/۷۶۲۴۶ b	۱/۵۲۵۱ b	۶۲/۸۲۵ a	۲/۷۳۰۳ c	۷۶/۱۲۹ c	۳۱۲/۵ cde	۱/۰۹۵۵۶ bcd
شاهد(ظرفیت مزرعه)	۱ میلی گرم در لیتر	۰/۶۷۳۴۱ bc	۱/۱۸۹ efg	۴۲/۴۵۲ fgh	۱/۴۱۲۱ i	۶۴/۱۶۴ g	۳۵۴/۴۳ bcd	۱/۰۴۶۱۶ d
۵۵درصد ظرفیت مزرعه		۰/۷۶۱۵۲ b	۱/۳۷۱۱ cde	۴۴/۳۲۹ fgh	۱/۸۵۱۴ gh	۶۹/۲۲۱ def	۳۴۱/۳۸ cde	۱/۱۷۳۹ bc
۷۰درصد ظرفیت مزرعه		۰/۹۵۷۷ a	۱/۸۵۴۲ a	۵۰/۵۳ cde	۲/۵۴۹۴ ef	۷۲/۲۴۳ cde	۳۵۳/۰۷ bcd	۱/۰۴۷۵۴ d
۵۵درصد ظرفیت مزرعه		۰/۷۵۵۵۶ b	۱/۴۲۸ bcd	۵۶/۰۲۷ bc	۲/۵۷۰۴ cd	۷۵/۵۲۴ c	۳۴۴/۳۳ cde	۱/۰۲۸۴۷ d
شاهد(ظرفیت مزرعه)	۱/۵ میلی گرم در لیتر	۰/۳۷۳ ef	۱/۰۳۶۲ gh	۳۹/۳۱۸ hi	۱/۱۹۲۲ i	۶۶/۳۳۳ fg	۲۹۳/۸۵ def	۰/۵۴۰۴۵ g
۵۵درصد ظرفیت مزرعه		۰/۴۷۰۱۵ de	۱/۳۰۸۴ cde	۴۲/۳۸۳ ghi	۱/۷۴۱۵ h	۷۰/۷۳۷ de	۳۰۵/۰۵ def	۰/۶۴۶۵۸ f
۷۰درصد ظرفیت مزرعه		۰/۴۷۱۱۱ de	۱/۲۱۵۲ def	۴۶/۹۸۴ efg	۲/۲۷۴۵ e	۳۸۵۷۳/ cd	۲۵۶/۶۶ def	۰/۶۵۶۷۸ f
۵۵درصد ظرفیت مزرعه		۰/۴۳۱۸۸ e	۱/۴۷۳۷ bc	۵۳/۸۰۹ bcd	۲/۶۰۹۳ cd	۷۵/۱۶۳ c	۲۲۰/۲۲ f	۰/۹۷۳۳ d

†. در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشابهی هستند از لحاظ آماری با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد معنادار نبوده‌اند.

Archive of SID
www.SID.ir

۳.۳. تجمع پرولین

طبق نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول۱) تنش خشکی و محلول پاشی اسید سالیسیلیک و اثر متقابل این دو فاکتور در سطح ۱ درصد اثر معناداری برمیزان پرولین مشاهده شد (جدول۲). با افزایش شدت تنش خشکی میزان تجمع پرولین روند افزایشی داشت به طوری که بیشترین مقادیر در دو سطح ۵۵ و ۷۰ درصد ظرفیت مزرعه حاصل شد. از طرفی محلول پاشی گیاهان با اسیدسالیسیلیک توانست تأثیر مثبتی بر تجمع پرولین داشته باشد به نحوی که کاربرد خارجی ۰/۵ میلی گرم در لیتر اسیدسالیسیلیک در تیمارهای تنش ۵۵ و ۷۰ درصد ظرفیت مزرعه، مقدار پرولین را بیشتر از گیاهانی که فقط تحت تنش خشکی بودند افزایش داد ولی با این حال درکاربرد غلظت های اسیدسالیسیلیک ۱ و ۱/۵ میلی گرم در لیتر پرولین روند نزولی داشت. ولی از نظر آماری نسبت به گیاهان تحت تنش بدون تیمار با اسیدسالیسیلیک برتری داشت. پرولین اسید آمینهٔ قابل حل در آب است که دو نقش اساسی در شرایط تنش دارد. نخست اینکه افزایش سنتز و تجمع آن پاسخ متابولیکی گیاه تحت تنش است [۹]. همچنین افزایش پرولین محلول در شرایط تنش نشانهٔ سازگاری و افزایش مقاومت گیاه است که با کمک در تنظیم روابط آبی درون سلولی مخزن نیتروژن پتانسیل اسمزی سیتوپلاسم را کاهش می دهد و همچنین غشاءها و پروتئین‌ها را از آسیب غلظت‌های بالای گونه های فعال اکسیژن محافظت می کند[۹]. سنتز پرولین در برگ ها تحت شرایط پتانسیل آبی کم، ناشی از ترکیب افزایش بیوسنتز و اکسیداسیون آهسته در میتوکندری است[۲۸]. همچنین به پرولین آزاد برخی نقش‌های فیزیولوژیکی از قبیل تثبیت ماکرومولکول‌ها، مخزنی برای عامل احیاء کنندهٔ اضافی و ذخیرهٔ کربن و نیتروژن برای استفاده پس از ترمیم کمبود آب نسبت داده شده است[۳۹]. پرولین در ادامهٔ مسیر متابولیسم نیتروژن ساخته می‌شود و منبع مهم نیتروژن در شرایط تنش به‌شمار می رود. با توجه به نقش اسیدسالیسیلیک در توسعهٔ ریشه و متابولیسم نیتروژن، می‌توان افزایش تجمع پرولین را از آثار اسیدسالسیلیک در نظر گرفت [۱۷و۴۰].

۴.۳. مالون‌دی‌آلدئید

طبق نتایج جدول تجزیهٔ واریانس تنش خشکی و محلول پاشی اسید سالیسیلیک و اثر متقابل این دو فاکتور در سطح ۱ درصد اثر معناداری برمیزان مالون‌دی‌آلدئید داشته است (جدول۱). با افزایش شدت تنش خشکی مالون دی آلدئید به‌عنوان محصول نهایی پراکسیداسیون لیپیدی غشاء روندی افزایشی داشت. بیشترین افزایش در سطح تنش ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه حاصل شد. محلول‌پاشی گیاهان با اسیدسالیسیلیک توانست تأثیر مثبتی بر کاهش تولید مالون‌دی‌آلدئید در تمام سطوح بدون تنش خشکی داشته باشد. گونه های فعال اکسیژن عامل اصلی پراکسیداسیون لیپیدی هستند[۴۰]. پراکسیداسیون لیپید و تولید مالون‌دی‌آلدئید شاخصی برای میزان خسارت تنش های اکسیداتیو به کار می رود[۲۱و۳۹]. تجمع آن نشان دهندهٔ آثار مخرب رادیکال های آزاد اکسیژن است. میزان این بیومارکر با افزایش تنش خشکی بیشتر می‌شود[۱۴]. با کاربرد اسیدسالیسیلیک در گیاهان تحت تنش تولید این ماده نسبت به گیاهان تحت تنش در تمام تیمارها کاهش یافت. محلول‌پاشی در سطح ۱ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و سطح ۸۵ درصد ظرفیت مزرعه موجب بیشترین کاهش تجمع مالون دی آلدئید نسبت به گیاهانی که فقط تحت تنش خشکی بودند شد. ولی در غلظت های اسید سالیسیلیک ۱ و ۱/۵ میلی گرم در لیتر روند تقریباً ثابت یا در برخی تیمارها با کمی افزایش بود که با نتایج بدست آمده از کاربرد غلظت بالای اسیدسالسیلیک درگیاه آویشن تحت شرایط شوری[۲۹] و نتایج گزارش شده از گیاه تاج خروس تحت تنش خشکی مطابقت داشت[۱۴].

Archive of SID
www.SID.ir

۵.۳. نشت الکترولیت

غشاء های بیولوژیکی نخستین هدف بسیاری از تنش های غیرزنده هستند. حفظ و ثبات غشاءها تحت تنش آبی، جزء اصلی تحمل خشکی در گیاهان است[۱۰]. پایداری غشاء سلولی و متعاقب آن آسیب به غشاء سلولی در شرایط تنش شاخص فیزیولوژیکی است که به‌طور گسترده‌ای برای ارزیابی تحمل به خشکی به کار می رود[۳۲]. طبق نتایج جدول تجزیهٔ واریانس (جدول۱) تنش خشکی و محلول پاشی اسید سالیسیلیک هرکدام در سطح ۱ درصد و اثر متقابل این دو فاکتور در سطح ۵ درصد اثر معناداری بر این صفت داشتند، به‌طوری‌که با افزایش شدت تنش خشکی نشت الکترولیت افزایش یافت که بیانگر کاهش پایداری غشاء بود و بیشترین مقدار آن در سطح ۵۵ درصد ظرفیت زراعی مزرعه ملاحظه شد(جدول۲). نشت الکترولیت درمحلول‌پاشی گیاهان بدون تنش با اسید سالیسیلیک در سطوح ۰/۵ و ۱ میلی گرم در لیتر کاهش یافت ولی در سطح ۱/۵ میلی گرم در لیتر این صفت افزایش یافت که بانتایج به دست آمده از افزایش میزان نشت الکترولیت در گیاه آویشن تحت تنش شوری درکاربرد غلظت بالای اسیدسالیسیلیک مطابقت داشت [۲۹]. از طرف دیگر در اثر متقابل محلول پاشی گیاهان تحت تنش با اسید سالیسیلیک موجب کاهش نشت الکترولیت نسبت به گیاهان تحت تنش در بیشتر تیمارها شد. بیشترین کاهش نشت الکترولیت درمحلول پاشی گیاهان در سطح تنش۸۵ درصد ظرفیت مزرعه در محلول‌پاشی ۱ میلی گرم در لیتر اسیدسالیسیلیک نسبت به گیاهانی که فقط تحت تنش خشکی بودند ملاحظه شد(جدول۲) که می تواند بیانگرتأثیر این ماده بر روی بهبود وضعیت غشاهای سلولی در برابر آسیب گونه های فعال اکسیژن باشد. در نتایجی مشابه اسیدسالیسیلیک میزان نشت الکترولیت گیاه گوجه فرنگی را ۳۲ درصد کاهش داده بود[۳۶].

۶.۳. عملکرد روغن

طبق نتایج جدول تجزیهٔ واریانس (جدول۱) تنش خشکی و محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک هرکدام در سطح یک درصد واثر متقابل این دو فاکتور در سطح پنج درصد اثر معناداری بر این صفت داشتند، افزایش سطوح تنش خشکی موجب کاهش عملکرد روغن شد. کمترین مقدار آن در تیمار تنش ۵۵ درصد ظرفیت زراعی مزرعه بود. در گیاهان بدون تنش خشکی محلول‌پاشی با اسیدسالسیلیک در سطح ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم در لیتر موجب افزایش عملکرد روغن شد. ولی در سطح ۱/۵ میلی گرم در لیتر این صفت روند نزولی داشت(جدول۲). در اثر متقابل محلول‌پاشی گیاهان تحت تنش با اسید سالیسیلیک موجب افزایش عملکرد روغن نسبت به گیاهان تحت تنش در بیشتر تیمارها شد و محلول‌پاشی در سطح ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر اسیدسالیسیلیک در سطح تنش۸۵ درصد ظرفیت مزرعه بیشترین افزایش عملکرد روغن نشان داد. ولی در غلظت‌های اسیدسالیسیلیک ۱ و ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر روند نزولی همراه بود(جدول۲) که مشابه نتایج یافت شده در کاهش عملکرد روغن دانه در گیاه ماریتیغال تحت تنش خشکی[۲۶]، کاهش عملکرد روغن گیاه کلزای تحت تنش خشکی[۸] و افزایش عملکرد روغن در دانه های ذرت با محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک بود، درحالی‌که غلظت‌های بالاتر اسیدسالیسیلیک مقادیر این ترکیبات را کاهش داد[۳۸].

۷.۳. مادهٔ مؤثره (بتاسیتوسترول)

فیتواسترول‌ها مخصوصاً بتاسیتوسترول از متابولیت‌های ثانویهٔ گیاهی مانند سایر استرول‌ها در ادامهٔ تنفس در مسیر اسیدموالونیک با منشاء استیل کوآنزیم A ساخته می شوند. و تولیدات این مسیر در ارتباط با مواد تنظیم کنندهٔ رشد هستند. استروئیدها مشتقات تری‌ترپن‌ها بوده که همراه با فسفولیپیدها از اجزای غشاء پلاسمایی به حساب می آیند [۳۷]. طبق نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول۱) تنش

Archive of SID
www.SID.ir

خشکی و محلول پاشی اسید سالیسیلیک و اثر متقابل این دو فاکتور در سطح یک درصد معنادار بود، با افزایش تنش خشکی میزان بتاسیتوسترول افزایش یافت (جدول۲) که با افزایش مقدار فیتواسترول ها به ویژه بتاسیتوسترول در مواجههٔ گیاه برنج با تنش خشکی [۲۳] و همچنین با نتایج افزایش بتاسیتوسترول در گیاه کدوی تخمهٔ کاغذی تحت تنش شوری مطابقت داشت [۱]. که نشان دهندهٔ تأثیر کاربرد رژیم های رطوبتی خاص در افزایش متابولیت های ثانویه دربرخی گیاهان دارویی است [۳۳]، بیشترین مقدار در اعمال تنش در سطح ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه حاصل شد، از طرف دیگر تیمار ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر اسیدسالیسیلیک تأثیر مثبتی بر افزایش مقدار بتاسیتوسترول نسبت به گیاهانی که فقط تحت تنش خشکی بودند داشت، ولی محلول‌پاشی در سطح ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک با کاهش بتاسیتوسترول به تیمارهای قبل همراه بود(جدول۲) که با نتایج گزارش شده از محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک بر گیاه رازیانه تحت تنش خشکی مطابقت داشت که افزایش آنزیم های آنتی اکسیدان و عملکرد اسانس و کاهش خسارت اکسیداتیو را در پی داشت[۶]. از طرفی محلول‌پاشی گیاهان تحت تنش خشکی با اسیدسالیسیلیک توانست تأثیر مثبتی بر مقدار بتاسیتوسترول داشته باشد به نحوی که کاربرد خارجی ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر اسیدسالیسیلیک در سطوح ۷۰ و ۸۵ درصد ظرفیت مزرعه مقدار بتاسیتوسترول را بیشتر از گیاهانی که فقط تحت تنش خشکی بودند افزایش داد ولی در غلظت‌های اسیدسالیسیلیک ۱ و ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر نسبت به تیمار ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر روند کاهش داشت(جدول۲).

نتیجه‌گیری نهایی

اعمال تنش خشکی و محلول پاشی اسید سالیسیلیک موجب توسعه متوازن عملکرد روغن و افزایش مادهٔ ارزشمند بتاسیتوسترول می شود، با به کارگیری این دو عامل آثار کاهشی عملکرد روغن تحت تأثیر تنش خشکی در سطوح اسید سالیسیلیک جبران شد که ناشی از تأثیر این ماده در کاهش آثار تنش‌اکسیداتیو به‌وسیلهٔ افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و نقش آن در مسیر متابولیسم نیتروژن و افزایش مقدار متابولیت های سازگاری مانند پرولین و تأثیر در پایداری غشاهای سلولی که محل تجمع فیتواسترول‌ها به‌ویژه بتاسیتوسترول بود، بهترین نتایج در تیمارهایی با سطوح ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و (تنش ملایم معادل ۸۵ درصد ظرفیت زراعی، تنظیم شده در پتانسیل ماتریک ۰/۵- مگاپاسکال) و (تنش متوسط معادل ۷۰ درصد ظرفیت زراعی، تنظیم شده در پتانسیل ماتریک ۱/۰- مگاپاسکال) بدست آمد.

منابع

۱. آرویی ح. (۱۳۷۹) تأثیر آماده سازی بذر، تنش شوری و تغذیهٔ ازتی بر برخی صفات کمی و کیفی کدوی تخمهٔ کاغذی. رسالهٔ دکتری، دانشگاه تربیت مدرس.

۲. امیدبیگی ر. (۱۳۷۶) تولید و فرآوری گیاهان دارویی. انتشارات آستان قدس رضوی، ۳ (۲): ۳۹۷.

۳. برقی لشکری س. (۱۳۸۱) کدوی تخم کاغذی و بیماری هایپرتروفی خوش‌خیم پروستات. نشریه رازی.۱۳۸. ص۳۳.

۴. سالارپورغربا ف.، فرحبخش ح. (۱۳۹۴) تأثیر کم‌آبیاری و اسیدسالیسیلیک بر اسانس و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در گیاه رازیانه. مجلهٔ به‌زراعی کشاورزی. ۷۱۳-۷۲۷.

۵. محمودی سورستانی م. (1389)اثر تنش خشکی بر برخی صفات مورفولوژی، میزان عملکرد اسانس گیاه گل مکزیکی. رسالهٔ دکتری، دانشگاه تربیت مدرس.

Archive of SID
www.SID.ir

6. Abdel-lateefgharib F. (2006) Effect of salicylic acid on the growth, metabolic activities and oil content of basil and marjoram. International journal of agriculture and biology. 8(4):485–492.

7. Aebi H. (1984) Catalase in vitro. Methods in Enzymology. 105: 121–126.

8. Ashraf M. and Mc Neilly T. (2004) Salinity tolerance in brassica oil seeds. Critical Reviews in Plant Sciencce. 23(2): 157-174.

9. Bates LS., Waldern RP. and Tear ID. (1973) Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil. 39:205-207.

10. Bajji M., Kinet J. and Lutts S. (2002) The use of the electrolyte leakage method for assessing cell membrane stability as a water stress tolerance test in durum wheat, Plant Growth Regulation. 36: 61–70.

11. Bladon P., Henbest H.B. and Wood G.W. (1952) Studies in sterol group. Part LV.Ultra-violet Absorption spectra of Ethylenic centres. Journal of Chemical socity. 30: 27-37.

12. Chakraborty U. and Tongden C. (2005) Evaluation of heat acclimation and salicylic acid treatments as potent inducers of thermotolerance in Cicer arietinum L. Current Science. 89: 384-389.

13. Chance B. and Maehly A.C. (1955) Assay of catalases and peroxidase. Methods in Enzymology. 2: 764-775.

14. Cunhua S., Joui-jie S., Dan W., Wei B and Sun Dong L. (2011) Effects on physiological and biochemical characteristic of medicinal plant pigweed by drought stress. Journal of Medicinal Plants Research Vol. 5(17):4041-4048.

15. El-Yazeid A. (2011) Effect of foliar application of salicylic acid and chelated zinc on growth and productivity of sweet pepper (Capsicum annuum l.) under autumn planting. Research journal of agriculture and biological sciences. 7(6): 423-433.

16. Habibi D.M., Boojar M.A., Mahmodi A., Ardakani M.R. and Taleghani D. (2004) Antioxidative enzayme in sunflower subjected to drought stress 4th international Crop science Congress,Brishbane, Australia, 26 September -1 October. pp1-4.

17. Hayat Q., Hayat S., Irfan M. and Ahmad A. (2010) Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. Environmental and Experimental Botany. 68: 14-25 .

18. Heath R.L. and Parker L. (1968) Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. Arch BiochemBiophys. 125: 189–198.

19. Hesami S., Nabizadeh E., Rahimi A. and Rokhzadi A. (2012) Effects of salicylic acid levels and irrigation intervals on growth and yield of coriander (Coriandrum sativum) in field conditions. Environmental and Experimental Biology.10: 113–116.

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

21. Vinita J. and Sujata B. (1995) Variation in the Antioxidant Metabolism of Drought Tolerantand Drought Susceptible Varieties of (Sorghum Bicolor L.) Moench. Exposed to High Light, Low Water and High Temperature Stress. Journal of Plant Physiology. 145:195–197.

22. Krizek D.T. (1985) Methods of inducing water stress in plants. HortScience. 20(6): 1027-1038.

23. Kumar M.S., Ali K., Dahuja A. and Tyagi A. (2015) Role of phytosterols in drought stress tolerance in rice. Plant Physiology and Biochemistry. 96: 83–89.

24. Liu C., Liu Y., Guo K., Fan D., Li G., Zheng Y., Yu L. and Yang R. (2011) Effect of drought on pigments, osmotic adjustment and antioxidant enzymes in six woody plant species in karst

Archive of SID
www.SID.ir

habitats of southwestern China. Environmental and Experimental Botany. 71:174–183.

25. Lutts S., Kinet J.M. and Bouharmount J. (1996) Nacl- induced senescence in leaves of rice (Oryze sativa L.) Cultivars differing in salinity resistance .ann.bot.78:389-398.

26. Malekzadeh M., Mirmazloum S.I., Rabbi Anguorani H., Mortazavi S.N. and Panahi M. (2011) The physicochemical properties and oil constituents of milk thistle (Silybum marianum) under drought stress. Journal of Medicinal Plants Research.5 (8): 1485-1488.

27. Mittler R. (2002) Oxidative stress antioxidant and stress tolerance.Plant Science.405:415-417

28. Mohanty N. (2003) Photosynthetic characteristics and enzymatic antioxidant capacity of flag leaf and the grain yield in two cultivars of (Triticum aestivum L.) Exposed to warmer growth conditions. Journal of Plant Physiology.71: 74-160.

29. Najafian S.H., Khoshkhui M., Tavallali V. and Saharkhiz M.J. (2009) Effect of Salicylic Acid and Salinity in Thyme (Thymus Vulgaris L.): Investigation on Changes in Gas Exchange, Water Relations, and Membrane Stabilization and Biomass Accumulation. Australian Journal of Basic and Applied Sciences.3:2620-2626.

30. Noborio K., Horton R. and Tan C.S. (1999) Time domain reflectometry probe for simultaneous measurement of soil matric potential and water content. Soil Science Societies American Journal. 63:1500–1505.

31. Popova L., Ananieva, Hristova V., Christov K., Georgieva K., Alexieva V. and Stoinova Z.H. (2003) Salicylic acid-and Methyl jasmonate–induced protection on photosynthesis to paraquat oxidative stress. Bulgarian Journal of Plant Physiology. 14: 133-152.

32. Premachandra G.S., Saneoka H., Kanaya M., Ogata S. (1991) Cell membrane stability and leaf surface wax content as affected by increasing water deficits in maize. Journal of Experiment Botany. 42:167–171.

33. Reddy A.R., Chaitanya K.Y., Vivekanandan M. (2004) Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants . Journal of Plant Physiology: 1189:161-1202.

34. Robonson R.W. and Decker_walters D.S. (1997) Cucurbits. CAB.International. Cambridge. pp:226.

35. Senaratna T., Touchell D., Bunn E, and Dixon K. (2000) Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. Plant Growth Regulation. 30: 157-161.

36. Stevens J., Senaratna T. and Sivasithamparam K. (2006) Salicylic Acid Induces Salinity Tolerance in Tomato (Lycopersicon esculentum cv. Roma): Associated Changes in Gas Exchange, Water Relations and Membrane Stabilisation. Journal of Plant Growth Regulation. 49: 77-83.

37. Taiz L. and Zeiger E. (2002). Plant Physiology (Third edition). Sinauer Associates, Inc. 690p.

38. Wahed MS, Amin A, and Rashed, M (2006) Physiological effect of some chemical constituents of yellow maize plants. World Journal of Agricultural Sciences. 2:149-155.

39. Yazici I, Turkan F, Sekmen AH and Demiral T (2007) Salinity tolerance of purslane (Portulaca oleracea L.) is achieved by enhanced antioxidative system, lower level of lipid peroxidation and proline accumulation. Environmental Experimental Botany. 61(1): 49-57.

40. Yordanova R and Popova L (2007) Effect of exogenous treatment with salicylic acid on photosynthetic activity and antioxidant capacity of chilled wheat plants, General and Applied Plant Physiology.33: 155-170.

Archive of SID
www.SID.ir

Crops Improvement
(Journal of Agricultural Crops Production)
Vol. 19 ■ No. 4 ■ Winter 2017

Effects of salicylic acid on some physiological and biochemical attributes of medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo* L. var . Styriaca) under drought stress

Hossein Rabbi Angurani[1], Jaber Panahendeh Yengejeh[2], Sahebali Boland Nazar[2], Jalal Saba[3], Fariborz Zare Nahandi[2]*

1. Ph.D., Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
2. Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
3. Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding Science, Faculty of Agriculture, Zanjan University, Zanjan, Iran

Received: July 18, 2016 **Accepted: October 26, 2016**

Abstract

Oxidative stress is one of the most important consequences of drought stress. Salicylic acid is a phenolic compound which serves as a growth regulator in the induction of resistance to drought. In order to investigate the role of salicylic acid on some anti-oxidant enzymes and some biochemical attributes of medicinal pumpkin under drought stress, an experiment was designed 2014 in Zanjan University's Research Farm, Iran. The study was arranged as factorial experiment based on a randomized complete block design with three replications including drought stress at four level; control, mild stress, moderate stress, and severe stress have been arranged in four levels including (100, 85, 70 and 55% FC). Salicylic acid treatments included salicylic acid were applied as foliar application spray in four levels: 0 mg/l (solution spray with distilled water), 0.5, 1, and 1.5 mg/l. *Measured* traits included peroxidase, catalase, Beta-sitosterol and oil yield proline, electrolyte leakage, malondialdehyde (membrane peroxidation index) content. The results showed that increasing drought stress levels reduced the oil yield, but in contrast, increasing the Beta-sitosterol, membrane peroxidation, electrolyte leakage, anti-oxidant enzymes such as catalase and peroxidase, while application of salicylic acid at 0.5 and 1 mg/l decreased oxidative stress, membrane peroxidation and Electrolyte leakage through increasing the anti-oxidant enzymes activities such as catalase and peroxidase and proline which led to a balanced rise in oil yield and Beta-sitosterol in mild and moderated stress. These results show an increase in plant resistance to drought as a result of salicylic acid application.

Keywords: Beta-sitosterol, oil yield, oxidative stress, peroxidase, proline.

Corresponding Author: Rabbihosein@gmail.com

Archive of SID

www.SID.ir