علوم و تحقیقات بذر ایران
سال هفتم/ شماره دوم/ ۱۳۹۹ (۲۵۲ - ۲۴۱)

DOI: 10.22124/jms.2020.4580

بررسی تاثیر اسید سالسیلیک بر جوانه‌زنی و فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی سیاه‌دانه (*Nigella sativa L.*) در شرایط تنش شوری

بتول زارعی[1*]، آرش فاضلی[2]، زهرا تقی‌پور

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۰/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۸/۲/۱۰

چکیده

به‌منظور بررسی تاثیر پیش‌تیمار اسید سالسیلیک بر ویژگی‌های جوانه‌زنی در شرایط تنش شوری، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. فاکتورهای آزمایش شامل اسید سالسیلیک در سه سطح (صفر، ۰/۷۵و ۱/۵ میلی‌مولار) و تنش شوری در پنج سطح (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌مولار) بودند. اثرات ساده اسید سالسیلیک و تنش شوری بر صفات شاخص بنیه بذر، وزن تر و وزن خشک گیاهچه معنی‌دار بودند. اثرات متقابل اسید سالسیلیک و شوری بر سایر صفات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که شوری به‌طور معنی‌داری جوانه‌زنی و رشد گیاهچه را کاهش، اما اسید سالسیلیک شاخص‌های جوانه‌زنی را بهبود بخشید و در تیمارهای تنش‌دیده سبب افزایش جوانه‌زنی شد. با افزایش سطح تنش شوری سرعت و درصد جوانه‌زنی کاهش یافت. بیش‌ترین سرعت جوانه‌زنی در تیمار ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالسیلیک در شرایط بدون شوری حاصل شد. پیش‌تیمار موجب افزایش معنی‌دار میزان فعالیت آنزیم کاتالاز نسبت به بدون پیش‌تیمار و کاهش میزان مالون‌دی‌آلدئید در تیمارهای دارای اسید سالسیلیک گردید. پیش‌تیمار با غلظت ۱/۵ میلی‌مولار ضمن این‌که تاثیر بیش‌تری بر جوانه‌زنی داشت، سبب افزایش مقاومت گیاهچه‌های سیاه‌دانه تحت تنش شوری نیز شد.

واژه‌های کلیدی: اسید سالسیلیک، تنش شوری، جوانه‌زنی، کاتالاز، مالون‌دی‌آلدئید

۱- دکتری مهندسی ژنتیک، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران
۲- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران
۳- دانشجوی دکتری مهندسی ژنتیک، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران
*نویسنده مسئول: batoolzarei90@gmail.com

مقدمه

امروزه گیاهان دارویی، به‌صورت خام یا فرآوری‌شده در طب سنتی و مدرن صنعتی مورد استفاده فراوانی دارند. سیاه‌دانه یکی از این گیاهانی است که در بعضی از نقاط ایران به‌صورت خودرو وجود داشته و در برخی نقاط دیگر به‌صورت زراعی کشت و کار می‌شود و مصارف گسترده‌ای در صنایع غذایی و دارویی کشور دارد (Fathi Amirkhiz *et al.*, 2012). گیاه سیاه‌دانه با نام علمی *Nigella sativa* L. از خانواده آلاله گیاهی با گل‌های سفید یا آبی کم‌رنگ تا آبی می‌باشد. دانه‌های این گیاه حاوی ۳۰- ۴۰ درصد روغن، ۲۰ درصد پروتئین، ۷/۵ درصد رطوبت و ۱/۵-۰/۵ درصد اسانس است. علاوه بر خاصیت ضدباکتریایی روغن دانه‌های سیاه‌دانه، از این گیاه در درمان سرطان، فشارخون، بیماری‌های قلبی عروقی و غیره استفاده می‌شود (Khoramdel *et al.*, 2011). برای دانه این گیاه خواصی مانند شیرآوری، ضد نفخ، ضد ویروس، ضد تومور، مسکن و کاهش‌دهنده قند خون را ذکر نموده‌اند. بیش از دو هزار سال است که از سیاه‌دانه به‌عنوان گیاه دارویی استفاده شده است (Ilan *et al.*, 2012).

یکی از مشکلات اساسی بر سر راه کشاورزی کمبود منابع آب شیرین و با کیفیت جهت آبیاری است. با توجه به توسعه کشاورزی فاریاب و اجتناب‌ناپذیربودن استفاده از منابع آبی با کیفیت پائین و شور، تخریب اراضی زراعی مرغوب و گرایش به سمت شور و قلیاشدن خاک مسئله‌ساز خواهد بود (Kafi and Rahimi, 2010). اولین اثر شوری بر رشد گیاهان عدم یکنواختی در جوانه‌زنی بذرها و ظاهرشدن گیاهچه‌ها است. جوانه‌زنی یکی از مراحل حساس در چرخه رشدی گیاهان به حساب می‌آید، زیرا جوانه‌زنی بذر نقش عمده‌ای در تعیین تراکم نهایی گیاه دارد. تحقیقات نشان داده است با افزایش شوری طول ریشه‌چه، ساقه‌چه وهمچنین وزن خشک گیاهچه در بیش‌تر گیاهان از جمله ذرت و آویشن به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (Alebrahim *et al.*, 2004). یکی از تغییرات بیوشیمیایی که در تنش‌های محیطی از جمله تنش شوری رخ می‌دهد، تولید انواع اکسیژن فعال می‌باشد که باعث تخریب عمده غشا، چربی‌ها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک می‌شوند (Garratt *et al.*, 2002). تنش شوری باعث کاهش سطح برگ (کاهش سطح نورساختی)، کاهش دسترسی به کربن دی‌اکسید به علت بسته‌شدن روزنه‌ها، کاهش هدایت میان‌برگی یا مزوفیلی (به‌علت کاهش نفوذپذیری غشا به کربن دی‌اکسید در اثر دهیدراته‌شدن غشاهای یاخته‌ای) سمیت نمک، افزایش القای پیری و آسیب اکسایشی (اکسیداتیو) را باعث می‌شود (Orcutt and Nilsen, 2000). اسید سالیسیلیک، ملکول واسطه‌ای مهم جهت واکنش گیاهان در برابر تنش‌های محیطی است که یک تنظیم‌کننده رشد درونی از گروه ترکیبات فنلی طبیعی می‌باشد و در تنظیم فرآیندهای گیاه نقش دارد. این هورمون در بسیاری از فعالیت‌های فیزیولوژیک گیاه از جمله تاثیر بر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت، افزایش میزان اسید آبسیزیک و اسید ایندول استیک، مهار تولید اتیلن، افزایش تقسیم سلولی و تمایزیابی و ایجاد مقاومت به تنش‌های محیطی و پاتوژن‌ها موثر است (Wang *et al.*, 2006). نتایج تحقیقات پیشین نشان داده‌اند که پیش‌تیمار بذر گیاهان مختلف به‌وسیله اسید سالیسیلیک، باعث افزایش مقاومت گیاهچه در هنگام بروز تنش‌های مختلف، به‌خصوص تنش شوری می‌شود (Moradi and Rezvani Moghaddam, 2010). از جمله علل کاهش اثرات مضر ناشی از تنش‌ها توسط اسید سالیسیلیک این است که این ترکیب باعث افزایش غلظت بعضی از هورمون‌ها مانند اکسین و سیتوکنین در درون گیاه می‌شود (Sharikova *et al.*, 2003). بسیاری از تحقیقات بیانگر آن هستند که پیش‌تیمار بذر گیاه توسط اسید سالیسیلیک، باعث افزایش مقاومت آن در هنگام بروز تنش‌های مختلف و خصوصاً تنش شوری می‌شود (El-Tayeb, 2005; Hanan, 2007; Senaranta *et al.*, 2002). با توجه به گسترش روزافزون شوری خاک و آب و اثرات محدودکننده آن بر رشد و نمو و تولید محصول بسیاری از گیاهان، هدف از این پژوهش بررسی تاثیر پیش‌تیمار سالیسیلیک اسید در کاهش میزان خسارت ناشی از تنش شوری بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشدی گیاهچه‌های سیاه‌دانه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تاثیر تنش شوری بر جوانه‌زنی بذر سیاه‌دانه، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه

کاملاً تصادفی در سه تکرار در آزمایشگاه بیوتکنولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام اجرا گردید. بذرهای آزمایش از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام در عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی، تهیه شدند. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک و پنج سطح تنش شوری بود. قبل از اعمال پرایمینگ، ابتدا بذور با هیپوکلریت سدیم پنج درصد به‌مدت ۳۰ ثانیه ضدعفونی و سپس چند بار با آب مقطر شستشو داده شدند. بذرها طی مرحله اول درون محلول اسید سالیسیلیک با غلظت‌های مختلف صفر (شاهد)، ۰/۷۵ و ۱/۵ میلی‌مولار به‌مدت ۲۴ ساعت غوطه‌ور شدند. سپس نمونه‌ها از محلول خارج و در دمای اتاق خشک گردیدند. در مرحله دوم، برای اعمال پنج سطح تنش شوری (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌مولار) از نمک کلرید سدیم و با توجه به فرمول وانت هوف (ψ=-mRiT) استفاده گردید (Miller and Chapman, 1978). در هر تیمار، ۲۵ بذر در داخل پتری‌دیش روی کاغذ واتمن شماره یک قرار داده شد. به هر پتری‌دیش هفت میلی‌لیتر آب مقطر یا محلول کلرید سدیم با سطوح پتانسیل اسمزی بسته به تیمار افزوده شد. شمارش بذرهای جوانه‌زده از روز ششم به‌صورت روزانه در ساعتی معین به‌مدت یک هفته انجام گردید. به هنگام شمارش، خروج ریشه‌چه به‌طول دو میلی‌متر به عنوان معیار بذر جوانه‌زده در نظر گرفته شد (Ramana *et al*., 2002). در پایان از هر پتری‌دیش ۱۰ گیاهچه به‌طور تصادفی انتخاب و صفات مورد نظر اندازه‌گیری شد. طول گیاهچه‌ها بر حسب سانتی‌متر و وزن تر گیاهچه‌ها بر حسب میلی‌گرم تعیین گردید. وزن خشک گیاهچه، پس از خشک کردن آن‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۵ درجه سلسیوس در درون آون تعیین شد. سپس با استفاده از روابط زیر، صفات درصد جوانه‌زنی (رابطه ۱)، سرعت جوانه‌زنی (رابطه ۲)، انرژی جوانه‌زنی (رابطه ۳) و شاخص بنیه بذر (رابطه ۴) محاسبه گردید (Ramana *et al*., 2002)

$$PG = Ni / N \times 100$$ (رابطه ۱)

PG= درصد جوانه‌زنی، Ni= تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز iام (آخرین روز شمارش جوانه‌زنی)، N= تعداد کل بذرها

$$GR = H Ni / Ti$$ (رابطه ۲)

GR= سرعت جوانه‌زنی برحسب تعداد بذر در روز شمارش، Ni= تعداد بذر جوانه‌زده در هر روز، T= شمارش روز پس از شروع آزمایش

$$EG = Ns/N$$ (رابطه ۳)

EG- انرژی جوانه‌زنی، Ns- درصد بذرهای جوانه‌زده در یک روز خاص و N- تعداد کل بذرها

$$SVI= PG\times L/100$$ (رابطه ۴)

SVI- شاخص بنیه بذر، PG- درصد جوانه‌زنی نهایی و L- میانگین طول گیاهچه (میلی‌متر)

برای سنجش غلظت مالون‌دی‌آلدئید (MDA)، ۰/۲ گرم از بذر جوانه‌زده در هاون چینی حاوی پنج میلی‌لیتر تری‌کلرواستیک اسید (یک درصد) سائیده شد. عصاره حاصل با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ به‌مدت پنج دقیقه در ۱۰ هزار دور، سانتریفیوژ شد. به یک میلی‌لیتر از محلول رویی حاصل از سانتریفیوژ، پنج میلی‌لیتر محلول تری‌کلرواستیک اسید (۲۰ درصد) که حاوی ۰/۵ درصد تیوباربیوتیک اسید بود، اضافه شد. مخلوط حاصل به‌مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سلیسوس حمام آب گرم قرار داده شد. سپس بلافاصله در حمام یخ سرد گردید و دوباره مخلوط به‌مدت ۱۰ دقیقه در ده هزار دور سانتریفیوژ گردید. شدت جذب این محلول با استفاده از اسپکتوفتومتر در طول موج ۵۳۲ نانومتر خوانده شد. جذب بقیه رنگیزه‌های غیر اختصاصی در طول موج ۶۰۰ نانومتر تعیین و از این مقدار کسر گردید. برای محاسبه غلظت مالون‌دی‌آلدئید از ضریب خاموشی $۱/۵۵ \times ۱۰^{-۵}$ $cm^{-۱}M^{-۱}$ استفاده و نتایج حاصل از اندازه‌گیری بر حسب میکرومول بر گرم وزن‌تر محاسبه گردید (Heath and Packer, 1969).

برای استخراج عصاره آنزیمی و اندازه‌گیری فعالیت آنزیم، ۰/۵گرم از بذر جوانه‌زده را در ۱/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم ۵۰ میلی‌مولار (PH=7) که حاوی پلی-وینیل‌پیرولیدون یک درصد و EDTA، یک میلی‌مولار است، ساییده شد. همگن‌های حاصل به‌مدت۲۰ دقیقه با سرعت۱۰۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ و بخش رویی را به‌عنوان عصاره، برای سنجش‌های آنزیمی مورد استفاده قرار گرفت.

جهت اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز از محاسبه کاهش جذب H_2O_2 (کاهش مقدار H_2O_2) در طول موج ۲۴۰ نانومتر با اسپکتروفتومتر استفاده شد. مخلوط واکنش

شامل ۲۸۰۰ میکرولیتر بافر فسفات پتاسیم (۱۰ میلی-مولار (PH=7)) و۳۰ میکرولیتر پراکسید هیدروژن (۳۳ میلی‌مولار) بود. با اضافه‌کردن ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی به مخلوط ذکرشده، واکنش شروع می‌شود. میزان H_2O_2 موجود در مخلوط واکنش پس از یک دقیقه با استفاده از ε ضریب خاموشی (۴۰ بر سانتی‌متر بر مول) برای H_2O_2 و فرمول $A= \varepsilon bc$ محاسبه شد که نشان-دهنده میزان فعالیت آنزیم کاتالاز می‌باشد. A معادل جذب نوری خوانده‌شده، ε ضریب خاموشی، c غلظت H_2O_2 و b عرض کوت (بر حسب سانتی‌متر) می‌باشد. فعالیت آنزیمی به‌صورت واحد آنزیمی در مقدار پروتئین کل (میلی‌گرم) موجود در ۱۰۰ میکرولیتر عصاره در یک دقیقه محاسبه گردید (Velikova *et al.*, 2000).

سنجش مقدار پروتئین کل به‌روش برادفورد انجام گرفت. برای سنجش غلظت پروتئین به لوله‌های آزمایش حاوی ۱۰۰ میکرولیتر عصاره پروتئینی، پنج میلی‌لیتر معرف بیوره افزوده شد و سریعاً ورتکس گردید. پس از ۲۰ دقیقه جذب آن با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۹۵ نانومتر خوانده شد. غلظت پروتئین با استفاده از منحنی استاندارد محاسبه گردید.

آنالیز واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ مورد بررسی قرار گرفت و میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD مقایسه شدند.

نتایج و بحث

درصد و سرعت جوانه‌زنی

نتایج تجزیه واریانس (جدول۱) نشان داد که اثر تنش شوری، اسید سالسیلیک و برهمکنش آن‌ها بر درصد جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بیش-ترین درصد جوانه‌زنی (۸۴) در شرایط عدم تنش و غلظت ۰/۷۵میلی‌مولار اسید سالسیلیک و همچنین در شرایط شوری ۱۰۰میلی‌مولار و پیش‌تیمار ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالسیلیک به‌دست آمد (جدول ۳). با افزایش غلظت شوری (۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌مولار) درصد جوانه‌زنی بذور سیاه‌دانه کاهش یافت. کاهش درصد جوانه‌زنی با افزایش شوری همچنین ممکن است به‌دلیل کاهش جذب آب توسط بذر در اثر تنش شوری باشد، که باعث کاهش فرآیندهای فیزیولوژیک و متابولیک گردیده و لذا مواد ضروری برای ادامه حیات گیاه با مشکل روبرو می‌شود و باعث کاهش میزان جوانه‌زنی می‌گردد (Ashraf and Waheed, 1990). در حضور پیش‌تیمار با غلظت ۰/۷۵ میلی‌مولار درصد جوانه‌زنی افزایش یافت. افزایش درصد جوانه‌زنی در تنش شوری تحت تیمار اسید سالیسیلیک در تحقیقات شاکیرووا و بزروکووا (Shakirova and Bezrukova, 1997) و راجاسکاران و بلاک (Rajasekaran and Blake, 1999) نیز مشاهده شده بود که موید این است که پیش‌تیمار اسید سالیسیلیک در هنگام تنش، اثر مثبت بر درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر دارد.

اثر شوری در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل شوری در اسید سالسیلیک در سطح احتمال پنج درصد بر سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار شد (جدول۱). در بررسی اثر متقابل شوری و اسید سالسیلیک مشاهده شد که در شرایط عدم تنش شوری اختلاف معنی‌داری بین سطوح اسید سالسیلیک وجود نداشت و در سایر سطوح شوری پیش‌تیمار با غلظت ۰/۷۵ و ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالسیلیک دارای بیش‌ترین سرعت جوانه‌زنی بود (جدول۳). چنین به نظر می‌رسد که سالسیلیک اسید سبب کاهش اثر سمی و مخرب تنش شوری شده و جوانه‌زنی را افزایش داده است. گاتام و سینگ (Gautam and Singh, 2009) طی آزمایشی به این نتیجه رسیدند که اسید سالسیلیک به مقدار زیادی در تخفیف اثرات منفی تنش‌های شوری و اسمزی که ناشی از افزایش تولید اکسیژن‌های فعال بود، در طی فتوسنتز و جوانه‌زنی در ذرت موثر بود. نتایج مشاهده‌شده در این تحقیق مبنی بر کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی (افزایش میانگین زمان جوانه‌زنی) در شرایط تنش اسمزی با نتایج حسینی و رضوانی‌مقدم (Hosseini and Rezvani Moghaddam, 2006) در گیاه دارویی اسفرزه[1]، بورنت و همکاران (Burnett *et al.*, 2005)، در مریم گلی[2] و بورنت و همکاران (Burnett *et al.*, 2005) در همیشه بهار[3] مطابقت دارد. کاهش جوانه‌زنی بذر در اثر تنش اسمزی به کاهش رطوبت سلول و تاثیر آن بر ساخت پروتئین‌ها و ترشح هورمون‌ها نسبت داده شده و به‌طور کلی به‌دلیل

[1] *Plantago psyllium*
[2] *Salvia officinalis*
[3] *Calendala officinalis*

کاهش پتانسیل آب سلول‌های در حال رشد، درصد و سرعت جوانه‌زنی اکثر گیاهان در شرایط تنش رطوبتی کاهش می‌یابد (Krishramurthy *et al*., 1998).

انرژی جوانه‌زنی

نتایج تجزیه واریانس (جدول۱) نشان داد که پیش تیمار اسید سالسیلیک تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و اثر مستقیم تنش شوری و اثر متقابل شوری در اسید سالسیلیک تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر انرژی جوانه‌زنی دانه داشت. بیش‌ترین انرژی جوانه‌زنی (۳/۶) در شرایط بدون تنش شوری و غلظت ۱/۵میلی‌مولار اسید سالسیلیک به‌دست آمد که با غلظت ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار تنش شوری اختلاف معنی‌داری نداشت و از لحاظ آماری در یک گروه قرار گرفت. کم‌ترین میزان انرژی جوانه‌زنی در غلظت ۴۰۰ میلی‌مولار شوری به‌دست آمد. در شرایط عدم استفاده از پیش‌تیمار اسید سالسیلیک بین سطوح صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌مولار شوری تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید و در یک گروه قرار گرفتند. پیش‌تیمار با اسید سالسیلیک در سطوح متفاوت شوری موجب تحمل تنش شوری و جوانه‌زنی بذور سیاه‌دانه گردید. نتایج مشابهی در مورد اثر شوری بر انرژی جوانه‌زنی بذر در زیره سبز گزارش شده است (Zehtabsalmasi, 2008).

طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمار اسید سالسیلیک و تنش شوری و اثر متقابل شوری و اسید سالسیلیک تاثیر معنی‌داری بر طول ریشه‌چه و ساقه‌چه گیاهچه‌های سیاه‌دانه داشت (جدول۱). با توجه به جدول مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و اسید سالسیلیک (جدول ۳)، بالاترین طول ریشه‌چه در پیش‌تیمار اسید سالسیلیک ۱/۵ میلی‌مولار و بدون تنش شوری (۲/۷ سانتی‌متر) بود که با طول ریشه‌چه در سطوح اسید سالیسیلیک ۱/۵ میلی مولار در حضور شوری ۴۰۰ میلی-مولار اختلاف معنی‌داری نداشتند و از لحاظ آماری در یک گروه قرار گرفتند. طول ریشه‌چه در غلظت‌های مختلف شوری و بدون پیش‌تیمار با اسید سالیسیلیک کاهش یافت. بیش‌ترین طول ساقه‌چه (۱/۱۶ سانتی‌متر) در غلظت ۰/۷۵میلی‌مولار اسید سالسیلیک و در شوری صفر میلی‌مولار به‌دست آمد و با افزایش غلظت شوری طول ساقه‌چه کاهش یافت و کم‌ترین مقدار آن (۰/۲۶ سانتی‌متر) در شوری ۴۰۰ میلی‌مولار و در غلظت ۰/۷۵ میلی‌مولار اسید سالسیلیک به‌دست آمد. آل تیب (El-Tayeb, 2005)، مظاهری و کلانتری (Mazaheri and Kalantari, 2007)، هنان (Hanan, 2007) و قاسمی و خرمی‌وفا (Ghasemi Jobshahr and Khoramivafa, 2012) همگی کاهش طول ساقه‌چه را در غلظت‌های بالای اسید سالسیلیک گزارش کرده‌اند که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. یکی از دلایل کاهش طول ساقه‌چه در شرایط تنش، کاهش یا عدم انتقال مواد غذایی از لپه(ها) به جنین است (Kafi *et al*., 2006). با افزایش شوری، گیاه بخش بیش‌تری از مواد غذایی را به ریشه اختصاص می‌دهد تا رشد بیش‌تری داشته و بتواند آب بیش‌تری جذب کند. برخی از مطالعات نشان می‌دهد که بذرهای جوانه‌زده در محیط‌های شور دارای ساقه‌چه و ریشه‌چه کوتاه‌تری هستند و کلرید سدیم نسبت به سایر مواد شوری‌زا بر ظهور بافت‌های جنینی اثر بازدارندگی شدیدتری دارد. شوری به علت کندنمودن جذب آب باعث کاش طول ریشه و ساقه می‌شود (Katergi *et al*., 1994).

وزن تر و وزن خشک گیاهچه

نتایج تجزیه واریانس (جدول۱) نشان داد که پیش-تیمار اسید سالسیلیک و تنش شوری تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر وزن تر و وزن خشک گیاهچه‌های سیاه‌دانه داشتند، ولی اثر متقابل آن‌ها برای این دو صفت غیر معنی‌دار بود. مقایسه میانگین غلظت‌های مختلف پیش‌تیمار با اسید سالسیلیک نشان داد که دو سطح ۰/۷۵ و ۱/۵ میلی‌مولار موجب افزایش وزن تر و وزن خشک گیاهچه نسبت به شاهد گردید و همچنین دو غلظت اسید سالسیلیک به‌عنوان پیش‌تیمار اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول۲). افزایش طول ریشه‌چه و وزن تر گیاهچه حاصل از بذرهای پیش-تیمارشده با اسید سالیسیلیک احتمالا نتیجه تحریک فعالیت‌های متابولیک در داخل جنین بوده که سبب افزایش جذب آب، همانندسازی DNA، تحریک فعالیت RNA و در نتیجه پروتئین‌سازی و ترمیم غشای سلولی می‌شود. مجموعه این عوامل مقدمات جوانه‌زنی را فراهم آورده و زمانی که این بذرهای تیمارشده، تحت شرایط جوانه‌زنی قرار می‌گیرند، از شاهد تیمارنشده سبقت می‌گیرند (Joudi and Sharifzadeh, 2007).

جدول ۱-تجزیه واریانس صفات مختلف گیاهچه‌های سیاه‌دانه در شرایط تنش شوری و پیش‌تیمار اسید سالسیلیک

Table 1. Analysis of variance of different trait seedlins of *Nigella sativa* under salt stress and salicylic acid

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares									
		درصد جوانه‌زنی Germination Percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	انرژی جوانه‌زنی Seed germination energy	طول ریشه‌چه Primary Radicle length	طول ساقه‌چه Primary Shoot length	وزن تر گیاهچه Seedling Fresh weight	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight	شاخص بنیه بذر Seed vigor index	مالون دی-آلدئید Malondialdehyde	آنزیم کاتالاز Catalase
سالسیلیک اسید Salicylic acid (Sa)	2	30.82**	1.93^{ns}	1.8*	2.27**	0.144**	0.1**	0.13**	19.02**	0.052**	0.019**
شوری Salinity (S)	4	667.8**	68.7**	3.3**	1.04*	0.134**	0.2**	0.125**	3.93**	0.013**	0.022**
S×Sa	8	120**	11.04*	3.62**	1.2**	0.138**	0.028^{ns}	0.009^{ns}	0.047^{ns}	0.009**	0.002**
اشتباه آزمایشی Error	30	33.2	3.80	0.9	0.3	0.014	0.012	0.01	0.126	0.001	0.0005
ضریب تغییرات(%)CV		8.44	16.5	10.7	29	19.2	17.7	17.1	13.5	15.25	7.8

*: معنی‌دار در سطح ۵ درصد، **: معنی‌دار در سطح ۱ درصد، ns: غیر معنی‌دار

*:significant at the 5% level, **:significant at the 1% level, ns: not significant

جدول۲- مقایسه میانگین اثر اصلی سالسیلیک اسید و شوری بر جوانه‌زنی و خصوصیات رشد گیاهچه سیاه‌دانه

Table 2. Means comparison of main effect of salicylic acid and salinity on germination and seedling properties of *Nigella sativa L.*

		وزن تر گیاهچه (میلی‌گرم) Seedling Fresh weight (mg)	وزن خشک گیاهچه (میلی‌گرم) Seedling dry weight (mg)	شاخص بنیه بذر Seed vigor index
سطوح سالیسیلیک اسید Salicylic acid levels	0	0.54b	0.63b	2.35b
	0.75	0.69a	0.79a	4.75a
	1.5	0.67a	0.79a	4.74a
سطوح شوری Salinity levels	0	0.87a	0.93a	5.02a
	100	0.71b	0.75b	4.08b
	200	0.58c	0.70b	3.72bc
	300	0.55cd	0.68b	3.44c
	400	0.46d	0.62b	3.36c

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability levels using LSD test.

با افزایش غلظت شوری وزن تر و وزن خشک گیاهچه کاهش یافت (جدول۲). کاهش وزن گیاهچه در اثر افزایش غلظت شوری امری طبیعی بوده و نتایج محققان دیگر نیز این امر را ثابت کرده است (Francois, 1994; Redmann and Belyk, 1994; Ghasemi and Khoramivafa, 2012). از جمله دلایل کاهش را می‌توان از بین رفتن تعادل یونی و اسمزی دانست که از جمله آثار مخرب شوری به حساب می‌آید و ریشه اولین اندامی است که به‌دلیل جذب عناصر به‌طور مستقیم با تنش مواجه می‌گردد (Safarnejad and Hamidi, 2008). پیش‌تیمار با اسید سالسیلیک موجب افزایش وزن خشک و وزن تر گیاهچه گردید.

شاخص بنیه بذر

نتایج تجزیه واریانس حاکی از تاثیر غلظت‌های مختلف اسید سالسیلیک و شوری در سطح احتمال یک درصد بر شاخص بنیه بذر بود (جدول۱). پیش‌تیمار اسید سالسیلیک تاثیر مثبتی بر بنیه شاخص بذور داشت و باعث افزایش شاخص بنیه بذرهای پرایم‌شده (۴/۷۵) نسبت به شاهد (۲/۳۵) شد (جدول۲). بنیه بذر که می‌تواند شاخصی برای توان بذر جوانه‌زده به‌منظور ادامه رشد باشد، با افزایش شوری به‌طور چشمگیری کاهش یافت (جدول۲).

از آن‌جایی‌که شاخص بنیه بذر تابعی از طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و اندازه نهایی گیاهچه است، لذا با افزایش شوری و کاهش این صفات شاخص بنیه بذر نیز کاهش می‌یابد که تیمار اسید سالسیلیک سبب بهبود رشد و شاخص بنیه بذر می‌گردد که این مسئله باعث سریع‌تر سبزشدن ساقه‌چه‌ها می‌شود (Basra *et al*., 2005).

جدول۳- مقایسه میانگین اثر متقابل سالسیلیک اسید و شوری بر جوانه‌زنی و ویژگی‌های رشد گیاهچه سیاه‌دانه

Table 3. Means comparison of interaction effects of salicylic acid and salinity on germination and seedling properties of *Nigella sativa L.*

سطوح سالیسیلیک اسید Salicylic acid levels	سطوح شوری Salinity levels	درصد جوانه‌زنی Germination Percentage (%)	سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز) Germination rate Seed per day)	انرژی جوانه‌زنی Seed germination energy	طول ریشه‌چه (میلی‌متر) Primary radicle length (mm)	طول ساقه‌چه (میلی‌متر) Primary shoot length (mm)	آنزیم کاتالاز (میلی مول بر گرم بر دقیقه) Catalase (U/mg protein)	آنزیم مالون‌دی‌آلدئید (میکرومول بر گرم وزن تر) Malondialdehyde (µM/Gfw)
شاهد control	0	78ab	14.01abcd	2.92bc	1.53bcde	0.96b	0.010h	1.6e
	100	65.36e	12.6bcde	2.53dc	1.5bcd	1.14ab	0.065g	2.7c
	200	69.66bcde	12bcdef	2.88bc	1.32bcdef	1.12ab	0.08e	3.4b
	300	64e	10.8def	2.5dc	1.6bc	1.03ab	0.053g	3.9ab
	400	52g	6.6g	1.89e	0.5fg	1.12ab	0.066fg	4.1a
0.75	0	84a	15.23ab	2.97bc	1.5bcde	1.16a	0.011h	2.43cd
	100	68cde	12.43bcde	2.68dc	1.11cdefg	0.96b	0.14d	2.15cde
	200	66.6de	12.9bcde	2.66dc	0.26g	1.08ab	0.162a	2.16cde
	300	64e	11.54def	3.1ab	0.65efg	0.98ab	0.147bcd	2.3cd
	400	62ef	8.9gf	2.9bc	1.8abc	0.26c	0.143cd	2.43cd
1.5	0	76abcd	16.2a	3.6a	2.7a	1.01ab	0.012h	1.8de
	100	80a	14.11abc	3.2ab	1.5bcde	1.09ab	0.085e	2.23cde
	200	77.33abc	14.23abc	3.24ab	2.02abc	1.06ab	0.157ab	1.9de
	300	54.33fg	6.03g	2.2de	0.7defg	1.02ab	0.161a	2de
	400	61.3efg	10.12ef	2.9bc	2.2ab	1.02ab	0.153abc	2.33cd

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌دار با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability levels using LSD test.

مالون‌دی‌آلدئید

نتایج تجزیه واریانس (جدول۱) نشان داد که اثر سطوح متفاوت از تنش شوری، اسید سالسیلیک و اثر متقابل آن‌ها اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر مقدار مالون‌دی‌آلدئید داشتند. مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری در اسید سالسیلیک (جدول۳) نشان داد که تحت شرایط تنش شوری و بدون پیش‌تیمار با اسید سالسیلیک میزان مالون‌دی‌آلدئید افزایش یافت. بالاترین میزان مالون‌دی‌آلدئید در تنش شوری ۴۰۰ میلی‌مولار (۴/۱) و پایین ترین میزان آن (۱/۶) در شرایط بدون شوری و غلظت صفر میلی‌مولار اسید سالسیلیک (شرایط شاهد) به‌دست آمد که بدون اختلاف معنی‌داری با

غلظت‌های ۰/۷۵ و ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالسیلیک در غلظت‌های بالاتر شوری بود. بنابراین در این مطالعه غلظت مالون‌دی‌آلدئید فراورده پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی و پراکسیداسیون هیدروژن تحت تنش شوری افزایش نشان داد. تنش شوری باعث تولیدرادیکال‌های آزاد اکسیژن (ROS) می‌شود که افزایش این رادیکال‌ها با آغاز واکنش‌های زنجیره‌ای می‌تواند منجر به آسیب ماکرومولکول‌هایی مانند پروتئین‌ها، لیپیدها و اسیدهای نوکلئیک شود (McCord, 2000).

کاهش میزان مالون‌دی‌آلدئید در تیمارهای دارای اسید سالسیلیک بیانگر نقش حفاظتی اسید سالسیلیک بر غشاهای سلولی می‌باشد. بنابراین اسید سالسیلیک در تثبیت غشاهای سلولی شرکت می‌کند (Mishra and Choudhuri, 1999) و با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در برگ‌ها منجر به تعدیل آسیب اکسیداتیو می‌گردد، به‌طوری‌که با کاهش مقادیر مالون‌دی‌آلدئید نشان داده شده است. با مصرف اسید سالسیلیک تحت شرایط شوری در گیاه عدسک آبی، میزان مالون‌دی‌آلدئید کاهش یافت (Panda and Upadhyay, 2004). مالون-دی‌آلدئید فراوان‌ترین محصول حاصل از تجزیه لیپید آلدئیدی به‌شمار می‌آید (Davey *et al*., 2005). پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی که نتیجه اثرات رادیکال‌های آزاد هستند، نشان‌دهنده آسیب تنش در سطح سلولی می‌باشد. بنابراین محتوای مالون‌دی‌آلدئید حاصل از پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی، بیش‌تر به-عنوان یک شاخص برای آسیب اکسیداتیو به‌کار می‌رود (Demiral and Turkan, 2005).

فعالیت آنزیم کاتالاز

نتایج تجزیه واریانس (جدول۱) نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش شوری، اسید سالسیلیک و اثر متقابل آن‌ها اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر فعالت آنزیم کاتالاز داشتند. نتایج حاصل از مقایسه میانگین (جدول ۳) تأثیر پیش‌تیمار بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز تحت شرایط تنش شوری نشان داد که پیش‌تیمار بذر با سالسیلیک اسید باعث افزایش معنی‌دار میزان فعالیت آنزیم کاتالاز نسبت به شاهد شده است. همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌کنید در بذرهای پرایم‌شده با اسید سالسیلیک ۱/۵ میلی‌مولار و غلظت‌های صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار شوری میزان فعالیت آنزیم کاتالاز بسیار بالا بود و نسبت به بذرهای تیمارنشده با سالسیلیک اسید در سطوح تنش شوری افزایش معنی‌داری نشان داد. طبق نتایج مشاهده می‌شود که آنزیم کاتالاز در گیاهان رشد کرده از بذرهای پیش‌تیمارشده بیش‌تر از بذرهای پیش‌تیمارنشده است. موسوی و همکاران (Moosavi *et al*., 2009) نیز نشان دادند پیش‌تیمار بذرهای گل همیشه‌بهار فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت به‌خصوص کاتالاز و پراکسیداز را در مقایسه با بذرهای پرایم‌نشده افزایش می‌دهد. دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در اثر پیش‌تیمار می‌تواند در اثر ساخت DNA در جنین در مدت پیش‌تیمار و در غیاب سلول‌های تقسیم‌شونده و به‌دنبال آن افزایش سرعت سنتز DNA در بافت جنین باشد. افزایش در سرعت سنتز DNA در بذرهای پیش‌تیمارشده، تنها پس از شش تا ۱۲ ساعت پس از اعمال پیش‌تیمار گزارش شده است (Bray *et al*., 1989; Farhoudi *et al*., 2011).

نتیجه‌گیری نهایی

افزایش شوری باعث کاهش شدید جوانه‌زنی بذرها گردید. با افزایش غلظت شوری، رشد گیاهچه (طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن تر و خشک گیاهچه، شاخص بنیه بذر و انرژی جوانه‌زنی بذر)کاهش یافت. بر اساس نتایج به-دست‌آمده از آزمایش می‌توان گفت که هر چند با افزایش تنش شوری، میزان رشد و عملکرد گیاهچه سیاه‌دانه کاهش پیدا کرد اما با به‌کارگیری اسید سالسیلیک می‌توان تا حدی از بروز اثرهای سوء تنش شوری بر ویژگی‌های رشدی و عملکرد این گیاه کاست. نظر به این‌که بیش‌تر اراضی کشور با تنش شور ی خاک روبرو هستند، از این رو می‌توان در اجرای پروژه‌های زیست‌شناختی پیش از بذرپاشی، بذور گیاه سیاه‌دانه را با کاربرد مواد مناسبی از قبیل اسید سالسیلیک پیش‌تیمار سازی نمود. دو غلظت ۰/۷۵ و ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالسیلیک اثر مثبتی بر جوانه‌زنی داشته و سبب افزایش مقاومت گیاهچه‌های سیاه‌دانه تحت تنش شوری می‌شود.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از مسئول آزمایشگاه بیوتکنولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

Alebrahim, M.T., Sabaghnia, N., Ebadi, A. and Mohebodini, M. 2004. Investigation the effect of salt and drought stress on seed germination of thyme medicinal plant (*Thymus vulgaris*). Journal Research in Agriculture Science, 1: 13-20. **(Journal)**

Ashraf, M. and Waheed, A. 1990. Screening of local exotic of lentil (*Lens culinaris* Medik*)* for salt tolerance at two growth stage. Plant and Soil, 128: 167-176. **(Journal)**

Basra, S.M.A., Afzal, I., Rashid, R.A. and Hameed, A. 2005. Inducing salt tolerance in soybean by seed vigor enhancement techniques. Journal of Biotechnology and Biochemical, 1: 173-179. **(Journal)**

Bray, C.M., Davision, P.A., Ashraf, M. and Taylor, R.M. 1989. Biochemical changes during osmopriming of leek seed. Annals of Botany, 63: 185-193. **(Journal)**

Burnett, S., Thomas, P. and Van Iersel, M. 2005. Postgermination drenches with PEG-8000 reduce growth of salvia and marigolds. HortScience, 40: 675-679. **(Journal)**

Burnett, S.E., Pennisi, S.V., Thomas, P.A. and Iersel, M.W. 2005. Controlled drought affects morphology and anatomy of *Salvia solendens*. Journal of the American Society for Horticultural Science, 130(5): 775-781. **(Journal)**

Davey, M.W.E., Stals, B., Panis, J., Keulemans, R. and Swennen, L. 2005. High throughput determination of malondialdehyde in plant tissues. Analytical Biochemistry, 345: 201-207. **(Journal)**

Demiral, T. and Turkan, I. 2005. Comparative lipid peroxidation, antioxidant defens systems and proline content in roots of two rice cultivars differing in salt tolerance. Environmental and Experimental Botany, 53:247-257. **(Journal)**

El-Tayeb, M.A. 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regulation, 45: 215-225. **(Journal)**

Farhoudi. R., Saeedipour, S. and Mohammadreza, D. 2011. The effect of NaCl seed priming on salt tolerance, antioxidant enzyme activity, and prolin and carbohydrate accumulation of Muskmelon (*Cucumis melo* L.) under saline condition. African Journal of Agriculture Research, 6:1363-1370. **(Journal)**

Fathi Amirkhiz, K., Omidi, H., Heshmati, S. and Jafarzadeh, L. 2012**.** Accelerating reviews on seed vigor and germination characteristics in medicinal plant Black cumin (*Nigella sativa* L.) undr salinity stress. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 10(2): 299-310. (In Persian)**(Journal)**

Francois, L.E. 1994. Growth, seed yield and oil content of canola grown under saline conditions. Agronomy Journal, 86: 233-234. **(Journal)**

Garratt, A., Schmidt, L., Mackintosh, A. and Fitzpatrick, R. 2002. Quality of life measurement: bibliographic study of patient assessed health outcome measures. Diabetic Medicine, 19(1):1-11. **(Journal)**

Gautam, S. and Singh, P.K. 2009. Salicylic acid induced salinity tolerance in corn grown under NaCl stress. Acta physiologiae Plantarum, 31: 1185-1190. **(Journal)**

Ghasemi Jobshahr, E. and Khoramivafa, M. 2012. Effect of pretreatment of salicylic acid on germination and seedling properties *Callendulla officinalis* in salt stress condition. Plant Production Technology, 12(2): 57-70. (In Persian)**(Journal)**

Hanan, E.D. 2007. Influence of salicylic acid on stress tolerance during seed germination of Triticum aestivum and Hordeum vulgare. Biological Research, 1: 40-48. **(Journal)**

Heath, R.L. and Packer, L. 1969. Photoperoxidation in isolated chloroplastkinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. Archives of Biochemistry and Biophysics, 125: 189-198. **(Journal)**

Hosseini, H. and Rezvani Moghadam, P. 2006. Effect of water and salinity stress in seed germination on Isabgol (*Plantago ovata*). Iranian Journal of Field Crops Research, 4(1):15-22. (In Persian)**(Journal)**

Ilan, B., Wentao, X., Einat, B., Mwafaq, I., Amnon, S., Aaron, F. and Efraim, L. 2012 . Distribution of primary and specialized metabolits in *Nigella Sativa* seeds, a spice with vast traditional and historical uses. Molecules, 17: 10159-10177. **(Journal)**

Joudi, M. and Sharifzadeh, F. 2007. Study of the effect of hydropaymine on different barley varieties. Desert, 11(1):99-109. (In Persian)**(Journal)**

Kafi, M. and Rahimi, Z. 2010. The effect of different levels of salinity on plant germination properties of purslane (*Portulaca oleracea* L.). Iranian Journal of Agricultural Research, 8(4): 615-621. (In Persian)**(Journal)**

Kafi, M., Nezami, A., Hosseini, H. and Masoumi, A. 2006. Physiological effects of drought stress caused by polyethylene glycol on germination of lentil genotypes. Iranian Journal of Field Crops Research, 3(1):69-79. (In Persian)**(Journal)**

Katergi, N., Van Hoorn, J.W., Hamdy, A., Karam, F. and Mastrortilli, M. 1994. Effect of salinity on emergence and on water stress early seedling growth of sunflower and maize. Agricultural Water Management, 26: 81-91. **(Journal)**

Khorramdel, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M. and Ghorbani, R. 2011**.** Effect of biofertilizers on the yield and components of black cumin (*Nigella sativa* L.). Iranian Journal of Field Crops Research, 8(5):768-776. (In Persian)**(Journal)**

Krishramurthy, L., Ito, O., Johansen, C. and Saxsena, N.P. 1998. Length to weight ratio of chickpea roots under progressively reducing soil moisture conditions in a vertisol. Field Crops Research, 58: 177-185. **(Journal)**

Mazaheri Tirani, M. and Manouchehri Kalantari, K.H. 2007. Investigation of three factors of salicylic acid, drought stress and ethylene and their interaction on seed germination of *Brassica napus L*. Iranian Journal of Biology, 9:408-418. (InPersian)**(Journal)**

McCord, J.M. 2000. The evolution of free radicals and oxidative stress. American Journal of Medicine, 108:652 –659. **(Journal)**

Miller, T.R. and Chapman, S.R. 1978**.** Germination responses of three forage grasses to different concentration of six salts. Journal of Range Management, 31(2): 123-124. **(Journal)**

Mishra, A. and Choudhuri, M.A. 1999. Effects of salicylic acid on heavy metal induced membrane deterioration mediated by lipoxygenase in rice. Biologia Plantarum, 42: 409-415. **(Journal)**

Moosavi, A., Tavakkol-Afshari, R., Sharif-Zadeh, F. and Aynehband, A. 2009. Effect of seed priming on germination characteristics, polyphenol oxidase, and peroxidase activities of four amaranth cultivars. Journal of Food Agriculture Environment, 7: 353-358. (In Persian)**(Journal)**

Moradi, R. and Rezvani Moghaddam, P. 2010. Study the effects of prepriming seed with salicylic acid in salinity stress condition, on germination and growth characteristics of Foeniculum vulgareMill (Fennel). Iranian Journal of Crop Sciences, 8(3): 489-500. (In Persian)**(Journal)**

Orcutt, D.M. and Nilsen, E.T. 2000. The Physiology of Plants under Stress Soil and Biotic Factors. John Wiley and Sons Inc., New York, 680 p. **(Book)**

Panda, S.K. and Upadhyay, R.K. 2004. Salt stress induces oxidative alterations and antioxidative defense in in the roots of Lemna minor. Biologia Plantarum , 48(2): 249-253. **(Journal)**

Rajasekaran, L.R. and Blake, T. 1999. New plant growth regulator protect photosynthesis and enhance growth under drought of jack pine seedlings. Journal of Plant Growth Regulation, 18:175-181. **(Journal)**

Ramana, S., Biswas, A.K., Kundu, S., Saha, J.K. and Yadava, R.B.R. 2002. Effect of distillery effluent on seed germination in some vegetable crops. Bioresource Technology, 82 (3): 273-275. **(Journal)**

Redmann, R.E. and Belyk, M. 1994. Growth of transgenetic and standard canola (*Brassica napus* L.) varieties in response to soil salinity. Canadian Journal of Plant Science, 74(4): 797-799. **(Journal)**

Safarnejad, A. and Hamidi, H. 2008. Study of morphological characters of Foeniculum vulgare under salt stress. Iranian Journal of Rangeland and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 16(1):125-140. (In Persian)**(Journal)**

Senaranta, T., Touchell, D., BumM, E. and Dixon, K. 2002. Acetylsalicylic (aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. Plant Growth Regulation, 30: 157-161. **(Journal)**

Shakirova, F.M. and Bezrukova, M.V. 1997. Induction of wheat resistance against environmental salinization by salicylic acid. Biology Bulletin, 24: 109–112.

Sharikova, F., Sakhabutdinova, A., Bezrukova, M., Fatkhutdinova, R. and Fatkhudinova, D. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedling induced by salicylic acid and salinity. Plant Science, 164:317-322. **(Journal)**

Velikova, V., Yordanov, I. and Edreva, A. 2000. Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants. Plant Science, 151: 59-66. **(Journal)**

Wang, L., Chen, S., Kong, W., Archbold, D.D. and Li, S. 2006. Salicylic acid pretreatment alleviates chilling injury and affects the antioxidant system and heat shock proteins of peaches during cold storage. Postharvest Biology and Technology, 41: 244-251. **(Journal)**

Zehtabsalmasi, S. 2008. The effect of salinity on seed germination and pre-treatment of German chamomile. Research and Agriculture, 2(2): 28-30. (In Persian)**(Journal)**

Investigating effect of salicylic acid on germination and activity of some enzymes antioxidant *of Nigella sativa* L. under salt stress conditions

Batool Zarei[1*], Arash Fazeli[2], Zahra Taghipour[3]

Received: January 13, 2019 Accepted: April 30, 2019

Abstract

In order to investigate the effect of salicylic acid on germination properties under salinity conditions, a factorial design based on complementary randomized design with three replications. The test factors consisted of salicylic acid at three levels (zero, 0.75 and 1.5 millimolar) and salinity stress at five levels (0, 100, 200, 300 and 400 millimolar). The effects of salicylic acid and salinity stress on seed vigor index, fresh weight and seedling dry weight were significant. The effects of salicylic acid and salinity on other traits were significant at 1% probability level. The results showed that salinity significantly reduced germination and seedling growth, but salicylic acid improved germination indices and increased germination in stressed treatments. With increasing salinity stress, the rate and germination percentage decreased. The maximum rate of germination was obtained in saline silicic acid (1.5mM) treatment under non salinity conditions. Pre-treatment significantly increased the activity of catalase enzyme compared to pretreatment and decreased malondialdehyde in salicylic acid treatments. Pre-treatment at a concentration of 1.5 (mM), while also having more effect on germination, increased the resistance of seedlings of *Nigella sativa* under salinity stress.

Key words: Catalase; Germination; Malondialdehyde; Salicylic acid; Salinity stress

How to cite this article

Zarei, B., Fazeli, A. and Taghipour, Z. 2020. Changes Investigating effect of salicylic acid on germination and activity of some enzymes antioxidant *of Nigella sativa* L. under salt stress conditions. Iranian Journal of Seed Science and Research, 7(2): 241-252. (In Persian)(**Journal)**
DOI: 10.22124/jms.2020.4580

COPYRIGHTS

Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to the Iranian Journal of Seed Science and Research

The content of this article is distributed under Iranian Journal of Seed Science and Research open access policy and the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY4.0) License. For more information, please visit http://jms.guilan.ac.ir/

1. Ph.D of Genetic Engineering, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran
2. Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran
3. Ph.D Candidate of Genetic Engineering, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran
*Corresponding author: batoolzarei90@gmail.com