علوم و تحقیقات بذر ایران
سال هشتم/ شماره چهارم/ ۱۴۰۰ (۳۹۵ - ۳۸۵)
مقاله پژوهشی
DOI: 10.22124/jms.2021.5287

تغییرات کیفیت بذرهای سویا در واکنش به سالیسیلیک اسید و جاسمونیک اسید تحت تنش شوری

سالار فرهنگی‌آبریز[۱]، کاظم قاسمی گلعذانی[۲*]

تاریخ دریافت: ۹۹/۱۱/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱/۳۰

چکیده

این آزمایش برای بررسی اثر سطوح مختلف شوری (غیر شور، ۴، ۷ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) و محلول‌پاشی هورمونی (آب‌پاشی، یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید، نیم میلی‌مولار جاسمونیک اسید و یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید + نیم میلی-مولار جاسمونیک اسید) بر تغییر کیفیت بذرهای سویا (*Glycine max* cv. M7) انجام پذیرفت. شوری موجب افزایش محتوای سدیم در بذرها شد، اما محتوای پتاسیم و کلسیم، وزن تک بذر، سرعت جوانه‌زنی بذر و وزن گیاهچه را کاهش داد. با این حال، تیمار نمک روی گیاهان، درصد جوانه‌زنی بذرهای حاصل را تحت تأثیر قرار نداد. محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید سبب کاهش محتوای سدیم بذر و افزایش محتوای کلسیم و پتاسیم بذر، وزن تک بذر، سرعت جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه سویا شد. محلول‌پاشی جاسمونیک اسید محتوای سدیم، پتاسیم و کلسیم بذر، وزن تک بذر، وزن خشک گیاهچه سویا را کاهش داد، ولی اثری بر سرعت و درصد جوانه‌زنی بذرهای سویا نداشت. گیاهان تیمارشده با سالیسیلیک اسید + جاسمونیک اسید بذرهای بزرگ‌تر تولید نمودند، اما اثر این تیمار هورمونی بر سرعت جوانه‌زنی و وزن گیاهچه مشابه با گیاهان تیمارشده با سالیسیلیک اسید بود. بر اساس نتایج حاصل، محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید به‌صورت تکی و یا به‌همراه جاسمونیک اسید می-تواند با کاهش محتوای سدیم و افزایش کلسیم و پتاسیم در بذرهای تولیدی سویا راهکار مناسبی برای بهبود کیفیت آن‌ها در شرایط شوری باشد.

واژه‌های کلیدی: جوانه‌زنی، جاسمونیک اسید، رشد گیاهچه، سالیسیلیک اسید، شوری

۱- محقق پسادکتری گروه اکوفیزیولوژی گیاهی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران farhanghi@hotmail.com
۲- استاد گروه اکوفیزیولوژی گیاهی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران golezani@gmail.com
*نویسنده مسئول: golezani@gmail.com

مقدمه

محیط و تغذیه گیاه مادر از مهم‌ترین عواملی هستند که قدرت بذر را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Ghassemi-Golezani *et al.,* 2012). شرایط نامساعد محیطی بر قدرت بذرها روی گیاهان مادر به‌طور غیرمستقیم اثر کرده و عواقب آن در عملکرد توده‌های بذری بعد از برداشت و در شرایط مزرعه‌ای ظاهر می‌گردد (Ghassemi-Golezani *et al.*, 2014; Shelar, 2015). قاسمی گلعذانی و همکاران (Ghassemi-Golezani *et al.,* 2018) با تحقیق روی سویا نشان دادند که شوری با کوتاه کردن طول دوره پر شدن بذرها و تسریع رسیدگی آن‌ها موجب کاهش میانگین وزن بذر سویا می‌گردد. دو و همکاران (Do *et al.*, 2016) نیز گزارش کردند که وزن تک بذر سویا بر اثر تنش شوری کاهش می‌یابد. آن‌ها دریافتند که افت وزن بذر بر اثر تنش می‌تواند به‌دلیل کوتاه‌شدن دوره پرشدن در مقایسه با شرایط طبیعی و زرد شدن برگ‌ها و ریزش آن‌ها تحت تنش باشد که ساخت و انتقال مواد فتوسنتزی را به دانه‌ها کاهش می‌دهد. خواجه حسینی و همکاران (Khajeh-Hosseini *et al.,* 2003) هم پی بردند که شوری موجب تسریع پیری در بذرهای سویا شده و از کیفیت آن‌ها می‌کاهد. در تحقیق دیگری، قاسمی گلعذانی و روزبه (Ghassemi-Golezani and Roozbeh, 2011) با ارزیابی اثر تنش شوری بر کیفیت بذرهای نخود در طول پرشدن نشان دادند که شوری موجب کاهش کیفیت بذرها در مراحل مختلف پرشدن بذرها می‌گردد. به‌طوری‌که درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرهای تولیدی تحت تنش شوری کم‌تر از بذرهای تولیدی در شرایط غیر شور بوده است. جلیل و همکاران (Jaleel *et al.,* 2007) علت کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرها تحت تنش شوری را به اختلالات متابولیک مربوط با افزایش پراکسیداسیون لیپیدی در بذرها مرتبط دانستند. کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی یکی از روش‌هایی است که ممکن است کیفیت بذرها روی گیاه مادر را تغییر دهد. سالیسیلیک اسید و جاسمونیک اسید از مهم‌ترین تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی هستند که توانایی افزایش مقاومت گیاه به شوری و تغییر در فرآیند تشکیل بذر را دارا می‌باشند.

سالیسیلیک اسید یک متابولیت ثانوی در گیاهان می‌باشد که به‌عنوان یک عامل مقاومت گیاه در برابر تنش‌های زیستی و غیرزیستی عمل می‌نماید. سالیسیلیک اسید یا ارتوهیدروکسی‌بنزوئیک یک ترکیب فنلی است که نقش محوری در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیک مختلف مانند جوانه‌زنی، رشد، فتوسنتز و جذب یون‌ها ایفا می‌کند (Khan *et al.,* 2015). به‌طور کلی، سالیسیلیک اسید اثراتی مانند القای گلدهی، جذب عناصر غذایی، پایداری غشا (Appu and Muthukrishnan, 2014)، روابط آبی، عملکرد روزنه‌ها (Miura and Tada, 2014)، بازدارندگی سنتز اتیلن، افزایش رشد (Khan *et al.,* 2015) و مقابله با تنش اکسیداتیو (Farhangi-Abriz and Ghassemi-Golezani, 2018) در گیاهان دارد. بر اساس تحقیقات انجام‌شده، سالیسیلیک اسید می‌تواند اثرات شوری را در گیاهان مختلف کاهش دهد (Hoang *et al.,* 2020; Farhangi-Abriz *et al.,* 2020). سالیسیلیک اسید نه تنها توانایی افزایش مقاومت گیاه مادر را به شرایط شوری افزایش می‌دهد، بلکه تغییراتی را نیز در مراحل زایشی گیاه تحت تنش شوری انجام می‌دهد. برای مثال، قاسمی گلعذانی و همکاران (Ghassemi-Golezani *et al.,* 2018) نشان دادند که تیمار سویا با سالیسیلیک اسید تحت تنش شوری دوره پرشدن بذرها و درصد انتقال مواد فتوسنتزی به آن‌ها را افزایش می‌دهد، هر چند که سرعت پرشدن بذرها تغییر معنی‌داری پیدا نمی‌کند. در تحقیق دیگری نیز لطفی و قاسمی گلعذانی (Lotfi and Ghassemi-Golezani, 2015) با بررسی اثر سالیسیلیک اسید بر کیفیت بذرهای ماش تولیدشده در شرایط شور، به این نتیجه رسیدند که این تنظیم‌کننده رشد گیاهی کیفیت بذرهای سویا را به‌طور چشم‌گیری افزایش می‌دهد.

جاسمونیک اسید یکی دیگر از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی است که در موقع حملات پاتوژنی به گیاهان موجب ایجاد مقاومت در آن‌ها می‌شود. جاسمونیک اسید از خانواده جاسمونات‌ها دارای اثرات تحریک‌کنندگی و بازدارندگی مختلفی در فیزیولوژی و مورفوژنز گیاه است، به‌طوری‌که برخی از اثرات آن شبیه اتیلن و آبسیزیک اسید است (Farhangi-Abriz and Ghassemi-Golezani, 2020). کاربرد جاسمونیک اسید خارجی روی رشد طولی ریشه، کالوس‌زایی گیاه، فعالیت‌های فتوسنتزی به‌ویژه فعالیت آنزیم روبیسکو اثر منفی دارد. از سوی دیگر اثرات القایی جاسمونات‌ها بر رشد و تشکیل

ریشه‌های نابجا، شکسته‌شدن خواب بذر، رسیدگی سریع نیام، تشکیل غده، بسته‌شدن روزنه‌ها در شرایط تنش، بیوسنتز پروتئین و تشکیل جوانه‌های گل در برخی از گیاهان و تولید اتیلن مشاهده شده است (Wasternack and Strnad, 2016; Boter *et al*., 2015). جاسمونیک اسید به‌طور کلی سنتز کلروفیل را در برگ‌های پیر کاهش می‌دهد و انتقال نیتروژن و سایر مواد محلول در برگ‌های پیر را به سمت برگ‌های جوان افزایش داده و از این طریق فعالیت برگ‌های جوان را در شرایط تنش شوری و سایر تنش‌های غیرزیستی در وضعیت مطلوب نگه می‌دارد (Kazan, 2015). قاسمی گلعذانی و همکاران (Ghassemi-Golezani *et al.,* 2020) با بررسی اثر جاسمونیک اسید روی گلرنگ گزارش کردند که تیمار این گیاه با جاسمونیک اسید در افزایش کارآیی شیمیایی فتوسیستم II مؤثر است. این تنظیم‌کننده رشد گیاهی از طریق ذخیره‌سازی کربن و نیتروژن در اندام‌های رویشی گیاه در مواقع تنش شوری یا اسمزی می‌تواند از طریق کمک به تأمین یون‌های مورد نیاز برای رشد گیاه به افزایش رشد و مقاومت آن به تنش کمک کند (Farhangi-Abriz and Ghassemi-Golezani, 2019). نقش دیگر جاسمونیک اسید در تنظیم اسیدیته کلروپلاست در تنش‌های غیر زیستی مانند شوری است و از این طریق فتوسنتز را در شرایط مطلوب نگه می‌دارد، از سوی دیگر این تنظیم‌کننده رشد گیاهی با القای سنتز سایر تنظیم‌کننده‌ها که در افزایش مقاومت به تنش در گیاهان نقش دارند، موجب بهبود شرایط مقاومت گیاه تحت تنش‌های مختلف محیطی مانند شوری می‌شود (Verma et al., 2016). در مورد اثر جاسمونیک اسید بر کیفیت بذر مطالعات اندکی انجام شده است، قاسمی گلعذانی و همکاران (Ghassemi-Golezani *et al.,* 2018) با بررسی اثر محلول‌پاشی جاسمونیک اسید بر سویا به این نتیجه رسیدند که جاسمونیک اسید موجب کاهش دوره پرشدن و انتقال مواد فتوسنتزی به بذرها می‌شود، ولی سرعت انتقال مواد را به بذرها افزایش می‌دهد. با توجه به نقش مؤثر سالیسیلیک اسید و جاسمونیک اسید در افزایش مقاومت گیاهان به شوری، این پژوهش برای ارزیابی اثرات ممکن سالیسیلیک اسید و جاسمونیک اسید بر افزایش کیفیت بذرهای سویا روی گیاه مادر طراحی و اجرا گردیده است.

مواد و روش‌ها

شرایط آزمایش

این آزمایش در سال ۱۳۹۶ به‌صورت فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی گروه اکوفیزیولوژی گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز انجام شد. برای رشد گیاهان از نور طبیعی استفاده گردید و میانگین دمای گلخانه در حدود ۲۵ تا ۲۸ درجه سلسیوس بود. در این آزمایش از بذرهای رقم M7 سویا استفاده شد. تیمار شوری شامل غیر شور، ۴، ۷ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر کلرید سدیم بود که به‌صورت محلول به گلدان‌ها اضافه گردیدند. تیمارهای هورمونی شامل محلول‌پاشی یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید، نیم میلی‌مولار جاسمونیک اسید و یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید + نیم میلی‌مولار جاسمونیک اسید به‌همراه آب‌پاشی روی گیاهان شاهد بودند. محلول‌پاشی هورمونی در دو مرحله رویشی (V_1، V_2) و یک مرحله زایشی (R_2) انجام گرفت. در این آزمایش، ۵۲ گلدان پلاستیکی هر یک با قطر دهانه ۳۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر مورد استفاده قرار گرفت که ۴۸ گلدان مربوط به تیمارهای آزمایش بود و ۴ گلدان نیز برای تعیین زمان آبیاری و نگهداری پتانسیل آب بستر کشت در محدوده ظرفیت مزرعه‌ای تحت سطوح مختلف شوری در نظر گرفته شده بودند. بستر کشت بذرها در این آزمایش برای هر گلدان پرلیت دانه متوسط بود (۱ کیلوگرم پرلیت در هر گلدان). تأمین نیاز غذایی گیاهچه‌های سویا با استفاده از محلول غذایی هوگلند با هدایت الکتریکی ۱/۳ دسی‌زیمنس بر متر و با اسیدیته ۷/۲ انجام گردید. هدایت الکتریکی محلول غذایی با دستگاه مخصوص سنجش هدایت الکتریکی و اسیدیته آن با دستگاه pH meter اندازه‌گیری شدند. در دوره رشد و نمو گیاهان سویا با توزین مکرر گلدان‌های کشت‌نشده، کمبود آب از حد ظرفیت مزرعه‌ای با محلول غذایی هوگلند یا آب شهری جبران گردید. مقادیر معینی از سدیم کلراید خالص در آب حل گردیده (تقریباً ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ میلی مولار NaCl در لیتر که به‌ترتیب موجب ایجاد شوری‌های ۴، ۷ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر گردیدند) و در موقع کاشت به گلدان‌ها اضافه شد. هدایت الکتریکی آب خروجی از گلدان‌ها اندازه‌گیری گردید تا از شوری‌های مورد نظر اطمینان حاصل شود.

برای جلوگیری از افزایش هدایت الکتریکی بر اثر محلول غذایی هوگلند، گلدان‌ها هر ۳۰ روز یک‌بار با آب شهری شسته شده و دوباره تیمارهای شوری اعمال گردیدند. در پایان دوره آزمایش (۱۲۳ روز پس از کشت و در مرحله رسیدگی بذرها)، ۴ بوته از هر گلدان برداشت و صفات کیفی بذرها در آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشگاه تبریز مورد آزمون قرار گرفتند.

محتوای عناصر سدیم، پتاسیم و کلسیم بذرها

یک گرم از بذرها در دمای ۸۰ درجه سلسیوس به‌مدت ۴۸ ساعت خشکانده شدند. سپس در کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس خاکستر گردیدند. روی هر نمونه ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک یک نرمال اضافه و به‌مدت ۲۰ دقیقه روی بن‌ماری گذاشته شد و روی بوته چینی‌ها با شیشه‌های ساعتی پوشیده گردید. در ادامه، محتویات با استفاده از کاغذ صاف گردیده و در داخل بالن با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس غلظت عناصر در این محلول‌ها توسط دستگاه فلیم‌فتومتر اندازه‌گیری شدند (Westerman, 1990).

وزن تک بذر و آزمون جوانه‌زنی

وزن بذرهای سویا (با حدود ۱۴ درصد رطوبت) در هر بوته با استفاده از ترازوی حساس توزین و سپس با تقسیم وزن کل بر تعداد بذر، وزن تک بذر محاسبه گردید. آزمون جوانه‌زنی با استفاده از کاغذهای صافی مرطوب شده با آب مقطر در ۳ تکرار ۱۰ بذری در دمای ۲۰ درجه سلسیوس انجام شد (ISTA, 2010). در این روش، ۱۰ عدد بذر ضدعفونی‌شده با بنومیل به نسبت دو در هزار روی یک کاغذ صافی مرطوب پخش و سپس کاغذ صافی مرطوب دیگری روی آن‌ها قرار داده شد. کاغذهای لوله‌ای مرطوب همراه با بذرها برای هر سه تکرار در داخل یک کیسه پلاستیکی قرار گرفته و به‌صورت عمودی در انکوباتوری با دمای ۲۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند. پس از هفت روز تعداد جوانه‌های طبیعی شمارش و درصد جوانه‌زنی برای هر یک از نمونه‌های بذری محاسبه گردید.

آزمون سرعت جوانه‌زنی

جوانه‌زنی بذرها (خروج ۲ میلی‌متری ریشه‌چه) به‌طور مرتب از روز اول شمارش و تا هفت روز ادامه یافت. سرعت جوانه‌زنی با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید (Ellis and Roberts, 1980).

$$R = \Sigma n / \Sigma D.n$$ (رابطه ۱)

در این رابطه D تعداد روزهای سپری‌شده از شروع آزمایش، n تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز D و R میانگین سرعت جوانه‌زنی است.

آزمون رشد گیاهچه

آزمون وزن خشک گیاهچه مطابق با استانداردها در قالب آزمون جوانه‌زنی انجام گرفت. پس از پایان دوره آزمون جوانه‌زنی، گیاهچه‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای ۸۰ درجه سلسیوس خشک شدند و تا سه رقم اعشار توزین و ثبت گردیدند.

محاسبات آماری

پس از بررسی نرمال‌بودن داده‌ها و یکنوختی واریانس‌ها، تجزیه واریانس داده‌های حاصل به‌صورت فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی انجام گرفت. تجزیه‌های آماری و مقایسهٔ میانگین‌ها به‌روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از نرم‌افزار MSTATC انجام شد.

نتایج و بحث

مقادیر سدیم، پتاسیم و کلسیم در بذر

اثر متقابل شوری × تیمارهای هورمونی بر مقادیر سدیم و کلسیم در بذر معنی‌دار بود، ولی مقدار پتاسیم در بذر سویا تنها تحت تأثیر اثرات اصلی شوری و تیمارهای هورمونی قرار گرفت و اثر متقابل این عامل‌ها در مورد پتاسیم معنی‌دار نبود (جدول ۱). افزایش شوری تا سطح ۴ دسی‌زیمنس بر متر اثر معنی‌داری بر افزایش سدیم بذر نداشت، ولی با افزایش شوری به ۷ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر مقدار سدیم در بذر افزایش یافت. تیمار گیاهان با سالیسیک اسید و جاسمونیک در شرایط غیر شور و شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر اثر معنی داری بر کاهش سدیم دانه سویا نداشتند. ولی این تیمارهای هورمونی در شوری ۷ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر مقدار سدیم بذرها را کاهش دادند. کم‌ترین مقادیر سدیم بذر تحت شوری‌های ۷ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر در گیاهان تیمارشده با سالیسیلیک اسید و سالیسیلیک اسید + جاسمونیک اسید ثبت شد (جدول ۲).

جدول ۱- تجزیه واریانس برای صفات مختلف بذر سویا تحت سطوح مختلف شوری و تیمارهای هورمونی

Table 1. Analysis of variance for different parameters of soybean seed under different levels of salt stress and hormonal treatments

منابع تغییر (S.O.V)	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (Mean square)						
		وزن بذر Seed weight	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	وزن گیاهچه Seedling weight	سدیم بذر Seed Na	پتاسیم بذر Seed K	کلسیم بذر Seed Ca
تکرار Replication	2	24.03 ns	0.0006 ns	0.004 ns	0.29 ns	0.05 **	0.008 ns	1.25**
شوری Salinity(S)	3	727.60**	0.055 ns	14.32**	991.16**	1.00**	9.27**	10.31**
تیمارهای هورمونی Hormonal reatments (HT)	3	193.91**	1.16 ns	5.12**	222.59**	0.16**	20.20**	4.08**
شوری× تیمارهای هورمونی S× HT	9	6.32 ns	0.31 ns	0.08**	2.86 ns	0.02**	0.08 ns	0.07**
خطا Error	30	9.73	0.62	0.02	2.47	0.006	0.05	0.019

ns و**: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

ns, ** Insignificant and significant at $p \leq 0.01$, respectively

جدول ۲- میانگین سرعت جوانه‌زنی و مقدار سدیم و کلسیم در بذر سویا تحت سطوح مختلف شوری و تیمارهای هورمونی

Table 2. Means of germination rate and sodium and calcium contents of soybean seeds under different salinity levels and hormonal treatments

شوری (دسی‌زیمنس بر متر) Salinity ($dS.m^{-1}$)	محلول‌پاشی هورمونی Hormonal treatments	سرعت جوانه‌زنی Germination rate (در روز) (Per day)	سدیم (Sodium) (میلی‌گرم در گرم ماده خشک) ($mg.\ g^{-1}$ DW)	کلسیم (Calcium) (میلی‌گرم در گرم ماده خشک) ($mg.\ g^{-1}$ DW)
غیر شور (Non-saline)	کنترل (Control)	0.31bc	0.83de	3.50c
	جاسمونیک اسید (JA)	0.32bc	0.74e	3.40cd
	سالیسیلیک اسید (SA)	0.36ab	0.84de	4.70a
	JA + SA	0.38a	0.77e	4.74a
۴ (4)	کنترل (Control)	0.33abc	0.93cd	3.26cd
	جاسمونیک اسید (JA)	0.32bc	0.84de	3.20d
	سالیسیلیک اسید (SA)	0.37ab	0.90d	4.50a
	JA + SA	0.38ab	0.84de	4.23b
۷ (7)	کنترل (Control)	0.20d	1.16b	2.20f
	جاسمونیک اسید (JA)	0.20d	1.00c	1.76g
	سالیسیلیک اسید (SA)	0.28c	0.90d	2.80e
	JA + SA	0.27c	0.90d	2.73e
۱۰ (10)	کنترل (Control)	0.21d	1.50a	2.00f
	جاسمونیک اسید (JA)	0.21d	1.20b	1.74g
	سالیسیلیک اسید (SA)	0.29c	1.20b	2.70e
	JA + SA	0.28c	1.23b	2.74e

حروف متفاوت در هر ستون برای هر عامل نمایانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است (آزمون دانکن)

Different letters indicate significant differences by Duncan multiple range test at $p \leq 0.05$.

SA: Salicylic acid and JA: Jasmonic acid

جدول ۳- میانگین وزن بذر، درصد جوانه‌زنی و مقدار پتاسیم بذر سویا در سطوح مختلف شوری و تیمارهای هورمونی

Table 3. Means of seed weight, germination percentage and potassium content in soybean seed under different salinity levels and hormonal treatments

تیمار (Treatment)		وزن بذر (میلی‌گرم) Seed weight (mg)	جوانه زنی (درصد) Germination (%)	وزن گیاهچه (میلی‌گرم) Seedling weight (mg)	پتاسیم بذر (میلی‌گرم در گرم ماده خشک) Seed potassium ($mg.\ g^{-1}$ DW)
شوری (دسی‌زیمنس‌برمتر) Salinity ($dS.m^{-1}$)	غیر شور (Non-saline)	115.63a	95.83a	92.00a	8.67a
	۴ (4)	105.72b	95.83a	87.41b	8.62a
	۷ (7)	102.62c	95.75a	80.58c	7.54b
	۱۰ (10)	100.72c	95.66a	75.58d	7.61b
تیمارهای هورمونی Hormonal treatments	کنترل (Control)	102.87c	95.75a	81.58b	7.98b
	جاسمونیک اسید (JA)	103.91c	95.41a	80.33c	6.98c
	سالیسیلیک اسید (SA)	107.70b	96.25a	86.50a	8.77a
	JA + SA	110.26a	95.66a	87.16a	8.85a

حروف متفاوت در هر ستون برای هر عامل نمایانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است (آزمون دانکن)

Different letters indicate significant differences by Duncan multiple range test at $p \leq 0.05$.

SA: Salicylic acid and JA: Jasmonic acid

مقدار پتاسیم در بذر سویا با افزایش شوری تا ۴ دسی‌زیمنس بر متر تغییر معنی‌داری پیدا نکرد، ولی در شوری ۷ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر مقدار پتاسیم به‌طور معنی‌داری کم شد (جدول ۳). تیمار گیاهان با سالیسیلیک اسید و سالیسیلیک اسید + جاسمونیک موجب بهبود مقدار پتاسیم در بذرهای سویا گردید، هرچند که تیمار

گیاهان با جاسمونیک اسید مقدار پتاسیم را در بذرهای سویا کاهش داد. کلسیم بذر با تشدید شوری کاهش یافت، تیمار گیاهان با سالیسیلیک اسید و سالیسیلیک اسید + جاسمونیک در شرایط شور و غیر شور سبب افزایش مقدار کلسیم در دانه سویا گردید (جدول ۲). تیمار گیاه با جاسمونیک اسید در شرایط غیر شور و شوری ۴ دسی-زیمنس بر متر اثر معنی‌داری بر کلسیم بذر نداشت، ولی در سطوح شوری ۷ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر مقدار کلسیم را در بذرهای سویا کاهش داد. سالیسیلیک اسید و سالیسیلیک اسید + جاسمونیک از نظر آماری اثر مشابهی بر افزایش مقدار کلسیم بذر در شرایط شوری داشتند. کاهش مقدار پتاسیم در گیاه مادر و بذر بر اثر تنش شوری یکی از شناخته شده‌ترین اثرات این تنش در بافت‌های گیاهی است (Deinlein *et al*., 2014). کاهش محتوای پتاسیم گیاه بر اثر شوری ناشی از رابطه آنتاگونیستی جذب سدیم و پتاسیم می‌باشد. این پدیده حاصل رقابت بین سدیم و پتاسیم برای جذب به‌وسیله مکان‌های جذبی غشای پلاسمایی است (Shen *et al*., 2015). وجود سدیم ممکن است منجر به مختل‌شدن نفوذپذیری غشا و در نتیجه خروج پتاسیم از سلول‌های ریشه شود. یون‌های سدیم موجود در خاک نه تنها سبب کاهش جذب پتاسیم به‌دلیل رقابت با آن می‌شوند، بلکه باعث آسیب به دیواره-های سلولی در ریشه نیز می‌گردند که این مورد نیز در کاهش جذب پتاسیم و کلسیم در شرایط شوری خاک بسیار مهم است (Flowers *et al*., 2014). کاهش مقدار سدیم در برگ‌های سویا با تیمارهای سالیسیلیک اسید و جاسمونیک اسید به‌دلیل اثر این تنظیم کننده‌های رشد بر جذب و انتقال این یون در گیاهان است. کازان (Kazan, 2015) گزارش کرد که استفاده از جاسمونیک اسید با کاهش رشد ریشه سبب کاهش جذب سدیم توسط گیاهان می‌شود. برخلاف جاسمونیک اسید، سالیسیلیک اسید با افزایش رشد ریشه و پتانسیل آبی در سلول‌های ریشه موجب افزایش بارگیری پتاسیم و کلسیم در گیاهان می‌گردد و توانایی گیاه برای جایگزینی پتاسیم با سدیم را افزایش می‌دهد (Khan *et al*., 2015).

وزن بذر

وزن تک بذر سویا به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثرات اصلی شوری و تیمارهای هورمونی قرار گرفت، هر چند که اثر متقابل شوری × تیمارهای هورمونی برای این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۱). افزایش شوری سبب کاهش معنی‌دار وزن دانه گردید، با این حال تفاوت بین وزن تک بذر در شوری‌های ۷ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۳). تیمار گیاهان با جاسمونیک اسید اثر معنی‌داری بر وزن تک بذر سویا نداشت. استفاده از سالیسیلیک اسید و سالیسیلیک اسید + جاسمونیک اسید موجب افزایش وزن بذر سویا گردید که تیمار سالیسیلیک + جاسمونیک اسید در این مورد برتر بود. دلیل کاهش وزن بذر تحت تنش شوری به کمبود آب و مواد غذایی در این شرایط مربوط است. در شوری تولیدات فتوسنتزی به‌دلیل بسته‌شدن روزنه‌ها و پیری برگ به‌شدت محدود شده و نمو بذر را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Chen *et al*., 2015). تجمع یون‌های سمی سدیم نیز در تسریع پیری برگ‌ها نقش دارد (Farhangi-Abriz and Ghassemi-Golezani, 2018). تیمار سالیسیلیک اسید و جاسمونیک اسید از طریق تعدیل اثرات مخرب شوری سبب افزایش میانگین وزن بذر سویا گردید.

درصد و سرعت جوانه‌زنی

درصد جوانه‌زنی بذرهای سویا تحت تأثیر هیچ یک از تیمارهای شوری و هورمونی قرار نگرفت (جدول ۱) و شوری و تیمارهای مختلف هورمونی تغییر معنی‌داری در این مورد ایجاد نکردند. به نظر می‌رسد که این صفت در بذرهای تولیدی سویا کم‌تر تحت تأثیر شرایط محیطی قرار گرفته است. بر خلاف درصد جوانه‌زنی، شوری و تیمارهای هورمونی اثر معنی‌داری بر سرعت جوانه‌زنی بذرهای تولیدی سویا داشتند (جدول ۱). تیمارهای هورمونی سالیسیلیک اسید و سالیسیلیک + جاسمونیک اسید موجب افزایش سرعت جوانه‌زنی بذرهای حاصل نسبت به بذرهای گیاهان بدون تیمار هورمونی شد. هر چند که این بهبود در بذرهای تولیدشده در شوری ملایم ۴ دسی-زیمنس بر متر معنی‌دار نبود. جاسمونیک اسید بر سرعت جوانه‌زنی بذرهای تولیدی اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۲).

در تعاریف قدرت بذر، تأکید زیادی بر جوانه‌زنی و تولید سریع و یکنواخت گیاهچه‌های سالم شده است. یکی از معیارهای مهم در تعیین قدرت، سرعت جوانه‌زنی می-باشد (Ghassemi-Golezani *et al.,* 2012). کاهش

سرعت جوانه‌زنی بذرهای تولیدی تحت تنش شوری می‌تواند به‌دلیل تجمع یون‌های سمی ناشی از شوری باشد. نتایج مشابهی نیز در سایر پژوهش‌ها گزارش شده است (Lotfi and Ghassemi-Golezani, 2015). افت سرعت جوانه‌زنی بذرهای تولیدی تحت شرایط شور می‌تواند با آسیب به غشاهای سلولی مرتبط باشد (Ghassemi-Golezani and Roozbeh, 2011). تیمار گیاهان با سالیسیلیک اسید و سالیسیلیک + جاسمونیک اسید موجب تجمع یون‌های پتاسیم و کلسیم در گیاه و بذر شده و این عناصر غذایی می‌توانند در فعال‌سازی آنزیم‌های جوانه‌زنی مؤثر باشند.

وزن گیاهچه

وزن گیاهچه بذرهای تولیدی سویا تنها تحت تأثیر اثرات اصلی شوری و تیمار هورمونی قرار گرفت و اثر متقابل شوری × تیمارهای هورمونی برای این صفت معنی‌دار نگردید (جدول ۱). افزایش سطح شوری سبب کاهش وزن گیاهچه بذرهای حاصل شد. تیمار گیاهان با جاسمونیک اسید، وزن گیاهچه‌های بذرهای حاصل را کاهش داد، اما استفاده از سالیسیلیک اسید و سالیسیلیک + جاسمونیک اسید موجب بهبود وزن گیاهچه‌های بذرهای حاصل گردید. هر دو تیمار سالیسیلیک اسید و سالیسیلیک + جاسمونیک اسید اثر مشابهی بر وزن گیاهچه‌های حاصل داشتند (جدول ۳).

یکی از آزمون‌های مهم پیشنهادشده برای تعیین قدرت بذر، رشد گیاهچه است (Ghassemi-Golezani *et al.*, 2012). تغییرات وزن خشک گیاهچه‌های بذرهای تولیدی در شرایط مختلف با وزن تک بذر و سرعت جوانه‌زنی در ارتباط است. بذرهایی که با سرعت کم‌تری جوانه می‌زنند، گیاهچه‌های کوچک‌تری نیز تولید می‌کنند. نتایج مشابهی توسط نصری و همکاران (Nasri *et al.*, 2015) و لطفی و قاسمی گلعذانی (Lotfi and Ghassemi-Golezani, 2015) گزارش شده است. تیمار گیاهان با سالیسیلیک اسید و سالیسیلیک + جاسمونیک اسید از طریق افزایش وزن تک بذر، مقادیر کلسیم و پتاسیم و سرعت جوانه‌زنی بذرهای تولیدی سویا، سبب بهبود وزن خشک گیاهچه‌های حاصل شد. کاهش معنی‌دار وزن بذر گیاهان تیمارشده با جاسمونیک اسید موجب کاهش معنی‌دار وزن گیاهچه شد. جاسمونیک اسید می‌تواند از طریق افزایش سنتز اتیلن (Yang *et al.*, 2019) موجب تسریع رسیدگی و کاهش دوره پرشدن بذر در گیاه گردد و در نتیجه اندازه بذر و در نهایت وزن گیاهچه را کاهش دهد. علاوه بر این جاسمونیک اسید با کاهش مقادیر پتاسیم و کلسیم در بذر می‌تواند از قدرت بذر و اندازه گیاهچه حاصل بکاهد. معمولاً جاسمونیک اسید موجب انتقال و انباشت مواد فتوسنتزی در اندام‌های رویشی شده و از انتقال مواد معدنی و پرورده به بذرها می‌کاهد (Creelman and Mullet, 1995).

همبستگی بین صفات مورد بررسی

بررسی ضرایب همبستگی نشان می‌دهد که سرعت جوانه‌زنی و وزن گیاهچه با وزن تک بذر سویا همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد (جدول ۴).

جدول ۴- ضرایب همبستگی پیرسون بین صفات مختلف بذرهای سویا

Table 4. Pearson correlation coefficients among different traits of soybean seeds

متغیرهاVariables	وزن بذر Seed weight	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	وزن گیاهچه Seedling weight	سدیم بذر Seed Na	پتاسیم بذر Seed K	کلسیم بذر Seed Ca
	1	2	3	4	5	6	7
1	1						
2	0.15 ^{ns}	1					
3	0.75**	0.18 ^{ns}	1				
4	0.85**	0.16 ^{ns}	0.87**	1			
5	-0.70**	-0.18 ^{ns}	-0.67**	-0.82**	1		
6	0.67**	0.14 ^{ns}	0.80**	0.71**	-0.33*	1	
7	0.81**	0.18 ^{ns}	0.94**	0.89**	-0.61**	0.86**	1

ns ,*و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, *, ** Insignificant and significant at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$, respectively

بر اساس نتایج حاصل، وزن بذر، وزن گیاهچه و سرعت جوانه‌زنی با مقادیر پتاسیم و کلسیم همبستگی معنی‌داری نشان دادند که در این بین، همبستگی این صفات با مقدار کلسیم بسیار بالاتر از همبستگی آن‌ها با پتاسیم بود.

سدیم بذر همبستگی منفی و معنی‌داری با وزن بذر و ویژگی‌های کیفی آن مانند سرعت جوانه‌زنی و وزن گیاهچه داشت.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که شوری با افزایش سدیم و کاهش پتاسیم و کلسیم در بذرهای سویا کیفیت بذرهای این گیاه را کاهش می‌دهد. تیمار گیاهان با جاسمونیک اسید اثر مثبتی بر افزایش کیفیت بذرهای سویا نداشت، ولی تیمار گیاهان با سالیسیلیک اسید و سالیسیلیک اسید + جاسمونیک اسید با افزایش کلسیم و پتاسیم و کاهش سدیم در بذر، کیفیت بذرها را به‌طور چشمگیری بهبود بخشید. بر اساس نتایج این پژوهش تیمار گیاهان با سالیسیلیک اسید به‌صورت انفرادی یا به‌همراه جاسمونیک اسید موجب بهبود کیفیت بذرهای تولیدی سویا در شرایط شور می‌شود.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از حمایت‌های دانشگاه تبریز از این پژوهش قدردانی می‌گردد.

منابع

Appu, M. and Muthukrishnan, S. 2014. Foliar application of salicylic acid stimulates flowering and induce defense related proteins in finger millet plants. Universal Journal of Plant Science, 2: 14-18. **(Journal)**

Boter, M., Golz, J.F., Giménez-Ibañez, S., Fernandez-Barbero, G., Franco-Zorrilla, J.M. and Solano, R. 2015. FILAMENTOUS FLOWER is a direct target of JAZ3 and modulates responses to jasmonate. The Plant Cell, 27: 3160-3174. **(Journal)**

Chen, T.W., Kahlen, K. and Stützel, H. 2015. Disentangling the contributions of osmotic and ionic effects of salinity on stomatal, mesophyll, biochemical and light limitations to photosynthesis. Plant, Cell and Environment, 38: 1528-1542. **(Journal)**

Creelman, R.A. and Mullet, J.E. 1995. Jasmonic acid distribution and action in plants: regulation during development and response to biotic and abiotic stress. Proceedings of the National Academy of Sciences, 92: 4114-4119. **(Journal)**

Deinlein, U., Stephan, A.B., Horie, T., Luo, W., Xu, G. and Schroeder, J.I. 2014. Plant salt-tolerance mechanisms. Trends in Plant Science, 19: 371-379. **(Journal)**

Do, T.D., Chen, H., Hien, V.T.T., Hamwieh, A., Yamada, T., Sato, T., Yan, Y., Cong, H., Shono, M., Suenaga, K. and Xu, D. 2016. Ncl synchronously regulates Na^+, K^+, and Cl^- in soybean and greatly increases the grain yield in saline field conditions. Scientific Reports, 6: 19147. **(Journal)**

Ellis, R.H. and Roberts, E.H. 1980. Towards a Rational Basis for Testing Seed Quality, pp. 605-635. In: Hebblethwaite PD (Ed.). Seed Production. Butterworths, London. **(Book)**

Farhangi-Abriz, S. and Ghassemi-Golezani, K. 2018. How can salicylic acid and jasmonic acid mitigate salt toxicity in soybean plants? Ecotoxicology and environmental safety, 147: 1010-1016. **(Journal)**

Farhangi-Abriz, S. and Ghassemi-Golezani, K. 2019. Jasmonates: Mechanisms and functions in abiotic stress tolerance of plants. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 20: 101210. **(Journal)**

Farhangi-Abriz, S., Tavasolee, A., Ghassemi-Golezani, K., Torabian, S., Monirifar, H. and Rahmani, H.A. 2020. Growth-promoting bacteria and natural regulators mitigate salt toxicity and improve rapeseed plant performance. Protoplasma, 257: 1035-1047. **(Journal)**

Flowers, T.J., Munns, R. and Colmer, T.D. 2014. Sodium chloride toxicity and the cellular basis of salt tolerance in halophytes. Annals of botany, 115: 419-431. **(Journal)**

Ghassemi-Golezani, K. and Roozbeh, B. 2011. Changes in seed quality of chickpea cultivars under salinity stress. Research on Crops, 12: 778-782. **(Journal)**

Ghassemi-Golezani, K., Farhangi-Abriz, S. and Bandehagh, A. 2018. Salicylic acid and jasmonic acid alter physiological performance, assimilate mobilization and seed filling of soybean under salt stress. Acta agriculturae Slovenica, 111: 597-607. **(Journal)**

Ghassemi-Golezani, K., Farhangi-Abriz, S. and Hassanpour-Bourkheili, S. 2014. Development of mung-bean seed vigour under different irrigations and plant densities. International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences, 4: 208-211. **(Journal)**

Ghassemi-Golezani, K., Hosseinzadeh-Mahootchi, A. and Farhangi-Abriz, S. 2020. Chlorophyll a fluorescence of safflower affected by salt stress and hormonal treatments. SN Applied Sciences, 2: 1-9. **(Journal)**

Ghassemi-Golezani, K., Hosseinzadeh-Mahootchi, A. and Dalil, B. 2012. Seed physiological quality. University of Tabriz. (In Persian) **(Book)**

Hoang, H.L., De Guzman, C.C., Cadiz, N.M., Hoang, T.T.H., Tran, D.H. and Rehman, H. 2020. Salicylic acid and calcium signaling induce physiological and phytochemical changes to improve salinity tolerance in Red Amaranth (*Amaranthus tricolor* L.). Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 20: 1759-1769. **(Journal)**

International Seed Testing Association (ISTA). 2010. International rules for seed testing, Seed vigor testing. Chapter 15: 1-20. **(Handbook)**

Jaleel, C.A., Gopi, R., Sankar, B., Manivannan, P., Kishorekumar, A., Sridharan, R. and Panneerselvam, R. 2007. Studies on germination, seedling vigour, lipid peroxidation and proline metabolism in *Catharanthus roseus* seedlings under salt stress. South African Journal of Botany, 73: 190-195. **(Journal)**

Kazan, K. 2015. Diverse roles of jasmonates and ethylene in abiotic stress tolerance. Trends in Plant Science, 20: 219-229. **(Journal)**

Khajeh-Hosseini, M., Powell, A.A. and Bingham, I.J. 2003. The interaction between salinity stress and seed vigour during germination of soyabean seeds. Seed Science and technology, 31: 715-725. **(Journal)**

Khan, M.I.R., Asgher, M. and Khan, N.A. 2014. Alleviation of salt-induced photosynthesis and growth inhibition by salicylic acid involves glycinebetaine and ethylene in mungbean (*Vigna radiata* L.). Plant Physiology and Biochemistry, 80: 67-74. **(Journal)**

Khan, M.I.R., Fatma, M., Per, T.S., Anjum, N.A. and Khan, N.A. 2015. Salicylic acid-induced abiotic stress tolerance and underlying mechanisms in plants. Frontiers in Plant Science, 6: 462. **(Journal)**

Lotfi, R. and Ghassemi-Golezani, K. 2015. Influence of salicylic acid and silicon on seed development and quality of mung bean under salt stress. Seed Science and Technology, 43: 52-61. **(Journal)**

Miura, K. and Tada, Y. 2014. Regulation of water, salinity, and cold stress responses by salicylic acid. Frontiers in Plant Science, 5: 4. **(Journal)**

Nasri, N., Saidi, I., Kaddour, R. and Lachaal, M. 2015. Effect of salinity on germination, seedling growth and acid phosphatase activity in lettuce. American Journal of Plant Sciences, 6: 57-63. **(Journal)**

Shelar, V.R. 2015. Strategies to improve the seed quality and storability of soybean–A review. Agricultural Reviews, 28: 188-196. **(Journal)**

Shen, Y., Shen, L., Shen, Z., Jing, W., Ge, H., Zhao, J. and Zhang, W. 2015. The potassium transporter OsHAK21 functions in the maintenance of ion homeostasis and tolerance to salt stress in rice. Plant, Cell and Environment, 38: 2766-2779. **(Journal)**

Verma, V., Ravindran, P. and Kumar, P.P. 2016. Plant hormone-mediated regulation of stress responses. BMC Plant Biology, 16: 86. **(Journal)**

Wasternack, C. and Strnad, M. 2016. Jasmonate signaling in plant stress responses and development–active and inactive compounds. New Biotechnology, 33: 604-613. **(Journal)**

Westerman, L.Z. 1990. Soil Testing and Plant Analysis. Soil Sience Society of America Journal, INC. Madison, Wisconsin USA. **(Journal)**

Yang, J., Duan, G., Li, C., Liu, L., Han, G., Zhang, Y. and Wang, C. 2019. The crosstalks between jasmonic acid and other plant hormone signaling highlight the involvement of jasmonic acid as a core component in plant response to biotic and abiotic stresses. Frontiers in plant science, 10: 1349. **(Journal)**

Changes in seeds quality of soybean in response to salicylic acid and jasmonic acid under salt stress

Salar Farhangi-Abriz[1], Kazem Ghassemi-Golezani[2*]

Received: February 17, 2021 Accepted: April 19, 2021

Abstract

This experiment was conducted to evaluate the impact of different levels of salt stress (non-saline, 4, 7 and 10 dSm^{-1}) and foliar application of hormones (foliar spray of water, 1 mM salicylic acid, 0.5 mM jasmonic acid and 1 mM salicylic acid + 0.5 mM jasmonic acid) on changes in soybean (*Glycine max* cv. M7) seed quality. Salinity increased the sodium content of soybean seeds, but reduced the calcium and potassium contents, seed weight, germination rate and seedling weight. However, salt treatment on plants did not change the germination percentage of seeds. Foliar application of salicylic acid decreased sodium content of soybean seeds, and increased calcium and potassium contents of seeds, seed weight, germination rate and seedling weight of soybean. Foliar application of jasmonic acid reduced sodium, potassium and calcium contents of seeds, seed weight and seedling weight, but did not affect germination percentage and rate. Plants treated with 1 mM salicylic acid + 0.5 mM jasmonic acid produced the largest seeds, however its effect on seed germination rate and seedling weight was similar to salicylic acid treatment. Based on the results, foliar application of salicylic acid individually or in combination with jasmonic acid could be a practical way improve seed quality of soybean by decreasing sodium content and increasing potassium and calcium content of seeds under salt stress.

Keywords: Germination; Jasmonic acid; Salicylic acid, Salinity; Seedling growth

How to cite this article

Farhangi-Abriz, S. and Ghassemi-Golezani, K. 2022. Changes in seeds quality of soybean in response to salicylic acid and jasmonic acid under salt stress. Iranian Journal of Seed Science and Research, 8(4): 385-395. (In Persian)(Journal)

DOI: 10.22124/jms. 2021.5287

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. Postdoctoral Researcher of Department of Plant Eco-physiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran. farhanghi@hotmail.com

2. Professor of Department of Plant Eco-physiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran. golezani@gmail.com

*Corresponding author: golezani@gmail.com