

اثر پیش تیمار سالیسیلیک اسید بر ویژگی‌های جوانه‌زنی همیشه بهار (*Callendulla officinalis*)
در شرایط تنش شوری
Effect of Pretreatment of Salicylic Acid on Germination and Seedling Properties
Callendulla officinalis in Salt Stress Condition

الهه قاسمی جوبشهر^۱ و محمود خرمی وفا^{۲*}

تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۱/۱۴

تاریخ دریافت: ۹۱/۴/۱۴

چکیده

به منظور بررسی تأثیر پیش تیمار سالیسیلیک اسید بر ویژگی‌های جوانه‌زنی‌ها در شرایط تنش شوری، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام گرفت. فاکتورهای آزمایش شامل سالیسیلیک اسید در سه سطح (صفر، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار) و کلرید سدیم در چهار سطح (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار) بودند. اثرات ساده و متقابل کلیه فاکتورها بر درصد و سرعت جوانه‌زنی، بنیه بذر، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه معنی‌دار بودند. سالیسیلیک اسید تأثیر مثبتی بر جوانه‌زنی داشت و در تیمارهای تنش دیده سبب افزایش جوانه‌زنی شد. در بین سطوح سالیسیلیک اسید، پیش تیمار با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار بیشترین درصد و سرعت جوانه‌زنی، بنیه بذر، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه را دارا بود و غلظت ۱ میلی‌مولار بیشترین وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه را داشت. پیش تیمار با سالیسیلیک اسید در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار ضمن اینکه تأثیر بیشتری بر جوانه‌زنی داشت، سبب افزایش مقاومت گیاهچه‌های همیشه بهار تحت تنش شوری نیز شد.

واژه‌های کلیدی: سالیسیلیک اسید، بنیه بذر، همیشه بهار، شوری، کلرید سدیم

۱. دانشجوی سابق کارشناسی‌ارشد آگرواکولوژی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، منابع طبیعی دانشگاه رازی، کرمانشاه

۲. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی، کرمانشاه

Email: Khoramivafa@gmail.com

*: نویسنده مسئول

مقدمه

به‌طور کلی وجود املاح زیاد در خاک یا آب آبیاری، گیاه را با تنش شوری مواجه می‌سازد. پتانسیل اسمزی پایین و غلظت بالای املاح به‌عنوان دو ویژگی اصلی محیط‌های شور، به‌طور بالقوه برای گیاهان سمی هستند. املاح موجود در خاک با کاهش پتانسیل آب در محیط ریشه، جذب آب توسط ریشه را محدود می‌سازند و در نتیجه گیاه دچار نوعی تنش خشکی می‌گردد. از طرفی غلظت‌های زیاد املاح در خاک و در پی آن جذب یون‌هایی مانند سدیم و کلر در گیاه ایجاد سمیت می‌کند (دوارد و بیسون^۱، 1996؛ مک‌ویلیام^۲، 1989؛ نیو^۳ و همکاران، 1995). جوانه‌زنی از مراحل مهم و اساسی در زندگی اکثر گیاهان است و تحمل به شوری برای استقرار، جوانه‌زنی و سبز شدن گیاهانی که در خاک‌های شور رشد می‌کنند، اهمیت فوق‌العاده‌ای دارد (کافی و همکاران، ۱۳۸۹).

رویکرد جهانی در استفاده از گیاهان دارویی و ترکیب‌های طبیعی در صنایع دارویی، آرایشی-بهداشتی و غذایی و در پی آن توجه صنایع به بهره‌گیری از گیاهان دارویی و معطر، نیاز مبرم به تحقیقات گسترده کاربردی را در این زمینه نمایان می‌سازد. گیاهان دارویی از دیر زمان در طب سنتی جایگاه ویژه‌ای داشته‌اند، تاکنون از ۳۵۰ هزار گونه گیاهی در جهان بیش از ۳۰ هزار گونه تجزیه گردیده است و فقط نزدیک به ۳۰۰ گونه از آن‌ها که از ۳۰ خانواده می‌باشند، به‌عنوان گیاه دارویی شناخته شده‌اند که از این تعداد حدود ۶۰ گونه گیاه در عملیات به‌زراعی و به‌نژادی وارد شده و به رقابت با محصولات دارویی صنعتی پرداخته‌اند (کافی و همکاران، ۱۳۸۹). گیاهان دارویی یکی از منابع بسیار ارزشمند در گستره وسیع منابع طبیعی ایران هستند که در صورت شناخت علمی، کشت، توسعه و بهره‌برداری صحیح می‌توانند نقش مهمی در سلامت جامعه، اشتغال‌زایی و صادرات غیر نفتی داشته باشند. همیشه بهار (*Callendulla officinalis*) گیاهی است یکساله و به ندرت دوساله با ساقه منشعب و سخت. برگ‌های پایینی گیاه قاشقی شکل و برگ‌های بالایی بیشتر به شکل نیزه‌ای یا بیضوی به طول ۱۲-۵ سانتی‌متر و کم و بیش در هر دو طرف کرکدار است. گل‌آذین آن بزرگ و به قطر ۳-۵ سانتی‌متر است. گل‌های وسط کاپیتول لوله‌ای که دور تا دور آن چندین ردیف گل قرار گرفته است. گل‌ها زرد رنگ یا نارنجی رنگ می‌باشد (شاهرخی، ۱۳۷۵). همیشه بهار

به‌واسطه داشتن ترکیب‌های مهمی چون ساپونین‌ها، گلیکوزیدها و فلاونوئیدها (کارون^۴ و همکاران، 2002) و همچنین اثرات ضدویروسی، ضدتوموری، آنتی‌موتازنی و آنتی‌اکسیدانی، یکی از گیاهان دارویی شناخته شده است. با این‌حال در حال حاضر درمان بیماری‌های پوستی و التهابی یکی از مهمترین استفاده‌های این گیاه دارویی است (کارون و همکاران، 2002؛ یوشیکاوا^۵ و همکاران، 2001؛ بیلیا^۶ و همکاران، 2002؛ بوکاوود-میترا^۷ و همکاران، 1988؛ کالو/چو^۸ و همکاران، 1997).

یکی از مشکلات تولید گیاهان زراعی، جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه‌های آن‌ها می‌باشد. این مسئله به‌ویژه در تولید گیاهان دارویی از اهمیت بیشتری برخوردار است. زیرا بذور بیشتر گیاهان دارویی با درجات متفاوتی دارای خواب هستند و همچنین به‌دلیل کارهای اهلی‌سازی کمتری که روی آن‌ها انجام شده است، سبز شدن و استقرار گیاهچه‌های این گیاهان معمولاً به کندی انجام می‌شود (شکاری و همکاران، ۱۳۸۹). در این رابطه استفاده از پیش‌تیمار بذری از روش‌های مؤثر برای بهبود جوانه‌زنی و استقرار دانه‌ها است (دمیرکایا^۹ و همکاران، 2006). هدف از پیش‌تیمار افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی، گسترش دامنه‌ی دمایی جوانه‌زنی و افزایش یکنواختی استقرار بوته‌هاست (مسعودی و همکاران، ۱۳۸۷). سالیسیلیک اسید به‌عنوان یک مولکول سیگنالی ممکن است اثرات مطلوبی بر رشد و گسترش گیاه داشته باشد (کراتو^{۱۰} و همکاران، 2008). سالیسیلیک اسید یا ارتوهیدروکسی بنزوئیک اسید به گروهی از ترکیبات فنلی تعلق دارد که به‌عنوان یک مولکول مهم برای تعدیل پاسخ‌های گیاه به تنش محیطی شناخته شده است (سناراتنا^{۱۱} و همکاران، 2000). نتایج بررسی‌ها نشان داده است که پیش‌تیمار بذری گیاهان مختلف به‌وسیله سالیسیلیک اسید، باعث مقاومت آن در هنگام بروز تنش‌های مختلف و به‌ویژه در تنش شوری می‌شود (باقری کاظم‌آبادی و همکاران، ۱۳۶۷؛ پوکو^{۱۲} و همکاران، 1996؛ آل-تیب^{۱۳}، 2005؛ پوپووا^{۱۴} و همکاران، 1997). در مطالعات انجام

4. Carreon *et al.*
5. Yoshikava *et al.*
6. Bilia *et al.*
7. Boucaud. Maitre *et al.*
8. Kalvatchev *et al.*
9. Demir kaya *et al.*
10. Krantev *et al.*
11. Senaratna *et al.*
12. Opoku *et al.*
13. EL. Tayeb *et al.*
14. Popova *et al.*

1. Edward and Bison
2. Mcwilliam
3. Niu *et al.*

اثر تحریک کننده و مثبت سالیسیلیک اسید بر درصد جوانه زنی توسط چند محقق دیگر نیز گزارش شده است (هایات^{۱۱} و همکاران، ۲۰۰۵؛ سینگ و یوشا^{۱۲}، ۲۰۰۳). همچنین سالیسیلیک اسید ممکن است روی بسیاری از فرآیندهای گیاهان مانند جوانه زنی بذور (کات و کلسیگ^{۱۳}، ۱۹۹۲)، بسته شدن روزنه‌ها (لارکو- سودا^{۱۴}، ۱۹۷۹) و تبادل انتقال یون‌ها (هارپر و بولک^{۱۵}، ۱۹۸۱)، نفوذپذیری غشاها (بارکوسکی و انهللیگ^{۱۶}، ۱۹۹۳)، فتوسنتز و سرعت رشد (خان^{۱۷} و همکاران، ۲۰۰۳) اثر داشته باشد.

تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر پیش تیمار بذر گیاه همیشه بهار با سالیسیلیک اسید در کاهش اثرات تنش شوری در این گیاه انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر پیش تیمار سالیسیلیک اسید بر جوانه زنی و ویژگی‌های رشد گیاهچه همیشه بهار در شرایط تنش شوری، آزمایشی در آزمایشگاه فیزیولوژی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام گرفت. فاکتور اول عبارت از سالیسیلیک اسید در سه غلظت (صفر، ۰/۵ و ۱ میلی مولار) و فاکتور دوم شوری NaCl در چهار سطح (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی مولار) بود. بذر گیاه همیشه بهار از توده بومی جمع آوری شده از مزرعه تحقیقاتی گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی کرمانشاه تهیه شد. پیش از اعمال تیمارها بذرها همیشه بهار به مدت پنج دقیقه با هیپوکلریت سدیم ۵٪ ضد عفونی و سپس به خوبی با آب مقطر شسته شدند. برای پیش تیمار بذر با محلول سالیسیلیک اسید بذرها ضد عفونی شده به مدت ۲۴ ساعت درون محلول قرار گرفتند. و سپس بذرها در معرض هوای آزاد خشک شدند. (برای سطح صفر میلی مولار سالیسیلیک اسید از بذرها تیمار نشده استفاده شد). برای ایجاد تنش شوری از محلول NaCl (مرک، آلمان) با غلظت‌های مربوطه و به میزان ۱۰ میلی لیتر در هر پتری دیش استفاده شد. به منظور آزمون جوانه زنی از ۲۵ بذر در هر پتری دیش استریل حاوی کاغذ صافی واتمن شماره-

شده مشخص شده است که سالیسیلیک اسید سبب بهبود تعدادی از تنش‌های غیرزنده مثل تنش گرمایی در گیاهچه-های خردل (دات^۱ و همکاران، ۱۹۹۸)، خسارت سرما در گیاهان مختلف (کانگ و سالتویت^۲، ۲۰۰۲)، تنش فلزات سنگین در گیاهچه‌های جو (متوالی^۳ و همکاران، ۲۰۰۳) شده است. سالیسیلیک اسید در واقع اثرات شوری را از طریق افزایش هورمون‌های رشد از جمله اکسین‌ها و سیتوکینین‌ها (شاکیرووا^۴ و همکاران، ۲۰۰۳)، کاهش جذب یون‌های سمی و حفظ غشاء سلولی کاهش می‌دهد (ماریا^۵ و همکاران، ۲۰۰۰). سالیسیلیک اسید در غلظت ۱/۵ میلی مولار در افزایش درصد جوانه زنی گوجه فرنگی موثر بود (سپسی^۶ و همکاران، ۲۰۰۵). پیش تیمار بذر گندم با سالیسیلیک اسید باعث افزایش معنی دار درصد و سرعت جوانه زنی گندم در شرایط تنش شوری می‌شود (دولت آبادیان و همکاران، ۱۳۸۷). در گیاه ذرت پیش تیمار بذر با سالیسیلیک اسید در القای تولید آنزیم-های آنتی اکسیدانت که باعث افزایش مقاومت به سرما شدند، تأثیر داشت (جاندا^۷ و همکاران، ۱۹۹۹). این ماده در گوجه-فرنگی و لوبیا نیز سبب افزایش مقاومت به درجه حرارت‌های پایین و بالا شده (سنارانتا و همکاران، ۲۰۰۰) و باعث کاهش آسیب عناصر سنگین در برنج می‌گردد (میشرا و چودهوری^۸، ۱۹۹۹). غریب (۲۰۰۶) اثر سالیسیلیک اسید را در دو گیاه ریحان و مرزنجوش مورد بررسی قرار داد و افزایش شاخص-های رشد و عملکرد دو گیاه یاد شده در غلظت‌های ۰/۱ و ۰/۰۱ میلی مولار را گزارش نمود. سالیسیلیک اسید به طور معنی داری نشت یونی و تجمع یون‌های سمی گیاهان را کاهش می‌دهد. سالیسیلیک اسید در رفع آسیب‌های اکسیداتیو در هنگام جوانه زنی دخالت دارد (لوپز^۹ و همکاران، ۱۹۹۹) و موجب بهبود جوانه زنی می‌شود همچنین کاربرد سالیسیلیک اسید در گیاهان باعث تولید گونه‌های اکسیژن واکنش پذیر (ROS)^{۱۰} می‌شود که به دنبال آن مقاومت در گیاهان ایجاد می‌شود. مرادی و رضوانی مقدم (۱۳۸۹) گزارش کردند که پیش تیمار بذر رازیانه با سالیسیلیک اسید باعث افزایش درصد جوانه زنی آن شد.

1. Dat *et al.*
2. Kang and Saltveit
3. Metwally *et al.*
4. Shakirova *et al.*
5. Maria *et al.*
6. Szepesi *et al.*
7. Janda *et al.*
8. Mishra and Choudhuri
9. Lopez *et al.*
10. Reactive Oxygen Species

11. Hayat *et al.*
12. Singh and Usha
13. Cutt and Klessig
14. Larque.Saaveda
15. Harper and Bolke
16. Barkosky and Einhellig
17. Khan *et al.*

صفات درصد و سرعت جوانه‌زنی تحت تأثیر سطوح شوری و سالیسیلیک اسید ($P \leq 0/01$) و اثر متقابل آنها ($P \leq 0/05$) قرار گرفت. بین تیمارهای شوری، سالیسیلیک اسید و اثر متقابل آنها از نظر بنیه بذر اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. اثر شوری، سالیسیلیک اسید و اثر متقابل آنها بر طول ریشه‌چه و ساقه‌چه نیز معنی‌دار بود. وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه و نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه نیز تحت تأثیر کلیه تیمارهای آزمایش و اثر متقابل آنها قرار گرفت (جدول ۱).

درصد جوانه‌زنی

صفت درصد جوانه‌زنی تحت تأثیر سطوح شوری و سالیسیلیک اسید ($P \leq 0/01$) و اثر متقابل آنها ($P \leq 0/05$) قرار گرفت (جدول ۱). در بررسی اثر متقابل بین شوری و سطوح پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید (جدول ۳) مشاهده شد که تنش شوری باعث کاهش چشمگیری در درصد جوانه‌زنی بذرهای تنش دیده‌ای می‌شود که به‌وسیله سالیسیلیک اسید تیمار نشده باشد. کاهش درصد جوانه‌زنی با افزایش سطح شوری ممکن است به‌دلیل اثرات اسمزی یا سمیت یونی باشد. شوری سبب کاهش پتانسیل اسمزی شده و میزان آب قابل دسترس بذر را کاهش می‌دهد. همچنین یون سدیم سبب اختلالات غشایی و برهم‌خوردن تنظیمات اسمزی و تعادل عناصر غذایی در بذر می‌شود (خان و آنگر^۷، ۲۰۰۱). 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 وفور مواد قابل دسترس برای ادامه حیات گیاه با مشکل روبرو می‌شود و باعث کاهش میزان جوانه‌زنی می‌گردد (شرف و وحید^۸، ۱۹۹۰). سالیسیلیک اسید یک ترکیب فنلی شبه هورمون می‌باشد که به‌عنوان یک تنظیم‌کننده داخلی نقش مهمی را در مکانیسم‌های دفاع در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده بازی می‌کند (زلای^۹ و همکاران، ۲۰۰۰). با افزایش غلظت نمک درصد جوانه‌زنی کاهش یافته درحالی‌که سالیسیلیک اسید سبب افزایش جوانه‌زنی در تیمارهای شوری می‌شود. چنین به‌نظر می‌رسد که سالیسیلیک اسید به‌عنوان یکی از ترکیبات سازگار به تنش و دارای نقش محوری در پیام‌رسانی سلولی، از طریق تأثیر در سیستم آنتی‌اکسیدانی

یک استفاده شد. سپس درب پتری‌دیش‌ها کاملاً بسته و در تاریکی و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. بذرهای به‌طور روزانه بازمینی و تعداد بذرهای جوانه‌زده شمارش شدند. معیار جوانه‌زنی بذور، خروج ریشه‌چه و قابل رویت بودن آن (حداقل به طول ۱ میلی‌متر) در نظر گرفته می‌شود (فولی و فنیمور^۱، ۱۹۹۸). در روز هفتم بذرهای از پتری‌دیش خارج و صفاتی چون طول ریشه‌چه و ساقه‌چه اندازه‌گیری شد و در همان روز به‌منظور تعیین وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه همیشه بهار، نمونه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه درون آن قرار داده شدند.

درصد جوانه‌زنی و بنیه بذر به‌ترتیب بر اساس روش بیلچر و میلر^۲ (۱۹۷۴) و عبدالباقی و آندرسون^۳ (۱۹۷۰) (روابط ۱ و ۲) محاسبه شدند:

$$GP = \left(\frac{Ni}{Nt} \right) \times 100 \quad (1)$$

که Ni کل تعداد بذور جوانه‌زده در طی یک دوره هفت روزه و N_t کل تعداد بذور است.

$$VI = \frac{GP \times MSH}{100} \quad (2)$$

که GP^۴ درصد جوانه‌زنی و MSH^۵ میانگین طولی

گیاهچه (ریشه‌چه + ساقه‌چه) را نشان می‌دهد.

به‌منظور اندازه‌گیری سرعت جوانه‌زنی از روش ماگویر^۶ (۱۹۶۲) استفاده گردید. که در آن Rs سرعت جوانه‌زنی (تعداد بذر در روز)، Si تعداد بذر جوانه‌زده در هر شمارش، Di تعداد روز در هر شمارش تا شمارش \ln بود.

$$Rs = \sum_{i=0}^n \frac{Si}{Di}$$

برای آنالیز آماری داده‌ها از نرم‌افزار MSTAT-C استفاده شد. به‌منظور مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد. نرمال بودن توزیع داده‌های به-دست آمده با استفاده از نرم‌افزار Minitab آزمون شد و با توجه به نرمال بودن توزیع داده‌ها تبدیلی صورت نگرفت.

نتایج و بحث

1. Foley and Fennimore
2. Belcher and Miller
3. Abdul.Baki and Anderson
4. Germination Percentage
5. Mean Seedling Height
6. Maguire

7. Khan and Ungar
8. Ashraf and Waheed
9. Szalai et al.

معنی‌داری بین سطوح سالیسیلیک اسید وجود نداشت و در سایر سطوح شوری پیش‌تیمار با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید دارای بیشترین سرعت جوانه‌زنی بود و غلظت یک میلی‌مولار کمترین سرعت جوانه‌زنی را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). دولت‌آبادیان و همکاران (2005) طی آزمایشی به این نتیجه رسیدند که پیش‌تیمار بذر گندم با سالیسیلیک اسید باعث افزایش معنی‌دار سرعت جوانه‌زنی گندم در شرایط تنش شوری می‌شود. گاتام و سینگ^۱ (2009) طی آزمایشی به این نتیجه رسیدند که سالیسیلیک اسید 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 مؤثر بود. به نظر می‌رسد سرعت بالای جوانه‌زنی در تیمار سالیسیلیک اسید می‌تواند باعث افزایش سرعت استفاده از مواد ذخیره‌ای در بذر شده و افزایش طول ساقچه‌چه و ریشه‌چه را به دنبال داشته باشد (کافی و همکاران، ۱۳۸۹).

بنیه بذر

بین تیمارهای شوری، سالیسیلیک اسید و اثر متقابل آنها از نظر بنیه بذر اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۱). پیش‌تیمار بذر با سالیسیلیک اسید به اختلاف معنی‌دار بنیه بذر با شرایط عدم پیش‌تیمار منجر شد (جدول ۲). به طوری که پیش‌تیمار ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید بیشترین و تیمار شاهد کمترین بنیه بذر را در پی داشت. البته بین شاهد و سطح یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید اختلاف معنی‌داری از نظر این صفت مشاهده نشد (جدول ۲). افزایش درصد شوری باعث کاهش معنی‌دار بنیه بذر شد (جدول ۲). با این حال سالیسیلیک اسید در غلظت‌های ۰/۵ و یک میلی‌مولار در هر دو شرایط عدم تنش و تنش شوری سبب افزایش بنیه بذر گردید ولی در تمام غلظت‌های شوری اثر غلظت صفر و یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید با هم یکسان بود (جدول ۳). گزارش شده است که اثر مثبت سالیسیلیک اسید در بنیه بهتر بذر در شرایط غیرتنش با افزایش هورمون IAA و ABA همراه است (شاکیرو و همکاران، 2003). همچنین نشان داده شده است که سالیسیلیک اسید به طور معنی‌داری نشأت یونی و تجمع یون‌های سمی را در گیاهان کاهش می‌دهد (کرتتو و همکاران، 2008) و همچنین سبب افزایش سیتوکینین‌ها می‌شود و گیاهان تیمار شده با سالیسیلیک اسید که تحت شرایط تنش رشد کرده‌اند، به مقدار کمتری Na^+ و به مقدار بیشتری K^+ در اندام‌های هوایی خود جمع کردند.

سبب کاهش اثر سمی و مخرب تنش شوری شده و جوانه‌زنی را افزایش داده است. بیشترین درصد جوانه‌زنی در تیمار ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و بدون تنش شوری مشاهده شد. همچنین مشاهده شد که افزایش غلظت سالیسیلیک اسید به یک میلی‌مولار تأثیر معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی نسبت به شاهد در تمام تیمارها نشان نداد. دولت‌آبادیان و همکاران (۱۳۸۷) نیز گزارش کردند که استفاده از سالیسیلیک اسید در سطح یک میلی‌مولار اثر کاهنده بر درصد جوانه‌زنی گیاه گندم داشت و میزان کمتر از آن باعث افزایش درصد جوانه‌زنی شد. آنها به این نتیجه رسیدند که غلظت ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید سبب کاهش فعالیت آنزیم کاتالاز، سوپر اکسید دیسموتاز، پلی‌فنل‌اکسیداز و پراکسیداز شده در حالی که افزایش غلظت سالیسیلیک اسید به یک میلی‌مولار، فعالیت آنزیم‌ها را افزایش داده. چنین به نظر می‌رسد که این افزایش غلظت خود به صورت یک تنش در گیاه عمل نموده و بالا رفتن فعالیت آنزیمی مشاهده شده را سبب می‌شود (جاندا و همکاران، 1992). بنابراین نتایج نشان می‌دهد که کاربرد سالیسیلیک اسید تا حدی موجب برطرف شدن برخی اثرات سمی و مخرب تنش ناشی از کلرور سدیم در گیاه می‌گردد.

سرعت جوانه‌زنی

اثر شوری، سالیسیلیک اسید و اثر متقابل آنها بر سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار شد (جدول ۱). غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید از نظر این صفت اختلاف معنی‌داری را نشان داد به طوری که پیش‌تیمار با غلظت ۰/۵ و صفر میلی‌مولار بیشترین و کمترین سرعت جوانه‌زنی را داشتند (جدول ۲). از سطح صفر تا ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید سرعت جوانه‌زنی روند افزایشی و از آن به بعد روند کاهش نشان داد به طوری که غلظت یک میلی‌مولار تفاوت معنی‌داری با شاهد نشان نداد (جدول ۲). مظاهری و کلانتری (۱۳۸۵) در بررسی اثر سالیسیلیک اسید روی مقاومت به شوری گیاه کلزا، عنوان کردند که تا سطح ۱/۵ میلی‌مولار سرعت جوانه‌زنی افزایش یافت و از آن به بعد کاهش یافت. گزارش شاکیرو و همکاران (2003) حاکی از آن است که به خاطر تأثیرات هورمونی سالیسیلیک اسید است که در غلظت‌های مختلف اثرات متفاوتی نشان می‌دهد و با افزایش آن تا مقدار مشخصی اثرات مثبت و از آن به بعد اثر منفی بر رشد دارد.

با افزایش درصد شوری، سرعت جوانه‌زنی کاهش معنی‌داری نشان داد (جدول ۲). در بررسی اثر متقابل شوری و سالیسیلیک اسید مشاهده شد که در شرایط عدم تنش اختلاف

طول ساقه‌چه

اثرات ساده و متقابل کلیه تیمارها از نظر طول ساقه‌چه اختلاف معنی‌داری با هم داشتند (جدول ۱). در پیش‌تیمار بذر با سالیسیلیک اسید، غلظت ۰/۵ و یک میلی‌مولار به ترتیب بیشترین و کمترین طول ساقه‌چه را دارا بود (جدول ۲). به طوری که از سطح ۰ تا ۰/۵ میلی‌مولار اندازه ساقه‌چه روند افزایشی و از آن به بعد روند کاهشی داشت.

مظاهری و کلانتری (۱۳۸۵)، ال-تیب (۲۰۰۵) و هنان^۱ (۲۰۰۷) همگی افزایش طول ساقه‌چه را در شرایط تیمار با سالیسیلیک اسید گزارش کرده‌اند.

با افزایش میزان شوری طول ساقه‌چه کاهش معنی‌داری یافت (جدول ۲). ولدبانی و همکاران (۱۳۸۴)، رحیمی و همکاران (۱۳۸۹) و مرادی و رضوانی‌مقدم (۱۳۸۹) همگی کاهش طول ساقه‌چه با افزایش سطح شوری را گزارش کرده‌اند. در بین صفات مورد اندازه‌گیری طول ساقه‌چه از حساسیت بیشتری نسبت به تنش برخوردار است (شکاری و همکاران، ۱۳۷۷). یکی از دلایل کاهش طول ساقه‌چه در شرایط تنش، کاهش یا عدم انتقال مواد غذایی از لپه(ها) به جنین است (کافی و همکاران، ۱۳۸۴). استفاده از ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید در تمامی سطوح شوری بیشترین طول ساقه‌چه و تیمار یک میلی‌مولار نیز کمترین طول ساقه‌چه را به همراه داشت (جدول ۳). مرادی و رضوانی‌مقدم (۱۳۸۹) نیز گزارش کردند که سطوح بالای سالیسیلیک اسید، برخلاف غلظت‌های پایین باعث کاهش طول ساقه‌چه خواهد شد.

طول ریشه‌چه

بذوری که توسط سالیسیلیک اسید پیش‌تیمار شدند، نسبت به عدم پیش‌تیمار طول ریشه‌چه بیشتری داشتند (جدول ۲). دولت‌آبادیان و همکاران (۱۳۸۷) نیز گزارش کردند که تیمار با سالیسیلیک اسید باعث افزایش طول ریشه‌چه در گیاه گندم می‌شود. با افزایش سطوح شوری طول ریشه‌چه کاهش معنی‌داری یافت (جدول ۲). شکاری و همکاران (۱۳۷۷)، اکرمیان و همکاران (۱۳۸۶)، برومندرضازاده و کوچکی (۱۳۸۴)، آل‌ابراهیم^۲ و همکاران (۲۰۰۴) و لینچ و لاجلی^۳ (۱۹۹۸) نیز کاهش طول ریشه‌چه در شرایط اعمال تنش شوری را گزارش کرده‌اند. به نظر می‌رسد

تأثیر منفی تنش شوری بر جذب آب بذر و تغییر در پتانسیل رادوکس باعث به دست آمدن این نتایج شده بود. شوری با کاهش قابلیت دسترسی به آب و کاهش جذب آب توسط بذر باعث کاهش ترشح هورمون‌ها و آنزیم‌ها و تداخل با متابولیسم گیاه از رشد گیاهچه (ریشه‌چه و ساقه‌چه) جلوگیری می‌کند (خان و آنگر، ۲۰۰۱). در شرایط عدم تنش اختلاف معنی‌داری بین سطوح سالیسیلیک اسید وجود نداشت و در سایر سطوح شوری، سطح ۰/۵ میلی‌مولار پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید، بیشترین طول ریشه‌چه را به خود اختصاص داد و سطح صفر میلی‌مولار (شاهد) کمترین طول ریشه‌چه را داشت و در تمامی آن‌ها با افزایش درصد شوری میزان طول ریشه‌چه کاهش یافت (جدول ۳).

وزن خشک ساقه‌چه

پیش‌تیمار بذر با سالیسیلیک اسید از نظر وزن خشک ساقه‌چه اختلاف معنی‌داری را با شرایط عدم پیش‌تیمار نشان دادند (جدول ۲). استفاده از ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید بیشترین و تیمار شاهد کمترین وزن خشک ساقه‌چه را به خود اختصاص دادند. البته بین شاهد و سطح یک میلی‌مولار اختلاف معنی‌داری از نظر این صفت وجود نداشت (جدول ۲). برخی از پژوهشگران نیز افزایش وزن خشک ساقه‌چه را در شرایط پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید گزارش کرده‌اند (مظاهری و کلانتری، ۱۳۸۵؛ مرادی و رضوانی‌مقدم، ۱۳۸۹؛ ال-تیب، ۲۰۰۵؛ هنان، ۲۰۰۷).

افزایش درصد شوری باعث کاهش معنی‌دار وزن خشک ساقه‌چه شد (جدول ۲). کاهش وزن ریشه‌چه و ساقه‌چه در اثر افزایش غلظت شوری، امر طبیعی بوده و نتایج محققان دیگر نیز این امر را ثابت کرده است (شهبازی و کیانی، ۱۳۷۷؛ فرانکوئیس^۴، ۱۹۹۴؛ ردمان^۵ و همکاران، ۱۹۹۴). یکی از دلایل کاهش وزن ساقه‌چه در شرایط تنش، کاهش یا عدم انتقال مواد غذایی از لپه(ها) به جنین است (کافی و همکاران، ۱۳۸۴). با این حال اثرات شوری توسط سالیسیلیک اسید تعدیل شد. به نحوی که استفاده از ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید دارای بیشترین و تیمار شاهد دارای کمترین وزن خشک ساقه‌چه در سطوح ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار شوری بودند و در شرایط عدم شوری اختلافی بین سطوح سالیسیلیک اسید وجود نداشت (جدول ۳). همچنین بین سطوح صفر و یک

1. Hanan
2. Alebrahim et al.
3. Lynch and Lauchli

4. Francois
5. Redmann et al.

را نشان داد (جدول ۱). بیشترین نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه در پیش‌تیمار با غلظت یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید به‌دست آمد (جدول ۲). نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه با وزن خشک ساقه‌چه نسبت عکس دارد و با افزایش هر یک از آنها، دیگری کاهش می‌یابد، به همین خاطر سطح ۰/۵ میلی‌مولار به دلیل داشتن وزن خشک ساقه‌چه بالاتر دارای نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه پایین‌تری بود.

با افزایش غلظت شوری نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه نیز افزایش یافت (جدول ۲). اکرمیان و همکاران (۱۳۸۶)، باقری‌کاظم‌آبادی و همکاران (۱۳۶۷) و شکاری و همکاران (۱۳۷۷) نیز افزایش وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه را در هنگام مواجهه با تنش گزارش کرده‌اند. در این رابطه اظهار شده است که با افزایش میزان شوری گیاه بخش بیشتری از مواد غذایی را به ریشه اختصاص می‌دهد تا رشد بیشتری داشته و بتواند آب بیشتری جذب کند.

در بررسی اثر متقابل بین شوری و سطوح پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید (جدول ۳) مشاهده شد که در سطح صفر درصد شوری هیچ‌کدام از غلظت‌های سالیسیلیک اسید از نظر نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه اختلاف معنی‌داری نشان ندادند. و در سطوح ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار شوری، پیش‌تیمار با غلظت یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید بیشترین نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه را داشتند.

نتیجه‌گیری

نظر به اینکه بیشتر اراضی کشور با تنش شوری خاک روبرو هستند، از این‌رو می‌توان در اجرای پروژه‌های زیست-شناختی پیش از بذریابی، بذور گیاه همیشه بهار را با کاربرد مواد مناسبی از قبیل سالیسیلیک اسید، پیش‌تیمار سازی نمود. با توجه به یافته‌ای به دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که پیش‌تیمار سالیسیلیک اسید باعث بهبود جوانه‌زنی و ویژگی‌های گیاهچه‌ای تحت شرایط شوری در همیشه بهار شده و پیش‌تیمار بذور همیشه بهار با سالیسیلیک اسید ۰/۵ میلی‌مولار اثر مثبتی بر جوانه‌زنی داشته و سبب افزایش مقاومت گیاهچه‌های همیشه بهار تحت تنش شوری می‌گردد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از مسئول محترم آزمایشگاه فیزیولوژی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی سرکار خانم مهندس آیتا یاقوتی‌پور و کلیه عزیزانی که ما را در اجرای این پژوهش یاری نمودند، قدردانی می‌نمایم.

میلی‌مولار سالیسیلیک اسید اختلاف معنی‌داری در تمامی غلظت‌های شوری وجود نداشت (جدول ۳).

وزن خشک ریشه‌چه

وزن خشک ریشه‌چه تحت تأثیر شوری، پیش‌تیمار بذور با سالیسیلیک اسید و اثر متقابل آنها قرار گرفت (جدول ۱). سطح ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید بیشترین و بعد از آن تیمار شاهد کمترین وزن خشک ریشه‌چه را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). هنان (۲۰۰۷) گزارش کرد که پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید میزان وزن خشک ریشه‌چه جو و گندم را در هر دو شرایط وجود و عدم‌وجود تنش شوری افزایش داد. با افزایش غلظت شوری از سطح صفر تا ۲۰۰ میلی‌مولار، میزان وزن خشک ریشه‌چه به شدت تحت تأثیر قرار گرفت (جدول ۲). در بررسی اثر متقابل بین شوری و تیمار با سالیسیلیک اسید مشاهده شد که در سطح صفر درصد شوری اختلاف معنی‌داری بین سطوح سالیسیلیک اسید از نظر وزن خشک ریشه‌چه وجود نداشت و در سایر سطوح شوری، پیش‌تیمار با ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید بیشترین میزان وزن خشک ریشه‌چه را به خود اختصاص داد و تیمار عدم‌پیش‌تیمار بذور در تمامی سطوح شوری به جز سطح ۵۰ میلی‌مولار کمترین وزن خشک ریشه‌چه را دارا بود (جدول ۳).

وزن خشک گیاهچه

شوری، سالیسیلیک اسید و اثر متقابل آنها اثر معنی‌داری بر وزن خشک گیاهچه داشتند (جدول ۱). در همین رابطه کاربرد ۰/۵ میلی‌مولار و عدم‌مصرف سالیسیلیک اسید به ترتیب بیشترین و کمترین وزن خشک گیاهچه را منجر شدند. اگرچه بین سطوح صفر و یک میلی‌مولار اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). با افزایش درصد شوری وزن خشک گیاهچه کاهش معنی‌داری داشت (جدول ۲). در بررسی اثر متقابل شوری و تیمار سالیسیلیک اسید نیز مشاهده شد که سطح ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید دارای بیشترین و تیمار شاهد دارای کمترین وزن خشک گیاهچه در سطوح ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار شوری بودند و در سطح صفر میلی‌مولار شوری بین سطوح مختلف سالیسیلیک اسید اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳).

نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه

نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه نسبت به شوری و کاربرد سالیسیلیک اسید و اثر متقابل آنها اختلاف معنی‌داری

جدول ۱: تجزیه واریانس صفات مختلف درصد و سرعت جوانه‌زنی، بنیه بذر، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه و نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه (R/H) دانه‌های همیشه بهار در شرایط تنش شوری و پرایمینگ سالیسیلیک اسید

Table 1: Analysis of variance of germination percentage and rate, vigor index, radical and caulicle length, radical and caulicle and seedling dry weight and Radicle/Hypocotyle ratio (R/H) seedlings of *callendulla officinalis* under salt stress and salicylic acid

وزن خشک ریشه‌چه/ وزن خشک ساقه‌چه R/H	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight	وزن خشک ساقه‌چه Hypocotyle dry weight	وزن خشک ریشه‌چه Radicle dry weight	طول ساقه‌چه Hypocotyle length	طول ریشه‌چه Radicle length	بنیه بذر Vigor index	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	درجه آزادی df	منابع تغییر S. O. V
MS										
0.157**	2101.13**	3249.46**	675.24**	17.97**	18.63**	121.94**	243.08**	3515.5**	3	NaCl
0.08**	997.75**	237.58**	366.39**	97.83**	82.65**	315.6**	44.69**	1528.5**	2	SA
0.01*	278.22**	106.52**	56.28**	0.76**	2.93*	7.52**	4.54*	82.74*	6	NaCl× SA
0.004	82.13	29.43	16.3	0.2	1.15	0.76	1.9	34.58	36	Error
19.64	11.86	8.44	20.54	7.77	14.65	10.39	13.18	9.12		CV

** و * به ترتیب نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد و ۵ درصد هستند. SA: سالیسیلیک اسید

** and * significant at 1% and 5% level of probability, respectively. SA: Salicylic acid

جدول ۲: اثر جداگانه سالیسیلیک اسید (SA) و NaCl (±استداده) بر جوانه‌زنی و خصوصیات رشد گیاهچه همیشه بهار

Table 2: The separate effects of salicylic acid and salinity (±Standard Error) on germination and seedling properties of *callendulla officinalis*

وزن خشک ریشه- چه / وزن خشک ساقه‌چه R/H	وزن خشک گیاهچه (میلی- گرم) Seedling dry weight	وزن خشک ساقه‌چه (میلی گرم) Hypocotyle dry weight	وزن خشک ریشه‌چه (میلی گرم) Radicle dry weight	طول ساقه‌چه (میلی متر) Hypocotyl e length	طول ریشه‌چه (میلی متر) Radicle length	بنیه بذر Seed vigor	سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز) Germination rate (seed per day)	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	غلظت Concentra tion (mM)	تیمار Treatment
	(mg)			mm						
0.35 ^b ± 0.03	69.50 ^b ± 5.2	61.18 ^b ± 4.9	14.75 ^c ± 2.7	5.18 ^b ± 0.3	5.07 ^c ± 0.5	5.58 ^b ± 0.6	9.4 ^b ± 1	65.25 ^b ± 3.7	0	
0.25 ^c ± 0.02	85 ^a ± 2.6	68.56 ^a ± 3	24.31 ^a ± 1.7	8.56 ^a ± 0.3	9.61 ^a ± 0.2	13.54 ^a ± 0.95	12.39 ^a ± 1	73.81 ^a ± 4.04	0.5	SA
0.39 ^a ± 0.03	74.62 ^b ± 3.3	62.93 ^b ± 3.7	19.87 ^b ± 1.6	3.74 ^c ± 0.3	7.27 ^b ± 0.3	6.14 ^b ± 0.7	9.59 ^b ± 1	54.31 ^c ± 4.5	1	
0.23 ^c ± 0.01	90.08 ^a ± 1.3	79.58 ^a ± 2	28 ^a ± 1.1	7.04 ^a ± 0.5	8.8 ^a ± 0.4	11.41 ^a ± 0.91	14.63 ^a ± 0.3	80.33 ^a ± 3.7	0	
0.29 ^b ± 0.02	82 ^b ± 2.73	72.58 ^b ± 1.6	23.33 ^b ± 1.8	6.57 ^b ± 0.7	7.76 ^b ± 0.6	10.55 ^b ± 1.59	13.29 ^b ± 0.8	73.66 ^b ± 2.5	50	
0.49 ^a ± 0.03	74.41 ^c ± 3.3	63 ^c ± 1.6	16.16 ^c ± 2.3	5.35 ^c ± 0.6	6.8 ^c ± 0.76	7.22 ^c ± 1	9.3 ^c ± 0.5	62.58 ^c ± 1.4	100	NaCl
0.31 ^b ± 0.02	59 ^d ± 5.6	41.75 ^d ± 2.5	11.08 ^d ± 1.5	4.33 ^d ± 0.6	5.91 ^d ± 0.7	4.48 ^d ± 0.91	4.63 ^d ± 0.5	41.25 ^d ± 3.7	200	

در هر ستون میانگین‌هایی دارای یک حرف مشترک تفاوت معنی‌داری بر مبنای آزمون دانکن در سطح ۵٪ ندارند

Similar letters in each column show non-significant differences according to Duncans Multiple Range Test at 5% level of probability

جدول ۳: اثر متقابل سالیسیلیک اسید (SA) و شوری کلرید سدیم (\pm اشتباه استاندارد) بر جوانه‌زنی و ویژگی‌های رشد گیاهچه همیشه بهار

Table 3: The interactive effects of salicylic acid (SA) and salinity (\pm Standard Error) on germination and seedling properties of *callendulla officinalis*

وزن خشک ریشه‌چه / وزن خشک ساقه‌چه R/H	وزن خشک گیاهچه (میلی- گرم) Seedling dry weight	وزن خشک ساقه‌چه (میلی گرم) Hypocotyle dry weight	وزن خشک ریشه- چه (میلی گرم) Radicle dry weight	طول ساقه‌چه (میلی متر) Hypocotyle length	طول ریشه- چه (میلی متر) Radicle length	بنیه بذر Seed vigor	سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز) Germination rate (seed per day)	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	SA	NaCl
	(mg)			(mm)						
0.25 ^{def} \pm 0.02	88.5 ^{ab} \pm 1.79	76.5 ^{abc} \pm 2.9	25.25 ^{abc} \pm 1.25	6.83 ^d \pm 0.06	7.91 ^{bcd} \pm 1.04	8.84 ^d \pm 0.27	14.12 ^b \pm 0.38	72 ^{cd} \pm 2.75	0	0
0.19 ^f \pm 0.04	92 ^a \pm 2.19	84.5 ^a \pm 4.13	31 ^a \pm 2.67	9.05 ^b \pm 0.36	9.95 ^{ab} \pm 0.38	15.48 ^b \pm 0.65	15.73 ^{ab} \pm 0.27	92.5 ^a \pm 3.52	0.5	0
0.25 ^{def} \pm 0.03	89.75 ^{ab} \pm 3.22	77.75 ^{ab} \pm 3.12	27.75 ^{ab} \pm 1.1	5.26 ^{ef} \pm 0.07	8.56 ^{bcd} \pm 0.23	9.92 ^d \pm 0.5	14.07 ^b \pm 0.36	80.25 ^{bc} \pm 5.66	1	0
0.3 ^{cde} \pm 0.02	76.75 ^{bcd} \pm 4.85	68.5 ^{cd} \pm 2.36	23 ^{bcd} \pm 2.54	5.68 ^e \pm 0.01	5.25 ^{fg} \pm 0.29	6.7 ^e \pm 0.33	11.47 ^c \pm 0.52	67.75 ^{de} \pm 2.32	0	50
0.22 ^{ef} \pm 0.03	88.25 ^{ab} \pm 4.67	77.5 ^{ab} \pm 1.84	26.5 ^{abc} \pm 3.06	9.72 ^a \pm 0.35	10.28 ^a \pm 0.3	17.96 ^a \pm 0.59	16.94 ^a \pm 0.3	82.5 ^b \pm 1.7	0.5	50
0.35 ^c \pm 0.02	81 ^{abcd} \pm 3.76	71.75 ^{bc} \pm 2.86	20.5 ^{cde} \pm 3.92	4.31 ^g \pm 0.08	7.74 ^{de} \pm 0.64	7 ^e \pm 0.38	11.46 ^c \pm 0.74	74.5 ^{bcd} \pm 2.45	1	50
0.51 ^b \pm 0.02	68 ^{de} \pm 3.27	58.25 ^{ef} \pm 3.09	6.25 ^g \pm 0.62	4.63 ^{fg} \pm 0.09	4.06 ^{gh} \pm 0.24	4.44 ^f \pm 0.2	7.91 ^d \pm 0.95	59 ^g \pm 2.16	0	100
0.34 ^{cd} \pm 0.02	82.75 ^{abc} \pm 5.57	68.25 ^{cd} \pm 1.1	24 ^{bcd} \pm 1.68	8.28 ^c \pm 0.33	9.58 ^{abc} \pm 0.52	12.09 ^c \pm 0.55	11.10 ^c \pm 0.54	66.75 ^{def} \pm 2.28	0.5	100
0.63 ^a \pm 0.03	72.5 ^{cde} \pm 6.41	62.5 ^{de} \pm 1.5	18.25 ^{def} \pm 0.25	3.16 ^h \pm 0.01	6.78 ^{ef} \pm 0.97	5.12 ^f \pm 0.22	8.9 ^d \pm 0.46	62 ^{ef} \pm 1.73	1	100
0.33 ^{cd} \pm 0.02	39 ^f \pm 6.49	33.5 ^g \pm 3.37	4.5 ^g \pm 0.5	3.60 ^h \pm 0.12	3.05 ^h \pm 0.25	2.32 ^g \pm 0.19	4.13 ^e \pm 0.78	37.5 ^h \pm 3.12	0	200
0.25 ^{def} \pm 0.03	77 ^{bcd} \pm 5.87	50.75 ^f \pm 1.1	15.75 ^{ef} \pm 1.54	7.18 ^d \pm 0.42	8.65 ^{abcd} \pm 0.36	8.62 ^d \pm 0.66	5.79 ^e \pm 1.18	53.5 ^g \pm 3.27	0.5	200
0.34 ^{cd} \pm 0.04	61 ^e \pm 2.94	41 ^g \pm 3.18	13 ^f \pm 1.29	2.22 ⁱ \pm 0.11	6.02 ^f \pm 0.26	2.5 ^g \pm 0.23	3.96 ^e \pm 1	44.25 ^h \pm 2	1	200

در هر ستون میانگین‌هایی دارای یک حرف مشترک تفاوت معنی‌داری بر مبنای آزمون دانکن در سطح ۵٪ ندارند

Similar letters in each column show non-significant differences according to Duncans Multiple Range Test at 5% level of probability

- اکرمیان، م.، حسینی، س. ح.، کازرونی منفرد، ا. و رضوانی مقدم، پ. ۱۳۸۶. اثر آماده سازی اسمزی بذر بر جوانه زنی و رشد گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill)، مجله پژوهش های زراعی ایران، جلد ۵۰: ۴۶-۳۷.
- باقری کاظم آبادی، ع.، سرمدنیا، غ. و حاج رسولیها، ش. ۱۳۶۷. بررسی عکس العمل توده های مختلف اسپرس نسبت به تنش های خشکی و شوری در مرحله جوانه زنی، مجله علوم و صنایع کشاورزی، جلد ۲: ۵۵-۴۱.
- برومندرضازاده، ز. و کوچکی، ع. ۱۳۸۴. بررسی واکنش جوانه زنی بذر زینان، رازیانه و شوید به پتانسیل های اسمزی و ماتریک ناشی از کلرید سدیم و پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ در دماهای مختلف، مجله پژوهش های زراعی ایران، جلد ۳: ۲۱۷-۲۰۷.
- دولت آبادیان، آ.، مدرس ثانوی، س. ع. م. و اعتمادی، ف. ۱۳۸۷. اثر پیش تیمار اسیدسالیسیلیک بر جوانه زنی بذر گندم (*Triticum aestivum* L.) در شرایط تنش شوری، مجله زیست شناسی ایران، جلد ۲۱، شماره ۴: ۷۰۲-۶۹۲.
- رحیمی، ا.، چایچی، م. ر. و برقی، ف. ۱۳۸۹. بررسی پرایمینگ شوری و سطوح مختلف شوری روی خصوصیات جوانه زنی سه رقم سورگوم، نشریه زراعت (پژوهش و سازندگی)، شماره ۷: ۳۹-۳۲.
- شاهرخی، ن. ۱۳۷۵. روش های کنترل کیفی مواد اولیه داروهای گیاهی. تهران، انتشارات جهاد دانشگاهی شهید بهشتی.
- شکاری، ف.، رحیم زاده خویی، ف.، ولیزاده، م.، آلیاری، ه. و شکبیا، م. ر. ۱۳۷۷. اثر تنش شوری بر جوانه زنی ۱۸ رقم کلزا، چکیده مقالات پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، نشر آموزش کشاورزی، کرج. ص ۲۷-۲۱.
- شهبازی، م. و کیانی، ع. ۱۳۷۷. ارزیابی تحمل به شوری گیاه روغنی کلزا. گزارشات سالیانه پژوهشکده بیوتکنولوژی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر.
- کافی، م.، عیشی رضایی، ا.، حقیقی خواه، م. و قربانی، ص. ۱۳۸۹. مطالعه اثر سطوح مختلف شوری و پرایمینگ بذر بر جوانه زنی و خصوصیات گیاهچه دو گونه دارویی خانواده مرکبان. نشریه بوم شناسی کشاورزی، جلد ۲، شماره ۲: ۲۵۵-۲۴۵.
- کافی، م.، نظامی، ا.، حسینی، ح. و معصومی، ع. ۱۳۸۴. اثرات فیزیولوژیک تنش خشکی ناشی از پلی اتیلن گلیکول بر جوانه زنی ژنوتیپ های عدس، مجله پژوهش های زراعی ایران، جلد ۳: ۷۹-۶۹.
- مرادی، ر. ا. و رضوانی مقدم، پ. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر پیش تیمار بذر توسط سالیسیلیک اسید در شرایط تنش شوری بر جوانه زنی و خصوصیات رشد گیاهچه رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill)، نشریه پژوهش های زراعی ایران، جلد ۸، شماره ۳: ۵۰۰-۴۸۹.
- مسعودی، پ.، گزانچیان، ع.، جاجرمی، و. و بزرگمهر، ع. ۱۳۸۷. بررسی اثر پیش تیمار بذر بر بهبود جوانه زنی و قدرت گیاهچه در سه گونه گراس دائمی تحت تنش شوری. مجله علوم و صنایع کشاورزی، ویژه علوم باغبانی، جلد ۲۲، شماره ۱: ۶۷-۵۷.
- مظاهری تیرانی، م. و منوچهری کلانتری، خ. ۱۳۸۵. بررسی سه فاکتور سالیسیلیک اسید، تنش خشکی و اتیلن و اثر متقابل آنها بر جوانه زنی بذر کلزا (*Brassica napus* L.)، مجله زیست شناسی ایران، شماره ۹: ۴۱۸-۴۰۸.
- ولدیبانی، ع. ر.، حسن زاده قورت تپه، ع. ا. و تاج بخش، م. ۱۳۸۴. بررسی اثرات تنش شوری بر جوانه زنی و رشد گیاهچه ارقام جدید و پر محصول کلزای پاییزه، مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، شماره ۶۶: ۳۲-۲۳.
- شکاری، ف.، بالجانی، ر.، صبا، ج.، افصحی، ک. و شکاری، ف. ۱۳۸۹. تأثیر پرایمینگ با سالیسیلیک اسید روی خصوصیات گیاهچه گاوزبان (*Barago officinalis*). مجله دانش نوین کشاورزی، سال ششم، شماره ۱۸: ۵۳-۴۷.
- Abdul-Baki, A. A. and Anderson, J. D. 1970. Viability and leaching of sugars from germinating barley. *Crop Science*, 10: 31-34.
- 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 Agricultural Science*, 1: 13-20.
- 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.
- Bilia, A. R., Bergonzi, M. C., Gallori, S., Mazzi, G. and Vincieri, F. F. 2002. Stability of the constituents of Calendula, Mill-thistle and passion flower tinctures by LC-DAD and LC-MS. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 30: 613-624.
- Baalbaki, R. Z., Zurayk, R. A., Blelek, M. M. and Tahouk, S. N. 1999. Germination and seedling development of drought tolerant and susceptible wheat under moisture stress. *Seed Sciences and Technology*, 27: 291-302.

- Barkosky, R. R. and Einhellig, F. A. 1993. Effects of salicylic acid on plant water relationship. *Journal of Chemistry Ecology*, 19: 237-247.
- Belcher, E. W. and Miller, L. 1974. Influence of substrate moisture level on the germination of sweetgun and pine seed. *Proceeding of the Association of Official Seed Analysis*, 65: 88-89.
- Boucaud-Maitre, Y., Algernon, O. and Raynaud, J. 1988. Cytotoxic and antitumoral activity of *Calendula officinalis* extracts. *Pharmazie*, 43: 220-221.
- Carreon, S. P., Iimenez, G. C. and Vega, J. L. 2002. Genotoxic and antigenotoxic properties of *Calendula officinalis* extracts in rat liver cell cultures treated with diethylnitrosamine. *Toxicology In Vitro*, 16: 235-258.
- Cutt, J. R. and Klessig, D. F. 1992. Salicylic acid in plants: A changing perspective. *Pharmaceutical Technology*, 16: 25-34.
- Dat, J. F., Foyer, C. H., Scott, I. M. 1998. Changes in salicylic acid and antioxidants during induced thermo tolerance in mustard seedlings. *Plant Physiology*, 118: 1455-1461.
- Demir Kaya, M., Okcu, G., Atak, M. A. and Kolsarici, O. 2006. Seed treatment to overcome salt and drought stress during germination in sunflower. *European Journal of Agronomy*, 24: 291-295.
- Edward, A. K. and Bison, M. A. 1996. Plasma membrane Na⁺ transport in salt toleranthalophytes. *Plant Physiology*, 111: 1191-1197.
- El-Tayeb, M. A. 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regulation*. 45: 215-225.
- Foley, M. E., and Fennimore, S. A. 1998. Genetic basis for seed dormancy. *Seed Science Research*, 8: 173-179.
- Francois, L. E. 1994. Growth, seed yield and oil content of canola grown under saline conditions. *Agronomy Journal*, 86: 233-234.
- Gautam, S. and Singh, P. K. 2009. Salicylic acid induced salinity tolerance in corn grown under NaCl stress. *Acta physiologiae Plantarum*, 31: 1185-1190.
- Gharib, F. A. L. 2006. Effect of salicylic acid on the growth, metabolic activities and oil content of basil and majoram. *International Journal of Agriculture and Biology*, 4: 485-492.
- 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.
- Harper, J. P. and Bolke, N. E. 1981. Characterization of the inhibition in oat roots by salicylic acid. *Plant physiology*, 68: 1349-1353.
- Hayat, S., Fariduddin, Q., Ali, B. and Ahmad, A. 2005. Effect of salicylic acid on growth and enzyme activities of wheat seedlings. *Acta Agronomy Hungary*, 53: 433-437.
- Hus, J. L. and Sung, J. M. 1997. Antioxidant role of glutathione associated with accelerated aging and hydration of triploid watermelon seeds. *Physiologia Plantarum*, 100: 967-974.
- Janda, T., Szalai, G., Tari, I. and Paldi, E. 1999. Hydroponic treatment with salicylic acid decreases the effects of chilling injury in maize (*zea mays L.*) plants. *Planta*, 208: 175-180.
- Kalvatchev, Z., Walder, R. and Garzaro, D. 1997. Anti-HIV activity of extracts from *Calendula officinalis* flower. *Biomedical Pharmacotherapy*, 51: 176-180.
- Kang, H. M., Saltveit, M. E. 2002. Chilling tolerance of maize, cucumber and rice seedlings leaves and roots and differently affected by salicylic acid. *Physiologiae Plantarum*, 115: 571-576.
- Khan, M. A. and Ungar, L. A. 1996. Influence of salinity and temperature on the germination of *Haloxylon recurvum*. *Annals of Botany*, 78: 547-551.
- Khan, M. A. and Ungar, L. A. 2001. Seed germination of *Triglochin maritime* as influenced by salinity and dormancy relieving compounds. *Biological Plantarum*, 44: 301-303.
- Khan, W., Prithiviraj, B. and Smith, D. 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. *Journal of Plant Physiology*, 160: 485-492.
- Krantev, A., Yordanova, R., Janda, T., Szalai, G. and Popova, L. 2008. Treatment with salicylic acid decreases the effect of cadmium on photosynthesis in maize plants. *Journal of Plant Physiology*, 165(9): 920-931.
- Laroue-Saaveda, A. 1979. Stomatal closure in response to salicylic acid treatment. *Plant physiology*, 93: 371-375.
- Lopez, M., Humara, J. M., Casares, A. and Majada, J. 1999. The effect of temperature and water stress on laboratory germination of *Eucalyptus globules* Labill. Seeds of difrent sizes. *Journal Annals of Forest Science*, 57:245-250.
- Lynch, J. and Lauchli, A. 1988. Salinity effects intracellular calcium in corn root protoplasts. *Plant Physiology*, 87: 351-356.
- Maguire, J. D. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2: 176-177.
- Maria, E. B., Jose, D. A., Maria, C. B. and Francisco, P. A. 2000. Carbon partitioning and sucrose metabolism in tomato plants growing under salinity. *Physiologiae Plantarum*, 110: 503-511.
- Mcwilliam, J. R. 1989. The national and international importance of drought and salinity effects on agricultural production. *Australian Journal of Plant Physiology*, 13: 1-13.

- Metwally, A., Finkmeier, I., Georgi, M. and Dietz, K. J., 2003. Salicylic acid alleviates the cadmium toxicity in barley seedlings. *Plant Physiology*, 132: 272-281.
- Mishra, A. and Choudhuri, M. A. 1999. Effect of salicylic acid on heavy metal- induced membrane deterioration mediated by lipoxygenase in rice. *Biological Plant*, 42: 409-415.
- Niu, X., Bressan, R. A., Hasegawa, P. M. and Pardo, I. M. 1995. Ion homeostasis in NaCl stress environment. *Plant Physiology*, 109: 735-742.
- Opoku, G., Davies, F. M., Zetrio, E. V. and Camble, E. E. 1996. Relationship between seed vigor and yield of white beans (*Phaseolus vulgaris L.*). *Plant Variety Seed*, 9: 119-125.
- Popova, L., Pancheva, T. and Uzunova, A. 1997. Salicylic acid: Properties, biosynthesis and physiological role. *Bulgaria Journal of Plant Physiology*, 23: 85-93.
- Redmann, R. E., Q. I. M. Q. and Belyk, M. 1994. Growth of transgenic and standard canola (*Brassica napus L.*) varieties in response to soil salinity. *Canadian Journal of Plant Science*, 74(4): 797-799.
- Senaratna, T., Touchel, D., Bumm, E., Dixon, K. 2000. Acetyl salicylic acid induces multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regulation*, 30: 157-161.
- Shakirova, F. M. and Sahabutina, D. R. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. *Plant Science*, 164: 317-322.
- Shakirova, F. M., Shakhbutdinova, A. R., Bezrukova, M. V., Fatkhutdinova, R. A. and Fatkhutdinova, D. R. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedling induced by salicylic acid and salinity. *Plant Science*, 164: 317-322.
- Singh, B. and Usha, K. 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. *Plant Growth Regulation*, 39: 137-141.
- Szalai, G., Tari, I., Janda, T., Pestencz, A. and Paldi, E. 2000. Effects of cold acclimation and salicylic acid on changes in ACC and MACC contents in maize during chilling. *Biological Plant*, 43: 637-640.
- Szepesi, A., Csiszar, J., Bajkan, S., Gemes, K. and Horvath, F. 2005. Role of salicylic acid pre-treatment on the acclimation of tomato plants to salt- and osmotic stress. *Acta Biologica Szegediensis*, 49: 123-125.
- Yoshikawa, M., Murakami, T., Kishi, A., Kageura, T. and Matsuda, H. 2001. Medicinal flower III. Marigold. (1): hypoglycemic, gastric emptying inhibitory, and gastroprotective principles and new oleanane type triterpene oligoglycosides, calenda saponins A, B, C, and D, from Egyptian *Calendula officinalis*. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 49: 863-870.

Effect of Pretreatment of Salicylic Acid on Germination and Seedling Properties *Callendulla officinalis* in Salt Stress Condition

Ghasemi jobshahr¹, E. and Khoramivafa^{2*}, M.

Abstract

An experiment was conducted to investigate pretreatment effects of Salicylic acid on germination properties of *Callendulla officinalis* L. under salinity stress condition. The experiment was arranged as factorial design in a randomized block design with four replications. Factors were included salicylic acid at three concentrations (0, 0.5, 1 mM) and NaCl at four concentrations (0, 50, 100, 200 mM). Both of separated and interaction effects were significant on germination percentage, germination rate, vigor index, length of radicle and hypocotyle, dry weight of radicle and hypocotyle and seedling, as well as radicle-hypocotyle ratio. Salicylic acid had a positive effect on germination and encouraged it under stress treatment. There was the highest germination percentage, germination rate, vigor index, length of radical-hypocotyle, dry weight of radical and hypocotyle and seedling by pretreatment with concentration of 0.5 mM salicylic acid. While concentrations of 1mM led to the highest radical/hypocotyle ratio. Not only pretreatment by salicylic acid at concentration of 0.5 mM had resulted in the highest performance in germination properties but also promoted survival of the seedling under salinity conditions compare to control statistically.

Keywords: Salicylic acid, Seed vigor, *Callendulla officinalis*, Salinity, Sodium chloride

1. M.Sc Graduated Student in Agroecology, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah

2. Assistant professor, Department of Agronomy and plant Breeding, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah

*: Corresponding author Email: Khoramivafa@gmail.com