تأثیر پرایمینگ بذر با اسید سالیسیلیک بر شاخص‌های جوانه زنی و رشد گیاه گل گاوزبان تحت تنش شوری

ابوالفضل لولایی[1*]، علی خلیلی[2]، هدایت محمدی[3]، سارا اسلامی[4]

[1] دانشجوی دکترای، گروه علوم باغبانی، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان تهران، تهران، ایران

[2] کارشناس‌ارشد، گروه اکولوژی مرتع، دفتر امور مراتع و گیاهان دارویی سازمان جنگلها، مراتع و ابخیزداری کشور تهران، ایران

[3] کارشناس، علوم باغبانی گروه اکولوژی مرتع، دفتر امور مراتع و گیاهان دارویی سازمان جنگلها، مراتع و ابخیزداری کشور تهران، ایران

[4] کارشناس ارشد، گروه زراعت، اداره کل تعاون روستایی استان هرمزگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۵/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۷/۱۴

چکیده

یکی از روش‌های موثر برای غلبه بر تنش در جوانه‌زنی بذور، استفاده از تکنیک پرایمینگ بذر است. به این منظور به بررسی تأثیر پیش تیمار اسیدسالسیلیک بر جوانه‌زنی و برخی خصوصیات بذر گیاه دارویی گل گاوزبان (*Borago officinalis* L.) در شرایط تنش شوری، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با سه سطح اسیدسالسیلیک با غلظت غلظت (۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌مولار) و تنش شوری با غلظت‌های (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار) بودند. صفات مورد آزمایش شامل طول، وزن و نسبت ریشه چه و ساقه‌چه، غلظت پروتئین بذر، درصد جوانه‌زنی بذر بودند. بر اساس نتایج بدست آمده در پاسخ به شرایط تنش شوری، سطح رشد مرفولوژیکی بذور به شدت تغییر کرد، کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و همینطور وزن آنها کاهش یافت. ولی تیمار با تغییر این نسبت، باعث حفظ و ثبات فعالیت مرفولوژیکی در بذور گل گاوزبان شد. بر اساس نتایج به دست آمده، تیمار سالیسیلیک اسید تحت شرایط تنش شوری می‌تواند برای تقویت فعالیت جوانه‌زنی و رشدی گل گاوزبان می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اسیدسالیسیلیک، درصد جوانه‌زنی بذر، شوری، غلظت پروتئین بذر، گل گاوزبان.

مقدمه

ایران دارای استعداد بالقوه طبیعی و جغرافیایی جهت کاشت و تولید گیاهان دارویی می‌تواند از جمله کشورهای تولیدکننده، مصرف کننده و صادرکننده گیاهان دارویی باشند (Rezvani Moghadam et al., 2014). گل گاوزبان از خانواده گل گاوزبانیان و دارای ۱۳۱ جنس و ۲۰۰ گونه علفی، بوته‌ای یکساله و چندساله است. گیاه گل گاوزبان در اواسط بهار و تابستان به گل می‌رود. در گل گاوزبان، گل و برگ و حتی سرشاخه‌های آن مصرف دارویی دارد (Ghahraman, 1978). کشت و کار گیاهان دارویی از جمله گاوزبان جهت بهره‌گیری از حداکثر قدرت تولیدی مواد موثره در این گیاهان می‌باشد. اندام‌هایی نظیر گلها، برگها و روغن دانه در این گیاه جزء بخش‌های دارویی به شمار می‌رود اما به دلیل کارهای کمتر اهلی سازی روی آنها، سبز شدن و استقرار گیاهچه‌های این گیاهان معمولاً به کندی

*نویسنده مسئول: abolfazl.lolaei84@gmail.com

انجام می‌شود. از روش‌های موثر برای غلبه بر این مشکلات استفاده از تکنیک پرایمینگ بذر است (Khalaj et al., 2015).

شوری از تنش‌های غیرزیستی مهمی است که به‌طور نامطلوب بر حاصلخیزی و کیفیت محصول اثر می‌گذارد. بذور از مرحله کاشت تا استقرار گیاهچه شدیدا در برابر تنش‌ها آسیب پذیر می‌باشند. شوری خاک از طریق کاهش پتانسیل آب اطراف بذر و ممانعت از جذب آب توسط بذر و نیز به واسطه اثرات سمی یون‌های Na^+ و Cl^-، جوانه‌زنی بذور را کاهش می‌دهد. شوری به عنوان یکی از تنش‌های مهم محیطی است که تولیدات کشاورزی را به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک محدود می کند (Chinnusamy et al., 2005). در طبیعت گیاهان در برابر نوسانات محیطی مختلفی از جمله شوری و خشکی قرار دارند که شرایط رشد آنها را دچار محدودیت می‌کند (Munnas and Tester, 2008). اغلب گیاهان در مرحله جوانه زنی و رشد اولیه حساسیت بالایی به تنش‌های محیطی از جمله خشکی و شوری دارند. طبق نظر محققین حساس ترین مرحله از چرخه زندگی گیاه نسبت به تنش شوری مرحله جوانه زنی و ابتدای رشد گیاهچه است. بنابراین بذرهایی که بتواند در مرحله جوانه زنی واکنش مناسبی به تنش شوری نشان دهند در مرحله گیاهچه ای رشد بهتری دارند و سیستم ریشه‌ای قوی تری دارند (Kaydan and Yagmur, 2008). به نظر می‌رسد کاهش سطح برگ و رشد سایر اندام‌های گیاهی در اثر افزایش شوری به علت تغییر میزان هورمون‌های رشد باشد (Mane et al., 2011). تنش شوری می‌تواند به‌طور مستقیم و غیرمستقیم از طریق مختل کردن متابولیسم، رشد، تکامل و رشد زایشی بر فیزیولوژی گیاه تأثیر بگذارد. برخی از اثرات شوری مانند تنش اسمزی، سمیت یونی، تنش اکسیداتیو، تغییر در مراحل متابولیسمی، به هم ریختگی غشا، کاهش تقسیم و رشد سلول باعث کاهش رشد و نمو گیاه می شود (Zhu, 2007). در تنش شوری تولید گونه‌های فعال اکسیژن در محیط سلول، موجب ایجاد تنش ثانویه ای به نام تنش اکسیداتیو می‌گردد (Chinnusamy et al., 2005).

اسیدسالیسیلیک یک مولکول پیام رسان مهم در پاسخ‌های گیاه به تنش‌های متعدد زیستی و غیرزیستی شناخته شده است (Horvath et al., 2007). سالیسیلیک اسید SA یا اوترتوهیدروکسی بنزوئیک اسید یک ترکیب فنولی است که همراه با مشتقات مختلف آن از جمله استیل سالیسیلیک ASA مشتقات متیله آن و... در داروسازی و درمان بیماریها کاربرد فراوانی دارد همچنین سالیسیلیک یک هورمون گیاهی قوی است که در شاخه‌های مختلف گیاهان بخاطر نقش تنظیم کنندگی در متابولیسم گیاهی بسیار مورد توجه است اخیرا کاربرد جدیدی از SA در گیاهان یافته شده است کاربرد خارجی SA در گیاهان برفرایند رشد و نمو تولید محصول مقاومت در برابر بیماریها و انواع تنشهای محیطی از جمله شوری خشکی تابشهای UV و فلزات سنگین تاثیر می گذارد (Wang et al., 2006). گیاهان در مراحل مختلف زندگی با شرایط تنشی گوناگونی مواجه هستند. این شرایط توسط عوامل زنده یا غیر زنده ایجاد می شود و بر جوانه‌زنی و رشد گیاهان اثر می‌گذارد (Azooz, 2009). محققین در تحقیقات خود در خصوص کاربرد اسیدسالسیلیک بر خواص کمی و کیفی گیاه گاوزبان، گزارش دادند که تاثیر اسیدسالیسیلیک بر شاخص‌های فیزیولوژیکی کاملاً معنادار است (Lolaei et al., 2018). کاربرد خارجی اسیدسالیسیلیک سبب ایجاد تحمل گرما و سرمازدگی و تنش شوری (Borsani et al., 2001) و در گل گاوزبان (Mirzaei et al., 2015) و قلی‌نژاد و همکاران (Gholinejad et al., 2015) می‌گردد. گزارشات مختلی در خصوص پرایمینگ بذر باعث بهبود جوانه زنی، افزایش بنیه بذر و افزایش دامنه جوانه‌زنی بذرها در شرایط محیطی تنش زا از قبیل خشکی، شوری و دما شده است (Hanan, 2007). کاهش جوانه زنی گیاهان در شرایط و محیط شور می‌تواند به علت کاش جذب موثر اب به علت بر هم خوردن تعادل اسمزی و نیز

علت ایجاد سمیت یونی و در نهای به علت ایجاد اختلال در جذب عناصر ایجاد شود (Farooq et al., 2006؛ Kaur et al., 2006). پرایمینگ بذر با اسیدسالیسیلیک به عنوان یک تکنیک آسان و کم هزینه راه حلی است که برای بهبود جوانه زنی بذرها پیشنهاد می‌گردد (Rajasekaran, et al., 2002). تحت شرایط تنش‌های محیطی سطوح درون زای فیتوهورمون‌ها دچار تغییرات اساسی می‌شوند. فیتومورمون‌ها نقش مهمی در پاسخ به تنش‌های محیطی و سازگاری آنها دارند. به اعتقاد بسیاری از محققین اثر شوری در ممانعت از جوانه زنی بذر و رشد گیاه میتواند وابسته به کاهش در سطح فیتومورمونهای طبیعی باشد.عدم جونه زنی بذر و استقرار مطلوب گیاه یکی از مشکلات کشاورزی در مناطق شور می‌باشد (Sharma et al., 2005). پرایمینگ بذر تکنیکی است که به واسطه آن بذور پس از قرار گرفتن در بستر خود و مواجهه با شرایط اکولوژیک محیطی، به لحاظ فیزیولوژیک و بیوشیمیایی آمادگی جوانه‌زنی را به دست می‌آورند. این مسئله میتواند سبب بروز تظاهرات زیستی و فیزیولوژیک متعددی در بذر پر ایم شده و گیاهان حاصل از آن گردد، به نحوی که این موارد را می توان در چگونگی جوانه زنی، استقرار اولیه گیاهچه، بهره برداری از نهاده‌های محیطی، زودرسی و افزایش کمی و کیفی محصول مشاهده کرد (Baalbaki et al., 1999). لذا پیش تیمار بذر به عنوان یک راهکار جهت افزایش استقرار گیاه به ویژه در شرایط نامطلوب مطرح است. بنابراین هدف از این تحقیق، بررسی اثرات پیش تیمار بذر با اسیدسالیسیلیک در شرایط تنش شوری در جوانه زنی بذر و خصوصیات گیاهچه گل گاوزبان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر پیش تیمار اسیدسالیسیلیک در شرایط تنش شوری بر برخی خصوصیات گل گاوزبان، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در آزمایشگاه موسسه تحقیقات سازمان جنگلها و مراتع اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح پیش تیمار بذر با اسید سالیسلیک و سه سطح شوری بود. ابتدا بذرهای هم اندازه انتخاب سپس با هیپوکلریت سدیم ۳ درصد به مدت ۳۰ ثانیه ضد عفونی شده و سپس ۳ تا ۵ مرتبه با آب مقطر شسته و سپس به مدت ٢٤ ساعت در تاریکی و دمای محیطی ۲۰ درجه سانتی گراد درون محلولهای با غلظت (۰(آب مقطر)، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌مولار) اسید سالیسیلیک بطور جداگانه خیسانده شدند. پس از آن، تعداد ۳۰ عدد بذر از بذرهای خیس خورده در آب مقطر و محلول اسیدسالیسیلیک به پتری دیش‌های استریل با قطر ۹ سانتی متر که حاوی یک لایه کاغذ صافی واتمن شماره ۱ در کف پتری دیش‌ها و ۱۰ میلی‌لیتر NaCl با غلظت‌های (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار) بودند انتقال گردیدند. پتری‌ها در اتاقک رشد و در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد به مدت ١٤ روز قرار داده شدند (Safarnejad et al., 2007). تعداد بذرهای جوانه زده هر روز تا روز چهاردهم مورد شمارش قرار گرفتند. در طول آزمایش بذرهایی جوانه زده تلقی شدند که طول ریشه چه آنها دو میلی‌متر یا بیشتر بود (Kaya and Day, 2008). روز چهاردهم، پنج عدد از بذرهای جوانه زده را از پتری دیش خارج کرده و ریشه چه و ساقه‌چه جهت سنجش پارامترهای مرفولوژیکی از یکدیگر جدا شدند. طول ساقه‌چه از یقه تا جوانه انتهایی و طول ریشه چه از یقه تا نوک ریشه اصلی بر حسب میلیمتر با خط کش اندازه گیری و سپس نسبت بین طول ریشه چه به ساقه‌چه محاسبه شدند و سپس وزن ریشه چه و ساقه جه نیز محاسبه گردید (Safarnejad et al., 2007). میزان پروتئین گیاهچه‌ها نیز طبق روش برادفورد تعیین شد (Bradford, 1976). بدین منظور ۱ میلی‌لیتر از محلول برادفورد به همراه ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی پس از مخلوط شدن کامل، در دستگاه اسپکتروفتومتر قرار گرفت و جذب محلول در

طول موج ٥٩٥ نانومتر ثبت شد. غلظت پروتئین بر حسب میلی گرم بر گرم بافت تازه با استفاده از منحنی استاندارد محاسبه شد. برای محاسبات آماری از نرم‌افزارهای SPSS و برای مقایسه میانگین‌ها از روش دانکن و در سطح احتمال ٥ درصد استفاده شد.

نتایج

طول ریشه‌چه و ساقه‌چه: با افزایش میزان شوری، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه کاهش یافت. با توجه به نتایج تجزیه واریانس اثر تیماراسیدسالیسلیک در شرایط تنش شوری بر طبق نتایج بدست آمده، بر طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در سطح احتمال پنج درصد کاملاً معنی‌دار شد و همچنین برهمکنش این دو تیمار نیز اثر معنی داری بر این شاخص‌ها چه داشت (جدول ١). نتایج مقایسه میانگین اثر پیش تیماراسیدسالیسلیک در شرایط تنش شوری نشان داد که شرایط کاربرد اسیدسالیسلیک سبب افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه (٩/٦٨) در تیمار ١٥٠٠ میلی‌گرم اسیدسالیسیلیک شد. همچنین تنش شوری سبب کاهش این شاخصها گردید. با توجه به اثر متقابل شوری و اسیدسالیسیلیک بالاترین میزان طول ریشه‌چه و ساقه‌چه به‌ترتیب ٤/٢٤ و٨/٣٤ سانتی‌متر مشاهده شد و کمترین میزان نیز به‌ترتیب ٢/٢١ و ٤/٦١ سانتیمتر حاصل گردید (جدول٢).

در تحقیقات محققین در خصوص بررسی تاثیر اسید سالیسلیک بر صفات ریخت شناسی بنفشه آفریقایی، نتایج نشان داد که غلظت ٥- ١٠ مولار از اسیدسالیسلیک سبب افزایش در رشد ساقه و ریشه، تعداد برگ، تعداد غنچه‌های گل گردید (Jabbarzadeh et al., 2009). ادریس و مرعشی (Idris and Marashi, 2017) در تحقیق خود در خصوص اثر روش‌های مختلف کاربرد اسید سالیسیلیک برکاهش اثرات تنش شوری در اراضی گندم فاقد سیستم زهکش در شهرستان شادگان گزارش دادند که شوری بر ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ، ماده خشک کل، سرعت رشد محصول و سرعت فتوسنتز خالص در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. اثر اسید سالیسیلیک در تمامی صفات اندازه گیری بر کاهش اثرات منفی شوری در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود.در پژوهشی دیگر رحیمی و همکاران (Rahimi et al., 2009). نتایج حاصل از کاربرد اسیدسالیسلیک بر روی گیاه دارویی گشنیز نشان دادند که ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، وزن خشک شاخه و برگ و عملکرد بذر به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر اسیدسالیسیک افزایش یافتند. همچنین در تحقیقی دیگر محققین گزارش دادند با افزایش غلظت اسیدسالیسلیک میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی و به‌ویژه کلروفیل و تقسیمات سلولی در گیاه لوبیا افزایش یافت و سبب افزایش ارتفاع در لوبیا شده است (Sepehri et al., 2014). صفری و همکاران (Safari et al., 2012) در آزمایشی به بررسی اثر پیش تیمار اسیدسالیسیلیک بر جوانه زنی بذر کنجد در شرایط تنش شوری پرداختند. که پس از جوانه زنی درصد جوانه زنی، سرعت جوانه زنی، طول ریشه چه، طول ساقه‌چه و وزن خشک ریشه چه و ساقه‌چه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تنش شوری باعث کاهش درصد جوانه زنی در بذرهای کنجد شده، به طوری که شوری با غلظت ٨ دسی زیمنس بر متر سبب کاهش درصد جوانه زنی به کمتر از نصف نسبت به تیمار شاهد می‌شود. همچنین مشاهده شد که سالیسیلیک اسید تاثیر مثبتی بر جوانه زنی داشته و هم در تیمار شاهد و هم در تیمارهای تنش دیده سبب افزایش درصد جوانه‌زنی می‌شود. طاهریان و همکاران. (١٣٨٩). در تحقیقات خود در خصوص بررسی اثر تنش شوری بر جوانه زنی بذر گیاه دارویی سنای هندی، نتایج نشان داد که اثر سطوح مختلف شوری بر درصد و سرعت جوانه زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و همچنین وزن تر و وزن خشک گیاهچه سنای هندی داری تاثیر معنی داری داشته است. محققین در تحقیقات

خود در خصوص تاثیر تنش شوری بر جوانه زنی و رشد اولیه گیاهچه قدومه گزارش دادند کـه اثـر سـطوح مختلـف تنش شوری بر شاخص جوانه زنی، درصد جوانه زنی، شاخص ویگور، طـول ریشـه‌چـه و سـاقه‌چـه و وزن خشـک گیاهچه معنی دار بود(امیری و همکاران، ۱۳۸۹). لذا با توجه به نتایج بدست آمده در این تحقیق با نتایج گزارش شـده توسط سایر محققین بر شاخص‌های رشد ریشه چه و ساقه‌چه در خصـوص تـاثیر اسیدسالیسـیلیک در شـرایط تـنش شوری کاملاً مطابقت دارد.

نسبت طول ریشه‌چه با ساقه‌چه: با توجه به نتایج اثر متقابل غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید و کلرید سدیم نشان داد که شاخص نسبت طول ریشه چه با ساقه‌چه تحت تاثیر تنش شوری قـرار گرفـت و واکـنش بـه سـطوح شـوری معنی‌دار بود (جدول ۱). در بررسی نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه مشخص شد که با استفاده از غلظـت‌هـای ۱۵۰۰ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید جهت پرایمینگ بذرها بیشترین نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چـه مشـاهده شـد. بـذرهای تیمار شده با غلظت‌های ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، با بذرهایی که در آب مقطر قرار داشتند به لحاظ آماری از نظـر نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه تفاوت معنی‌داری نداشتند. اما با افزایش غلظت کلرید سدیم کاهش قابل تـوجهی در نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه مشاهده شد. کاربرد سالیسیلیک اسید در مقایسه با عدم کاربرد آن سبب افزایش نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه در تیمارهای بکار رفته شده است. در این تحقیق در خصوص تاثیر تنش شوری گزارش شد که طول ریشه چه، ساقه‌چه و اندازه نهایی گیاهچه تحت تاثیر تنش شوری است، لذا با افزایش شـوری سـبب کـاهش صفات رویشی در تیمار بکار رفته در این آزمایش گردید که پیش تیمار اسیدسالیسیلیک سبب بهبود رشد و شـاخص رویشی بذر گردید که این عامل سبب تسریع در رشد و سبزشدن ساقه‌چه می‌گردد (جدول ۲). در تحقیقی محمـودی راد و نورافکن (Mahmoudirad and Noorafken, 2018) به بررسی اثر پیش تیمار بر جوانه زنی ماریتیغال تحت تنش شوری پرداختند. نتایج نشان داد کاربرد اسیدسالیسیلیک سبب کاهش اثرات منفی تنش شوری در جوانه زنـی بـذور و کاهش در رشد ریشه چه و ساقه‌چه داشته است. افزایش سطح شوری آب آبیاری موجب کاهش ارتفاع بوته، تعـداد و طول شاخه‌های جانبی، قطر سـاقه، فواصـل میـانگره‌ها، تعـداد و سـطح بـرگ، عملکرد پیکر رویشـی تـر و خشـک و میـزان اسـانس در گیـاه دارویی آگاستاکه شـده اسـت و مصـرف سالیسـیلیک اسـید سـبب افـزایش وزن خشـک گردید(Khorsandi et al., 2019). از نظر مورفولوژیکی، بارزترین نشانه آسیب شوری بـه گیـاه، رشـد کـم بـه علـت ممانعت از طویل شدن سلول است (Bandeoglu et al., 2004). پژوهشگران گزارش کرده‌اند که تجمع نمک و یون‌ها موجب تنش اسمتیک و خشکی می‌شود که به کاهش جذب آب توسط بافت‌های گیاه منجر می‌گردد. کاهش محتـوای آب بافت به کـاهش رشـد و نمـو سـلولی منجـر شـده، در نتیجـه، موجـب کـاهش رشـد ریشـه و سـاقه مـی‌گـردد (Cavalcanti et al., 2007). کاهش بیوماس با افزایش شوری افزایش مـی‌یابـد کـه بـه علـت تخریـب فعالیـت‌هـای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی تحت شرایط شوری امری آشکار است (Craine, 2005) که احتمال داده می‌شود علـت آن کاهش رشد رویشی باشد (Dong et al., 2007). کایدن و همکاران (Kaydan et al,. 2007) گزارش کـرد کـه اسـید سالیسیلیک رشد گیاهان جوان رشد کرده در محیط شور را افـزایش میدهد. ایشـان همچنـین نشـان داد کـه افـزایش رشـد گیاهـان گنـدم تحت شرایط کنترل و شور، در حالی که با اسید سالیسـیلیک تیمـار شده باشند، به خاطر افزایش فتوسنتز در برگ مـی باشـد. همچنین محققین دیگر در خصوص تاثیر اسیدسالیسیلیک در شرایط تنش شـوری نشـان داند که بـا کـاربرد اسید سالیسیلیک، میزان عناصر سدیم و کلر در شاخه گیاهان تحـت تنش شوری در گوجه فرنگی کاهش یافت (Arfan, et al., 2007). همچنین نتـایج مشـابهی توسـط فـلاح و همکـاران، (Fallah et al., 2014) نیـز

گزارش شده است. لذا با توجه به نتایج بدست آمده در این تحقیق با نتایج گزارش شده توسط سایر محققین بر شاخص نسبت طول ریشه چه با ساقه‌چه در خصوص تاثیر اسیدسالیسیلیک در شرایط تنش شوری کاملا مطابقت دارد.

وزن ریشه‌چه و گیاه‌چه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تنش شوری باعث کاهش معنی‌دار وزن گیاهچه و ریشه چه گردید (جدول ۱). با توجه به وزن گیاهچه بشدت با افزایش غلظت نمک کاهش می یابد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد در تیمار۱۵۰ میلی‌مولار Nacl در مقایسه با شاهد وزن گیاهچه کاهش اما پیش تیمار بذر با اسیدسالیسیلیک موجب کاهش تنش در صفت مذکور گردید(جدول ۲). در تحقیقات محققین گزارش شده است که مصرف اسیدسالیسیلیک سبب افزایش وزن خشک گیاهچه‌های گندم شده است (Singh and Usha, 2003). سالیسیلیک اسید سبب افزایش وزن تر و وزن خشک ریشه چه و گیاچه‌های ذرت در شرایط تنش شوری شده است (Khodary, 2004). محققین گزارش دادن کاربرد اسیدسالیسیلیک سبب رشد ریشه افزایش وزن خشک و تر ریشه چه شده است (Shakirova and Sahabodinova, 2003). همچنین محققین دیگری در خصوص کاربر د اسیدسالیسیلیک در شرایط تنش شوری بر رشد و وزن گیاه گزارش دادند که رشد افزایش وزن خشک گیاهچه در ارتباط با افزایش طول ریشه چه و ساقه‌چه تحت تاثیر اسیدسالیسیلیک باشد. طبق نتایج بیشترین میزان سرعت جوانه زنی در تیمار ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر مشاهده گردید. در تحقیقی توسط زارعی و همکاران (Zarei et al., 2019) در خصوص پیش تیمار اسیدسالیسیلیک در شرایط تنش شوری در سیاه دانه گزارش شد شوری به‌طور معنی‌داری سبب کاهش سرعت جوانه زنی گردیده و پیش تیمار اسیدسالیسیلیک سبب بهبود در جوانه زنی سیاه دانه و افزایش وزن تر و خشک گیاهچه در شرایط تنش شوری گردید. پوشدر و همکاران (Poshtdar et al., 2015) نتایج مشابهی در خصوص تاثیر اسیدسالیسیلیک گزارش دادند. در پژوهش محققین گزارش دادند افزایش نسبت وزن ریشه‌چه به ساقه‌چه تحت تأثیر سالیسیلیک اسید می باشد. تیمار گیاه با سالیسیلیک اسید، میزان تقسیم سلولی مریستم رأسی ریشه‌های اولیه که منجر به افزایش رشد طولی میشوند را زیاد میکند (Shakirova and Sahabutdinova, 2003). همچنین نتایج مشابهی توسط درودیان و همکاران (Droodian et al., 2016) در خصوص گل گاوزبان نیز ارایه شد. در آزمایشی کبیری و نقی زاده، به بررسی اثر پیش تیمار اسیدسالیسیلیک بر جوانه زنی و رشد اولیه گیاهچه سیاهدانه در شرایط تنش شوری پرداختند. نتایج نشان داد با افزایش تنش شوری، درصد و سرعت جوانه زنی، انرژی جوانه زنی بذر ، وزن گیاهچه، شاخص بنیه بذر، طول ریشه چه، وزن تر و وزن خشک ریشه چه، اندام هوایی و وزن خشک و تر اندام هوایی در سیاهدانه به طور معنی داری کاهش یافت. پیش تیمار بذر با اسیدسالسیلیک موجب افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش شوری گردید(Kabiri and Naghizadeh, 2014). در تحقیقات محققین در خصوص تاثیر تنش شوری بر تغییرات مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی در گیاهان می‌شود . این خود سبب کاهش رشد رویشی و زایشی در گیاه می‌شود (Amirjani 2010). با توجه به نتایج بدست آمده در این تحقیق با نتایج گزارش شده توسط سایر محققین بر شاخص وزن گیاهچه و ریشه چه در خصوص تاثیر اسیدسالیسیلیک در شرایط تنش شوری کاملاً مطابقت دارد.

نسبت وزن ریشه‌چه به ساقه‌چه: با توجه به نتایج تجزیه واریانس، در بررسی تاثیر تیماراسیدسالسلیک در شرایط تنش شوری بر نسبت وزن ریشه چه به ساقه‌چه در سطح احتمال پنج درصد کاملاً معنی دار شد و همچنین برهمکنش این دو تیمار نیز اثر معنی‌داری بر این شاخص‌ها داشت (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین اثر پیش تیمار اسید سالیسلیک در شرایط تنش شوری نشان داد که شرایط کاربرد اسیدسالیسلیک سبب افزایش نسبت وزن ریشه چه به ساقه‌چه در

تیمار ۱۵۰۰ میلی گرم شد. همچنین تنش شوری سبب کاهش این شاخص‌ها گردید (جدول ۲). کـه در بررسـی ایـن نتایج با یافته‌های هاشمی و همکاران (Hashemi et al., 2014)که گزارش نمودند بیشترین طول ریشـه چـه همینطـور وزن گیاهچه در شرایط محلولپاشی اسید سالیسیلیک در مراحل شروع پنجه زنی و برجستگی دوگانه به دست آمد، نیز مطابقت داشت. طبق گزارش نتایج محققین، اسیدسالیسیلیک سبب افزایش وزن تر و وزن خشک ریشه چه و ساقه‌چه گیاهان ذرت در شرایط تنش شوری شده است (Khodary, 2004). همچنین نتایج مشابهی توسـط خـان و همکـاران، (Kaur et al., 2006) در بررسی تاثیر اسید سالیسیلیک در سویا بر افزایشی وزن گیاهچه نشـان داده شـد. در تحقیقـی مقسومی هولاسو و پور اکبر (Magsoumi Holasu and Porakbar, 2013) به بررسی آثار تنش شوری بر رشد و برخی شاخصهای فیزیولوژیک دانه رُستهای گندم. پرداختند. نتایج نشان داد که با افزایش درجه شوری طـول و وزن خشـک ریشه و اندما هوایی و نیز سطح برگ کاهش معنی داری یافت. در تحقیقـی شـکاری و همکـاران، (Shekhari et al., 2019) به بررسی تاثیر سالیسیلیک اسید بر فعالیتهای فتوسنتزی و عملکرد گل در گیاه گل گاوزبـان بـا اسـتفاده روش پرایمینگ بذر پرداختند. نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که پرایمینگ و به ویژه اسپری سالیسیلیک اسید تاثیر معنـی داری بـر روی فعالیت فتوسنتز و شاخصهای فتوسنتزی و در نهایت بر وزن خشـک گـل داشـت بـه طوریکـه میتـوان اظهـار داشـت کـه تیمـار دادن گیاهـان بـا سالیسیلیک اسید موجب افزایش قابل تـوجهی در وزن تـر و وزن خشـک ریشه چه و ساقه‌چه میشود. همچنین نتایج مشابهی توسط رقامی و همکاران (Ragami et al., 2015) در بررسی تـاثیر تنش شوری و اسید سالیسیلیک بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک گیاه بادمجان بر وزن تر و خشـک شاخسـاره، وزن تر و خشک ریشه، رنگدانه‌های فتوسنتزی گزارش شد. با توجه به نتایج بدسـت آمـده در ایـن تحقیـق بـا نتـایج گزارش شده توسط سایر محققین بر شاخص نسبت وزن ریشه چه به ساقه‌چه در خصوص تـاثیر اسیدسالیسـیلیک در شرایط تنش شوری کاملا مطابقت دارد.

غلظت پروتئین: در بررسی اثر تیمارهای مختلف سالیسیلیک اسید بر بذرهای گل گاوزبان نتایج تجزیه واریانس نشان داد کابرد اسید سالیسلیک در شرایط تنش شوری بر خصوصیت غلظت پروتئین کاملا معنـی دار اسـت(جدول ۱). بـا توجه به نتایج مقایسه میانگین تیمار۱۵۰۰ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک بالاترین میزان درصد نهایی جوانه زنـی مشـاهده شد. با افزایش غلظت کلرید سدیم درصد جوانه زنی کاهش یافت (جدول ۲). پژوهشـگران متعـددی کـاهش مقـدار غلظت پروتئین را در شرایط شوری گزارش کرده‌انـد (Yonis et al., 1993). همچنـین نتـایج مشـابهی توسـط دولـت آبادیان و همکاران (Dolat Abadian et al., 2017) در خصوص اثر پیش تیمار اسیدسالیسیلیک بر جوانه زنی بذر گندم در شرایط تنش شوری گزارش شده است. در تحقیقات محققین گزارش شد پیش تیمار بذر با سالیسیلیک اسید سبب افزایش شاخصهای جوانه زنی بذر ماریتیغال شد پرایمینگ از طریق بازسازی و ترمیم سلولهای آسـیب دیـده، کـاهش موانع رشد جنین، افزایش کمی و کیفی سنتز پروتئین‌ها و ایجاد دامنه دمایی وسیعتر برای جوانه زنـی، باعـث افـزایش درصد جوانه زنی و درصد بذرهای زنده و سرعت جوانه زنی گردید (Madady et al., 2016). در تحقیقـی قاسـمی و سوهانی (Ghasemi and Sohani, 2017) به بررسی تاثیر اسیدسالیسلیک بر روی برخی خصوصیات گـل گاوزبـان در شرایط تنش خشکی بر روی درصد جوانه زنی آن پرداختند. نتایج نشان داد تنش خشکی جوانه زنی فاکتورهای مـورد مطالعه را کاهش داد، سالیسیلیک اسید در تیمار خشکی بالا اثر بهبود بخشی در جوانه زنی از طریـق افـزایش غلظـت پروتئین داشته است. همچنین محققین در خصوص کاربرد اسیدسالیسیلیک بر صفات فیزیولوژی و رویشی نشان دادند که پرایمینگ، از طریق افزایش سرعت و یکنواختی جوانه زنی، موجب افزایش کارایی بذر میگردد. این اثرات مثبـت،

بهبود سرعت رشد گیاه، تسریع در تاریخ رسیدگی و افزایش در کمیت و کیفیت عملکرد و غلظت پروتئین را موجب می‌گردد (Yoon et al., 1997). که این نتایج گزارش شده با نتایج این تحقیق کاملا مطابقت دارد.

درصد نهایی جوانه‌زنی: در بررسی اثر تیمارهای مختلف سالیسیلیک اسید بر بذرهای گل گاوزبان نتایج تجزیه واریانس نشان داد کابرد اسید سالیسلیک در شرایط تنش شوری بر خصوصیت درصد نهایی جوانه‌زنی کالام معنی دار است (جدول ۱). با توجه به نتایج مقایسه میانگین تیمار۱۵۰۰ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک بالاترین میزان درصد نهایی جوانه زنی مشاهده شد. با افزایش غلظت کلرید سدیم درصد جوانه زنی کاهش یافت (جدول ۲). در تحقیقی قاسمی و سوهانی (Ghasemi and Sohani, 2017) به بررسی تاثیر اسیدسالیسلیک بر روی برخی خصوصیات گل گاوزبان در شرایط تنش خشکی بر روی درصد جوانه زنی آن پرداختند. نتایج نشان داد تنش خشکی جوانه زنی فاکتورهای مورد مطالعه را کاهش داد، سالیسیلیک اسید در تیمار خشکی بالا اثر بهبود بخشی در جوانه زنی داشته است. هاشمی و میردهقان (Hashemi and Mirdehghan, 2014) در تحقیقی در خصوص کاربرد اسیدسالسلیک در گل میخک، نشان از افزایش معنی دار رشد رویشی و کیفیت گل را به خود اختصاص داد. دولت ابادیان و همکاران (Dolat Abadian et al., 2017) در تحقیقات خود در خصوص اثر پیش تیمار اسیدسالسیلیک بر جوانه زنی بذر گندم در شرایط تنش شوری مورد بررسی قرار دادند. طبق نتایج بدست آمده درصد جوانه زنی بذر گندم به طور معنی داری در اثر تنش شوری کاهش یافته و تیمار اسید سالسیلیک سبب افزایش درصد جوانه زنی بذور می‌شود. همچنین نتایج مشابهی توسط محققین در خصوص تیمار اسیدسالیسیلیک بر خصوص یات درصد جوانه زنی بذر ماریتیغال مشاهده شد (Mahmoudirad and Noorafken, 2018). به منظور بررسی تحمل شوری شش گونه گیاه دارویی به نامهای سیاموپسیس، کنگرفرنگی، چای ترش، سنای هند، ریحان و زوفا در مرحله جوانه زنی، آزمایشی انجام و نتایج نشان داد که در غلظت ۲۰۰ میلی مولار چهار گیاه چای ترش، سنای هند، ریحان و زوفا جوانه زنی نداشتند. در دو گیاه سیاموپسیس و کنگرفرنگی در سطح ۲۰۰ میلی مولار کلرید سدیم جوانه زنی مشاهده گردید(Khomeri et al., 2016,). محققین در تحقیقات خود در خصوص بررسی اثرات تنش شوری بر جوانه زنی بذر گیاه قرنفل (Dianthus barbatus) گزارش کردند که بر اساس نتایج، تنش شوری تاثیر معنی داری بر درصد و سرعت جوانه زنی بذر قرنفل داشت. بیشترین درصد و سرعت جوانه زنی در تیمار شاهد مشاهده شد و با افزایش میزان شوری درصد جوانه زنی کاهش یافت (Rostami and Mazaheri, 2009). محققین گزارش کردند که میزان تولید بذر تحت تیمار با غلظتهای مختلف شوری متفاوت بوده و گروه شاهد بیشترین میزان جوانه زنی را داشتند و بیشترین اثرپذیری از تیمار۱۰۰ دسیزیمنس بر متر نمک طعام بود (Oscar et al., 2004). در بررسی اثرات تیمارهای تنش شوری در گیاهان بارهنگ تحت تیمارهای شوری، مشخص شد که وزن ریشه گیاهان، تغییری نسبت به تیمار شاهد نداشت ولی با افزایش شوری، وزن ریشه افزایش یافت (Rubinigg et al., 2003). به هر حال تفاوت در پاسخ به تنش شوری به دلیل اثرات اسمزی و عدم تعادل یونی است (Mengel and Kirkby, 2004). یادگاری (Yadgari, 2014) در تحقیقی به بررسی میزان و سرعت جوانه زنی بذر دوازده گیاه دارویی تحت تنش شوری پرداختند. نتایج نشان داد که اعمال تیمارها بسته به نوع گیاه، تا حد ٤٥٠ دسیزیمنس بر متر نمک طعام به پیش رفت و در این حد، میزان جوانهزنی به صفر رسید. تیمارهای به کار رفته با توجه به توان جوانه زنی برای بارهنگ، بالنگو و شوید (تا ۱۰۰ دسیزیمنس بر متر) ؛ زیره سبز، زنیان، شبدر گلزرد و مرزنگوش (تا ۲۰۰ دسیزیمنس بر متر) ؛ کاهو و کنجد (تا ۲۵۰ دسیزیمنس بر متر) ؛ خرفه، قدومه و شنبلیله (تا ٤٥٠ دسیزیمنس بر متر) بود. شمارش تعداد بذر جوانه‌زده هر روز انجام گردید. گیاه دارویی بالنگو تحت تأثیر موسیلاژ ترشح یافته از پوسته خود قرار گرفت ولی توانست

جوانـه بزنـد. از گیاهـان مورد بررسی گیاهان شنبلیله، خرفه و قدومه در برابر میزان شوری اعمال شده، از همه متحمل تر و دارای سرعت رشد بیشـتری بودند و در مقابل گیاهان بارهنگ، بالنگو و شوید از بقیه حساستر بودند. همچنین در جوانه زنی بذور، نتایج نشان داده که عملکرد گیاه بارهنگ در مقابل تنش شوری مانند تنش خشکی کـاهش مـی‌یابـد (Bannayan et al., 2008).

جدول ۱: تجزیه واریانس تاثیر سالیسیلیک اسید و شوری بر صفات جوانه زنی گل گاوزبان

اسید سالسیلیک	تنش شوری	درجه‌آزادی (DF) (بین‌گروه‌ها- درون‌گروه‌ها	طول‌گیاه‌چه (سانتی‌متر)	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)	نسبت طول ریشه چه به ساقه‌چه	وزن تر ریشه‌چه	وزن تر گیاهچه	نسبت وزن ریشه چه به ساقه‌چه	غلظت پروتئین	درصد جوانه‌زنی (درصد)
۰	شاهد	(۳-۸)	٤٤/۷**	۱۰٦/۷**	۲۳٦/٦**	۲۵۱/۳**	۱۰۵/۳**	۱٤۹/۹**	۲۲/۷۵**	۹۱٤/۷**
۵۰۰										
۱۰۰۰										
۱۵۰۰										
۰	۵۰	(۳-۸)	۲۱۰/۷**	۳۷/۰**	۱٦۲/۷**	۲۰٤/۵۰**	۱٦۰/۱**	۳۷۰/۲**	۷۳/۰۰**	۱٤۰/۷**
۵۰۰										
۱۰۰۰										
۱۵۰۰										
۰	۱۰۰	(۳-۸)	۱۳۵/۰**	۳۱/۹۲**	۲۱۱/۸**	۵۱/٤**	۱۱٤/۳**	٤۲۲/٤**	٤۰/۰۰**	۲٤**
۵۰۰										
۱۰۰۰										
۱۵۰۰										
۰	۱۵۰	(۳-۸)	۱۰۰/۰**	۱٤۸/۰**	۲۸٦/۷**	۳٤۸/۵۵**	۱۱۸/۳**	۲۷۹/٤**	۱۱۸/۷۵**	۳۲/۲**
۵۰۰										
۱۰۰۰										
۱۵۰۰										

به‌ترتیب ** در سطح ۵ درصد معنی‌دار، *در سطح صفر درصد معنی‌دار، ns: عدم تفاوت معنی‌دار

جدول ۳: مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف اسیدسالیسیلیک و شوری بر صفات جوانه زنی گل گاوزبان

اسید سالسیلیک	تنش شوری	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)	نسبت طول ریشه چه به ساقه‌چه	وزن تر ریشه‌چه (گرم)	وزن تر گیاهچه (گرم)	نسبت وزن ریشه‌چه به ساقه‌چه	غلظت پروتئین	درصد جوانه‌زنی (درصد)
۰	شاهد	۷/۱۵cd	۳/۲۱cd	۰/٤٤c	۰/۰۵۵cd	۰/۲۹c	۰/۱۸c	۱۸/٦۸c	۷۷/۱c
۵۰۰		۷/٤۳c	۳/۵٤c	۰/٤۷bc	۰/۰۵۹c	۰/۳۳b	۰/۱۸c	۱۹/۹۲b	۷۹/٦b
۱۰۰۰		۸/٦٤b	٤/۳٤b	۰/۵۰b	۰/۰٦۹b	۰/۳٤b	۰/۲۱b	۱۹/۱٤b	۸۰/۳b
۱۵۰۰		۹/٦۸a	۵/۲۷a	۰/۵۵a	۰/۰۸۰a	۰/٤۱a	۰/۲٤a	۲۲/۸a	۸۳/۵a
۰	۵۰	٦/۵۸c	۳/۲۷c	۰/٤۹a	۰/۰٤۸d	۰/۲۵c	۰/۱۹b	۱۷/۱۱bc	۷٤/۱b
۵۰۰		۷/۵۷b	۳/۷٤b	۰/٤۹a	۰/۰۵۹c	۰/۲۸b	۰/۲۰b	۱۷/۹۲b	۷۸/۵a
۱۰۰۰		۷/۸۲b	۳/۸۸b	۰/٤۹a	۰/۰٦۰b	۰/۲۹b	۰/۲۱a	۱۸/۱۱ab	۷۷/۹a
۱۵۰۰		۸/۳٤a	٤/۲٤a	۰/۵۰a	۰/۰٦٦a	۰/۳۳a	۰/۲۱a	۱۸/٦۸a	۷۹/۲a
۰	۱۰۰	۵/۲۱c	۲/۸۵c	۰/٤۹b	۰/۰۳۷c	۰/۲٤b	/۱٦c	۱٦/۵۲b	۷۰/۸b
۵۰۰		٦/۳۸b	۳/۱٦b	۰/٤۹b	۰/۰٤۵b	۰/۲۵b	۰/۱۸a	۱٦/٦۰b	۷۱/۷ab
۱۰۰۰		٦/۵۷b	۳/۵٤ab	۰/۵۳a	۰/۰٤۷a	۰/۲۹ab	۰/۱۷b	۱۷/۱٤a	۷۱/۹ab
۱۵۰۰		٦/۵٤a	۳/۳٤a	۰/۵۱ab	۰/۰٤۸a	۰/۳۱a	۰/۱٦b	۱۷/۷٦a	۷۳/۲a
۰	۱۵۰	٤/٦۱b	۲/۲۱d	۰/٤۸c	۰/۰۳۰c	۰/۲۱b	۰/۱۵b	۱٤/٤۱c	٦۱/٦c
۵۰۰		٤/٤۲b	۲/۵۵c	۰/۵۷a	۰/۰۳۰c	۰/۲۲b	۰/۱٤a	۱٤/۵۰c	٦۵/٦ab
۱۰۰۰		۵/٤۵ab	۲/۸٤b	۰/۵۳b	۰/۰۳٤b	۰/۲۵a	۰/۱٤a	۱۵/۳۷b	٦۳/۸b
۱۵۰۰		۵/۷۸a	۳/۱۷a	۰/۵٤b	۰/۰۳۸a	۰/۲۷a	۰/۱٤a	۱۵/۸۲a	٦٦/۲a

حروف یکسان در هر ستون نشانه عدم تفاوت معنی دار در سطح احتمال 3درصد در آزمون دانکن می‌باشد

در حالی که اشرف و اروج (Ashraf and Orooj, 2006)، گزارش کردند که تیمارهای شوری تا ۱۲۰ دسیزیمنس بر متر، منجر به کاهش رشد رویشی و کاهش تولید بیوماس گیاه میگردد. همانطور که از نتایج استنباط میشود میزان جوانه زنی با افزایش غلظتهای شوری، کاهش یافت اما میزان جوانه زنی در گیاهان مختلف متفاوت بود. در تحقیقات مشابهی به متحمل بودن نسبی شنبلیله اشاره شده است که میتواند تا شوری حدود ٤۰۰ دسیزیمنس بر متر را تحمل نماید (Manchanda and Garg, 2008; Nichols et al.2009). همچنین نتایج مشابهی توسط برومند و کوچکی (Broumandrezazadeh and Kochaki, 2014) نیز ارایه شد که با نتایج این تحقیق کاملاً مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری کلی

با بررسی‌های انجام شده در این پژوهش، مشاهده شد نش شوری بر رشد گیاه، میزان طول ریشه چه و ساقه‌چه و وزن آنها و میزان غلظت پروتئین گل گاوزبان مؤثر بود. ولی تیمار سالیسیلیک اسید با ایفای نقش‌های چندگانه باعث شد تا شاخص‌های مذکور بهبود یابند. در پاسخ به شرایط تنش شوری، سطح رشد مرفولوژیکی بذور به شدت تغییر کرد، کاهش طول ریشه چه و ساقه‌چه و همینطور وزن آنها کاهش یافت. ولی تیمار با تغییر این نسبت، باعث حفظ و ثبات فعالیت مرفولوژیکی در بذور گل گاوزبان شد. بر اساس نتایج به دست آمده، تیمار سالیسیلیک اسید تحت شرایط تنش شوری میتواند برای تقویت فعالیت جوانه زنی و رشدی گل گاوزبان توصیه شود.

References

Amiri, S., Sabrian, V., Abbasi, A., Enayati, V. and Janmohammadi, M. 2009. Effect of salinity stress on germination and early growth of *Alyssum bracteatum*, National Conference of Medicinal Plants. Rice and Citrus Research Institute, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources.

Amirjani, M.R. 2010. Effects of salinity stress on growth, mineral composition, proline content, antioxidant enzymes of soybean. American Journal of Physiology 5(6): 350-360.

Arfan, M., Athar, H.R. and Ashraf, M. 2007. Does exogenous application of salicylic acid through the rooting medium modulate growth and photosynthetic capacity in two differently adapted spring wheat cultivars under salt stress. J. Plant Physiol. 164: 685-694

Ashraf, M. and Orooj, A. 2006. Salt stress effects on growth, ion accumulation and seed oil concentration in an arid zone traditional medicinal plant ajwain (*Trachyspermum ammi* [L.] Sprague). Journal of Arid Environments, 64: 209–220.

Azooz, M.M. 2009. Salt stress mitigation by seed priming with salicylic acid in two faba bean genotypes differing in salt tolerance. Int. J. Agric. Biol. 11(4), 343-350.

Baalbaki, R,Z., Zurayk, R.A., Blelk, M.M., and Tahouk, S.N. 1999. Germination and seedling development of drought tolerant and susceptible wheat under moisture stress. Seed. Sci. Technol. 27: 291-302.

Bandeoglu, E., Eyidogan, F., Yucel, M. and Oktem, H. 2004. Antioxidant responses of shoots and roots of lentil to NaCl-salinity stress. Plant Growth Regulation 42: 69-77.

Bannayan, M., Nadjafi, F., Azizi, M., Tabrizi, L. and Rastgoo, M. 2008. Yield and seed quality of Plantago ovata and Nigella sativa under different irrigation treatments. Industrial Crops and Products, 27:11–16. (Journal)

Borsani, O., Valpuseta, V., and Botella, M.A. 2001. Evidence for a role of salicylic acid in the oxidative damage generated by NaCl and osmotic stress in Arabidopsis seedlings. J. Plant Physiol. 126, 1024-1030.

Bradford, M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Annu. Rev. Biochim. 72: 248-254.

Broumandrezazadeh, Z., and Kochaki, A. 2014. Investigating the germination response of fenugreek, fennel, and dill seeds to osmotic and matric potentials caused by sodium chloride and polyethylene glycol 6000 at different temperatures, Iranian Agricultural Research Journal. 3: 217-207.

Cavalcanti, F., Lima, J.P., Silva, S., Viegas, R. and Silveria, J. 2007. Roots and leaves display contrasting oxidative response during salt stress and recovery in cowpea. Journal of Plant Physiology 164: 591-600.

Chinnusamy, V., Jagendorf, A. and Zhu, J.K. 2005. Understanding and improving salt tolerance in plants. Crop Sciences. 45: 437-448.

Craine, J.M. 2005.Reconciling plant strategy theories of Grime and Tilman. Journal of Ecology 93: 1041-1052.

Dolat Abadian, A., Seyed Ali M. and Etemadi, F. 2017. The effect of salicylic acid pretreatment on wheat seed germination under salt stress conditions. Iran biology magazine. 21(4).

Dong, Y., Ji, T. and Dong, S. 2007. Stress responses to rapid temperature changes of the juvenile sea cucumber (Apostichopus japonicus Selenka). Journal of Ocean University of Chin 6: 275-280.

Droodi, A., and Ghasemi, M., and Sohani, A. 2016. The effect of salicylic acid on some characteristics of borage flowers under drought stress conditions. Proceedings of the 7th National Conference on Sustainable Agriculture and Natural Resources.

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

Fallah, A., Farahmand, A. and Moradi, F. 2014. The effect of salinity stress in different stages of growth on some morphophysiological traits of two rice cultivars under greenhouse conditions. Journal of Agriculture (Research and Production), 107: 182-175.

Farooq, M., Basra, S.M.A., Tabassum, R. and Afzal, I. 2006. Enhancing the performance of direct seeded fine rice by seed priming. Plant Production Science 9: 446-456.

Gholinejad, R., Siros Mehr, A., and Fakheri, B.A. 2015. Evaluation of irrigation regimen and organic fertilizers on quantitative and qualitative yield of borage, Ecophysiological journal of agricultural plants, 10(3): 683-696.

Hanan, E.D. 2007. Influence of salicylic acid on stress tolerance during seed germination of *Triticum aestivum* and *Hordeum vulgare*. Biol. Res. 1: 40- 48..

Hashemi, S.A., Imam, Y. and Pirste Anoushe, H. 2014. The effect of time and method of application of salicylic acid on the growth process, yield and yield components of barley under salinity stress conditions. Crop Physiology, 6 (24): 5-18.

Hero, A. 1978. Colored flora of Iran, first volume, publications of the National Association for the Protection of Natural Resources and Human Environment, number 74.

Horvath, E., Szalai, G. and Janda, T., 2007. Introduction of abiotic stress tolerance by salicylic acid signaling. J. Plant Growth Regul. 26, 290-300.

Idris, H., and Marashi, S.K. 2017. Investigating the effect of different methods of salicylic acid application on reducing the effects of salinity stress in wheat lands without drainage system. Scientific Research Quarterly Journal of Plant Physiology - Islamic Azad University, Ahvaz Branch, 10(39): 131-146**.**

Jabbarzadeh, Z., Khosh-Kkhui, M., and Salehi, H. 2009. The effect of foliar applied salicylic acid on flowering of African violet. Aust. J. Bas. Appl. Sci. 3(4): 4693-4696.

Kabiri, R. and Naghizadeh, M. 2014. Investigating the effect of salicylic acid pretreatment on germination and early growth of black seed seedlings under salt stress conditions. Iranian Journal of Seed Science and Technology, Hald IV, No. 1, page 61-72.

Kaur, S., Gupta, A.K. and Kaur, N. 2006. Effect of hydro-and osmo priming of chickpea (*Cicer orietinum* L.) seeds on enzymes of sucrose and nitrogen metabolism in nodules. Plant Growth Regulation 49: 177-182.

Kaydan, D., and Yagmur, M. 2008. Germination, seedling growth and relative water content of shoot in different seed sizes of triticale under osmotic stress of water and NaCl. Afr. J. Biotechnol. 7: 2862-2868

Kaydan, D., Yagmur, M. and Okut, N. 2007. Effects of salicylic acid on the growth and some physiological characters in salt stressed wheat (*Triticum aestivum* L.). J. Tarim Bilimleri Dergisi 13: 114-119.

Khodary, S.E.A. 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt-stressed maize plants. Int. J. Agri. Biol. 6: 5–8.

Khodary, S.E.A. 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plants. Int. J. Agric. Biol. 6(1): 5-8.

Khomeri, A., Sarani, S.A. and Dehmardeh, M. 2016. Investigating the effect of salinity on seed germination and seedling growth in six species of medicinal plants. Iranian Medicinal and Aromatic Plants Research Journal. Volume 3, Number 3, Serial 37. Page 331-339.

Khorsandi, A., Hosni, A., Sefidkan, F., Shiraz, H. and Khorsand, A. 2019. The effect of salinity on the yield and amount of essential oil and medicinal compounds of Mexican flower. Journal of Production and Processing of Medicinal Plants 3(26):438-451.

Lolaei, A., Khalili, A., and Moshefifar, Sh. 2018. Investigating some medicinal properties of borage flower in the treatment of salicylic acid and biological fertilizers. Journal of Agricultural Research.

Madady, M. Khomari, S., Javadi, A. and Sofalian, A. 2016. The effect of priming with calcium nitrate and zinc oxide on seed germination and seedling growth of corncockle under salinity stress, Journal of Plant Process and Function, 5(15): 169-179. (In Persian)(Journal)

Magsoumi Holasu, S. and Porakbar, L. 2013. To investigate the effects of salinity stress on the growth and some physiological indicators of the grain of wheat plants.

Mahmoudirad, Z. and Noorafken, Z. 2018. The effect of seed pretreatment with salicylic acid on the germination of Maritigal under salt stress. Journal of Seed Research, 9(4): 11-21.

Manchanda, G. and Garg, N. 2008. Salinity and its effects on the functional biology of legumes. Acta Physiology Plant, 30: 595-618. (Journal)

Mane, A.V., Deshpande, T.V., Wagh, V.B., Karadge, B.A., and Samant, J.S. 2011. Acritical review on physiological changes associated with reference to salinity. International Journal of Environmental Science 1(6): 1192-1216.

Mengel, K. and Kirkby, W. 2004. Principles of Plant Nutrition. Kluwer, The Netherlands. (Book)

Mirzaei, M.M., Ghorbani, S., Rozbahani, A. and Qadri, A. 2016. To investigate the use of biological fertilizers on quantitative and qualitative traits of borage flower in water shortage conditions. Journal of Agricultural Research in the Margin of the Desert, 13(2): 157-173.

Munnas, R. and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology 59: 651-681.

Nichols, P.G.H., Malik, A.I., Stockdale, M. and Colmer, T.D. 2009. Salt tolerance and avoidance mechanisms at germination of annual pasture legumes: importance for adaptation to saline environments. Plant and Soil, 315:241–255. (Journal)

Oscar, V., Boscaiu, M., Angel, M. and Estrelles, E. 2004. Responses to salt stress in the halophyte Plantago crassifolia (Plantaginaceae). Journal of Arid Environments, 58:463–481. (Journal)

Poshtdar, A., Abdali Mashhadi, A. and Monjezi, F. 2015. Response germination and vigor index seed of milk thistle to priming with salicylic acid under salt stress. The second conference on New findings in the Environment and Agricultural Ecosystems. Institute New Energys and Environment of Tehran University

Ragami, M., Staji, A., Bagheri, V. and Ariakia, A. 2015. Effect of salinity stress and salicylic acid on some morphophysiological characteristics of eggplant (Solanum melongena var. Taki) in soilless cultivation system. Quarterly Journal of Science and Techniques of Greenhouse Cultivation. 7(27): 77-87.

Rahimi, A.R., Mashayekhi, K., Hemmati, Kh., and Dordipour, E. 2009. Effect of salicylic acid and mineral nutrition on fruit yield and yield components of Coriander (*Coriandrum sativum* L.). J. Plan. Prod. 16: 4. 149-156. (In Persian)

Rajasekaran, L.R., Stiles, A., Surette, M.A., Sturz, A.V, Blake, T.J., Caldwell, C. and Nowak, J. 2002. Stand Establishment Technologies for Processing Carrots: Effects of various temperature regimes on germination and role of salicylates in promoting germination at low temperatures. Can. J. Plant Sci. 82: 443-450.

Rezvani Moghada, P., Lashkari, A. and Amin Ghafouri, A. 2014. Estimation of cardinal temperatours of (Echium amoniom). With application of regression models. Iranian Journal of Field Crops research, 12(2):164-169.

Rostami, M. and Mazaheri, Sh. 2009. Investigating the effects of salinity stress on the germination of carnation seeds (*Dianthus barbatus*). National Conference of Medicinal Plants.

Rubinigg, M., Posthumus, F., Ferschke, M., Theo, J. and Stulen, I. 2003. Effects of NaCl salinity on 15N-nitrate fluxes and specific root length in the halophyte *Plantago maritima* L. Plant and Soil, 250: 201–213. (Journal)

Safari, H., Madah, Sh., Azari, Auman and Heshmati, M. 2012. To investigate the effect of salicylic acid pretreatment on sesame seed germination under salt stress conditions. The first national conference on salinity stress in plants and agricultural development, Shahid Madani University of Azerbaijan, p 883-888.

Sepehri, A., Abbasi, R. and Kerami, A. 2014. Effect of drought stress and salicylic acid on yield and yield components of red bean genotypes. Journal of Agriculture, 17(2): 503-516.

Shaheen A.M., Rizk F.A., Abdel-Aal F.S., and Habib H.A.M. 2011. Production of safe and economic onion bulbs. Int. J. Acad. Res., 3(1): 527-532.

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

Sharma, A.K. 2002. Bio fertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios, India 407p.

Shekhari, F. and Baljani, R., Saba, J., Shekari, F. and Zangani, A. 2019. To investigate the effect of salicylic acid on the photosynthetic activities of flower yield in borage plant using seed priming method. Journal of Medicinal Plants. P 34-42.

Singh, B. and Usha K. 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. Plant Growth Regul. 39: 137–141.

Singh, B. and Usha K. 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. Plant Growth Regul. 39: 137–141.

Taherian, N., Naghdibadi H.A., MehrAfarin A. and Nikkhah Basti, A. 2019. In the research of researchers regarding the study of the effect of salinity stress on the germination of the medicinal plant Indian Senna. National Conference of Medicinal Plants.

Wang, L., Chen, S., Kong W., Li, S., and Archbold, D.D. 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.

Yadgari, G. 2014. Investigating the amount and speed of seed germination of twelve medicinal plants under salt stress. Iranian Seed Science and Research Quarterly. Second year / number one / 2014 (27-36).

Yonis, M.E., Abbas, M.A. and Shukry, W.M. 1993. Effect of salinity of growth and metabolism of Phaseolus vulgaris. Biologia Plantarum. 35(3): 417- 424.

Yoon, B.Y.H., Lang, H.J. and Greg Cobb, B. 1997. Priming with salt solutions improves germination of pansy seed at high temperatures. Hort. Sci. 32: 248-50.

Zarei, B., Fazeli, A. and Taghipour, Z. 2019. Investigating the effect of salicylic acid on germination and the activity of some black seed antioxidant enzymes under salt stress conditions, Seed Science and Research District, 7th year, 2nd issue, p: 241-253.

Zhu, JK. 2001. Plant salt tolerance. Trends in Plant Science. 6: 66–71.

Zhu, JK. 2007. Plant Salt Stress. John Wiley & Sons, Ltd.

Journal of Seed Research, Vol. 11, No. 4, Winter 2022

Effect of seed priming with salicylic acid on germination and growth indices of borage seedling under salinity stress

A. Lolaei[1*], A. Khalili[2] , H. Mohammadi[3], S. Eslami[4]

[1]Former PhD student in Horticulture, General Department of Natural Resources and Watershed Management, Tehran, Tehran, Iran

[2]Master of Rangeland Ecology, Office of Rangeland and Medicinal Plants Affairs of the Forests, Rangelands and Watershed Management Organization of Tehran, Iran

[3]Horticultural Science Expert

[4]Master of Agriculture, General Department of Rural Cooperatives of Hormozgan Province

Abstract

One of the effective methods against stress in seed germination is to use the seed priming technique. For this purpose, a factorial experiment in a randomized complete design was carried out on the effect of salicylic acid pretreatment (500, 1000, and 1500 mM) on germination and some seed characteristics of borage (*Borago officinalis*. L.) under salinity levels (50, 100 and 150 mM). The traits included length, weight, ratio of root and shoot, seed protein concentration, and seed germination percentage. Based on the results in response to salinity stress conditions, seed morphological growth changed drastically, reducing the length of the radicle and shoot as well as their weight decreased. However, salicylic acid treatment by changing the ratio caused maintenance and stability of the morphological activity in borage seeds. In general, salicylic acid treatment under salinity stress can be used to enhance the germination and growth activity of borage.

***Keywords*:** Borage, Salicylic acid, Seed germination percentage, Salinity, Seed protein concentration.

*Corresponding author; Abolfazl.lolaei84@gmail.com