گیاه و زیست فناوری ایران
Iranian Journal of Plant & Biotechnology (IJPB)

مقاله پژوهشی

اثر تنش خشکی و شوری بر جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.) تحت شرایط پیش تیمار با اسید سالیسیلیک

عزت‌اله حسن‌پور (نویسنده مسئول)*

*کارشناسی‌ارشد، گروه زراعت، واحد خرم آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم آباد، ایران، Ezathasanpoor76@gmail.com

تاریخ دریافت: مرداد ۱۴۰۲ تاریخ پذیرش: آذر ۱۴۰۲

Effect of drought and salinity stresses on germination and seedling growth of (*Dracocephalum moldavica* L.) under pre-treatment of salicylic acid

Ezatillah Hassanpoor (Corresponding author)*

* M.Sc, Department of Agronomy, Khorramabad Branch, Islamic Azad University, Khorramabad, Iran, Ezathasanpoor76@gmail.com

Received: August 2023 Accepted: November 2023

چکیده

این مطالعه به صورت دو آزمایش مجزا با پیش تیمار مشترک اسید سالیسیلیک و تیمارهای جداگانه تنش خشکی و شوری بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم آباد، انجام شد. تیمارهای آزمایش اول شامل اسید سالیسیلیک در سه سطح (صفر، ۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار) و خشکی در چهار سطح (صفر، ۰/۱-، ۰/۳- و ۰/۵- مگاپاسکال) بود. تیمارهای آزمایش دوم نیز شامل اسید سالیسیلیک در سه سطح (صفر، ۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار) و شوری در چهار سطح (صفر، ۰/۲-، ۰/٤- و ۰/۸- مگاپاسکال) بود. نتایج نشان داد که در بین سطوح اسید سالیسیلیک، پیش تیمار با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار بیشترین درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و بنیه‌ی بذر را داشت. در تیمار عدم خشکی پیش تیمار با اسید سالیسیلیک منجر به افزایش معنی‌دار صفات مورد بررسی در مقایسه با عدم پیش تیمار نشد و در تیمار تنش خشکی پیش تیمار سبب افزایش معنی‌دار تمامی صفات مورد بررسی شد. همچنین بین سطوح اسید سالیسیلیک، پیش تیمار با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار بیشترین درصد و سرعت جوانه‌زنی را داشت. در تیمار عدم وجود تنش شوری و خشکی، اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۱ میلی‌مولار بیشترین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه را دارا بود و افزایش شدت شوری و خشکی سبب شد که افزایش غلظت کاربرد اسید سالیسیلیک اثر منفی بر طول ریشه‌چه و ساقه‌چه داشته باشد. در مجموع نتایج نشان داد پیش تیمار بذر توسط اسید سالیسیلیک در مناطق مستعد تنش خشکی و شوری می‌تواند موجب تسریع در جوانه‌زنی بذور گیاه بادرشبو شده و منجر به افزایش درصد جوانه‌زنی بذور گردد.

کلمات کلیدی: اسید سالیسیلیک، بادرشبو، جوانه‌زنی، خشکی و شوری

فصلنامه گیاه و زیست فناوری ایران
سال ۱۴۰۲، دوره ۱۸، شماره ۳، صص ٦٦-۵۲

Abstract

This experiment was conducted to study the effect of seed pretreatment by salicylic acid under drought and salinity stress conditions on germination and growth characteristics of Badrashbo seedlings in 1400 at Islamic Azad University, Khorramabad branch. This study was conducted as two separate experiments with common pretreatment of salicylic acid and separate treatments of drought and salinity stress. Both experiments were conducted as a factorial in a completely randomized design with three replications. The treatments of the first experiment included salicylic acid at 3 levels (0, 0.1 and 0.5 mM) and drought at 4 levels (0, -0.1, -0.3 and -0.5 MPa). The treatments of the second experiment included salicylic acid at 3 levels (0, 0.1 and 0.5 mM) and salinity at 4 levels (0, -0.2, -0.4 and -0.8 MPa). At the end of 12 days of counting, germination and growth characteristics of seedlings were evaluated. The results showed that in both experiments, the effects of the factors on the characteristics of percentage and speed of germination, length of root and shoot, and seed germ were significant. Among the levels of salicylic acid, pretreatment with 0.5 mM concentration had the highest percentage and germination rate, root length, shoot length and seed germ. In the non-drought treatment, pre-treatment with salicylic acid did not lead to a significant increase in the examined traits compared to no pre-treatment, and in the drought stress treatment, the pre-treatment caused a significant increase in all the examined traits. Also, among the levels of salicylic acid, pretreatment with a concentration of 0.5 mM produced the highest percentage and germination rate. In the absence of salinity and drought stress, salicylic acid with a concentration of 0.1 mM had the longest root and shoot length, and the increase in salinity and drought caused the increase in the concentration of salicylic acid to have a negative effect on root length. In general, the results showed that pre-treatment of seeds with salicylic acid in areas prone to drought and salt stress can accelerate the germination of fennel seeds and lead to an increase in the percentage of seed germination.

Key words: Dryness and Salinity, Germination, Lemongrass, Salicylic acid

Iranian Journal of Plant & Biotechnology
autumn 2023, Vol 18, No 3, Pp 52-66

مقدمه و کلیات

بادرشبو با نام علمی (*Dracocephalum moldavica* L.) و نام‌های فارسی بادرشبی و شاطرامرزه، گیاهی علفی است که بومی آسیای مرکزی و اهلی شده در مرکز و شرق اروپاست و در شمال غربی ایران، تبریز، ارومیه، یزد، مازندران (در جنگل‌های مرطوب) و در رشته‌کوه‌های البرز یافت می‌شود (Dastmalchi *et al*., 2017). دارای گل‌های شهدآور و اندام هوایی اسانس‌دار است، وتمامی پیکر گیاه حاوی اسانس است و مقدار آن در قسمت‌های مختلف متفاوت می‌باشد گل و پیکر رویشی بادرشبی (برگ‌ها و ساقه‌های جوان) دارای بیشترین اسانس می‌باشد. ترکیبات اصلی اسانس آن از مونوترپن‌های حلقوی اکسیژن‌دار هستند و ۹۰ درصد اسانس را تشکیل می‌دهند. دارای بیشترین مقدار در مرحله گلدهی کامل می‌باشد. برخی از این ترکیب‌ها در گیاهان اسانس‌دار چند ساله مانند گل محمدی، بادرنجبویه وجود دارد (Venskutionis *et al*., 2015). از عصاره بادرشبی برای رفع سردرد، سرماخوردگی، ضعف عمومی بدن، به‌عنوان مسکن در دردهای عصبی و اسپاسم‌های معدی و کلیوی، برای شستشوی دهان و در دندان‌دردها استفاده می‌شود. همچنین می‌توان از آن به‌عنوان ضُماد در دردهای روماتیسمی بهره جست، این گیاه خاصیت ضدتوموری نیز دارد (Hussein *et al*., 2016). تنش‌های محیطی مهمترین عوامل کاهنده‌ی عملکرد محصولات کشاورزی می‌باشند. تنش در گیاهان دارویی باعث افزایش متابولیت‌های ثانویه می‌شود که این افزایش مفید بوده ولی تنش بیش از حد باعث خسارت و کاهش متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی می‌گردد. تنش خشکی با کاهش میزان آب در دسترس بذر و تنش شوری از طریق افزایش فشار اسمزی و به دنبال آن کاهش جذب آب توسط بذور و همچنین از طریق اثرات سمی یون‌های سدیم و کلر، جوانه‌زنی بذور را تحت تاثیر قرار می‌دهند. کاهش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در شرایط شوری ممکن است به خاطر پتانسیل اسمزی پایین و ممانعت از جذب آب، سمیت یون‌های سدیم و کلر و یا عدم تعادل عناصر غذایی باشد (Kafi *et al*, 2016). شوری از طریق افزایش فشار اسمزی وبه دنبال آن کاهش جذب آب توسط بذور و همچنین از طریق اثرات سمی یون های سدیم و کلر، جوانه زنی بذور را تحت تاثیر قرار می دهد .کاهش خصوصیات جوانه زنی را می توان به کاهش میزان و سرعت جذب آب نسبت داد (Moradi and Rezvani Moghaddam, 2011). اسید سالیسیلیک یا اورتو هیدروکسی بنزوئیک اسید وترکیبات مربوطه به گروهی از ترکیبات فنلی تعلق دارند و اسید سالیسیلیک بوسیله سلول‌های ریشه تولید می شود و نقش محوری درتنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف مثل رشد، نمو گیاه، جذب یون، فتوسنتز و جوانه زنی ایفا می کند. یکی از مشتقات اسید سالیسیلیک، استیل اسید سالیسیلیک می باشد که پس از جذب سریعاً به اسید سالیسیلیک تبدیل می شود (Moradi and Rezvani Moghaddam, 2011). یکی از مشتقات اسید سالیسیلیک، استیل اسید سالیسیلیک می باشد که پس

از جـذب سریعاً به سالیسیلیک اسید تبدیل می شود (Kafi *et al*., 2016). نتایج مطالعات مختلف نشان داده است که اسید سالیسیلیک در جوانه زنی بذور ثر دارد (Zhng *et al*., 2005). همچنین گزارش شده است که اسید سالیسیلیک سبب افزایش مقاومت به شوری در گیاهچه‌های گندم و مقاومت به کمبود آب می‌گردد باشد (Hassanzadeh *et al*., 2014). در مورد تاثیر اسید سالیسیلیک بر رشد و عملکرد گیاهان شواهد کمی در دست است. اسید سالیسیلیک بوسیله‌ی سلول‌های ریشه تولید می‌شود و نقش محوری در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف مثل رشد، نمو گیاه، جذب یون، فتوسنتز و جوانه‌زنی ایفا می‌کنند. در مقایسه‌ای که روی تیپ وحشی و جهش یافته آرابیدوپسیس انجام گرفت، اسید سالیسیلیک را به عنوان برطرف کننده آسیب‌های اکسیداتیو در طی جوانه‌زنی بذر معرفی شد (Metwally *et al*., 2003). همچنین Zhang *et al* (2003) نشان دادند که اسید سالیسیلیک در جوانه‌زنی نقش دارد. همچنین در تحقیقی l-Tayeb (2005) به اثر تحریک کنندگی اسید سالیسیلیک بر جوانه‌زنی بذر جو پی برد. بسیاری از تحقیقات نشان داده‌اند که پیش تیمار بذر گیاه با اسید سالیسیلیک باعث افزایش مقاومت آن در هنگام بروز تنش‌های مختلف و خصوصا تنش شوری و خشکی می‌شود (Shruti and Singh., 2009). سرعت جوانه‌زنی یکی از شاخص‌های ارزیابی تحمل به خشکی است، به طوری که ارقام دارای سرعت جوانه‌زنی بیشتر در شرایط تنش، از شانس بیشتری برای سبز شدن برخوردارند (Kafi *et al*., 2016). از این رو در این آزمایش تاثیر پیش تیمار اسید سالیسیلیک بر جوانه‌زنی و شاخص‌های مرتبط با آن در شرایط تنش شوری و خشکی بر گیاه بادرشبو مورد بررسی قرار گرفت.

فرآیند پژوهش

این مطالعه به منظور بررسی پیش تیمار بذر گیاه بادرشبو توسط اسید سالیسیلیک در شرایط تنش خشکی و شوری، بر جوانه‌زنی و خصوصیات رشدی گیاهچه آن در سال ۱٤۰۰ و در دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم آباد اجرا گردید. این مطالعه به صورت دو آزمایش مجزا با پیش تیمار مشترک اسید سالیسیلیک و تیمارهای جداگانه تنش خشکی و شوری انجام شد. هر دو آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. تیمارهای آزمایش اول شامل اسید سالیسیلیک در ۳ سطح (صفر، ۰/۱ و ۰/۵ میلی مولار) و خشکی در ٤ سطح (صفر، ۰/۱-، ۰/۳- و ۰/۵- مگاپاسکال) بود. تیمارهای آزمایش دوم نیز شامل اسید سالیسیلیک در ۳ سطح (صفر، ۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار) و شوری در ٤ سطح (صفر، ۰/۲-، ۰/٤- و ۰/۸- مگاپاسکال) بود. پیش از شروع آزمایش بذرهای بارشبو با هیپوکلریت ۳٪ (وایتکس) به مدت ۲ دقیقه ضدعفونی و سپس ۳ مرتبه با آب مقطر آبشویی شدند. همچنین پتری دیش‌ها هم توسط وایتکس کاملا ضد عفونی شد. برای پیش تیمار بذر با محلول اسید سالیسیلیک، بذرها به مدت ٦ ساعت در تاریکی و در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد درون محلول قرار گرفتند (Senaranta *et al*., 2002). پس از آن بذرها تا پیش از آزمون جوانه‌زنی به مدت ۳٦ ساعت در دمای اتاق خشک شدند. (برای سطح صفر میلی مولار

سالیسیلیک اسید از بذرهای تیمار نشده استفاده شد). به منظور آزمون جوانه‌زنی بذرهای تیمار شده، بذرهای درون پتری دیش‌هایی (۲۰ بذر برای هر پتری دیش) حاوی کاغذ صافی واتمن بود قرارگرفتند. در تنش خشکی از پلی اتیلن گلیکول ٦۰۰۰ برای ایجاد تنش استفاده شد و برای تنش شوری هم از غلظت‌های مشخص شده NaCl استفاده گردید (Michel and Kaufmann, 1973). سپس پتری‌دیش‌ها به داخل ژرمیناتور با دمای ۲۰ درجه و رطوبت نسبی ٤٥ درصد منتقل شدند. بذرها به طور روزانه بازبینی و تعداد بذرهای جوانه‌زده شمارش شدند. در روز دوازدهم بذرها از پتری دیش خارج و صفاتی چون طول ریشه‌چه و ساقه‌چه اندازه گیری شد. درصد جوانه‌زنی بذرها از فرمول زیر محاسبه شد:

$$\text{درصد جوانه‌زنی} = \frac{\text{تعداد بذور جوانه‌زده تا روز آخر}}{\text{تعداد کل بذرها}} \times 100$$

به منظور اندازه گیری سرعت جوانه‌زنی از روش ماگویر و از فرمول زیر استفاده گردید، که در این فرمول Rs سرعت جوانه‌زنی (تعداد بذر در روز)، Si تعداد بذر جوانه‌زده در هر شمارش، Di تعداد روز در شمارش تا شمارش nام بود:

$$\text{Rs} = \sum_{i=1}^{n} \frac{Si}{Di}$$

شاخص بنیه بذر نیز از حاصل‌ضرب درصد جوانه‌زنی نهایی در طول گیاهچه به‌دست آمد (Agrawal, 2003): طول گیاهچه × درصد جوانه‌زنی =شاخص بنیه بذر که در این رابطه طول گیاهچه بر حسب سانتی‌متر می‌باشد.

آنالیز داده‌ها با استفاده نرم افزار SAS انجام شد و برای رسم نمودارها از نرم افزار EXCEL استفاده شد. به منظور مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

آزمایش اول (تنش خشکی): نتایج مقایسات میانگین برای آزمایش اول (تنش خشکی) نشان داد که اثرات ساده و متقابل خشکی و اسید سالسسیلیک بر صفات درصد و سرعت جوانه‌زنی ، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و همچنین بنیه بذر معنی‌دار بود (جدول۱).

جدول۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات تحت شرایط تنش خشکی

Table 1- Analysis of Variance (Mean square) for traits under drought stress

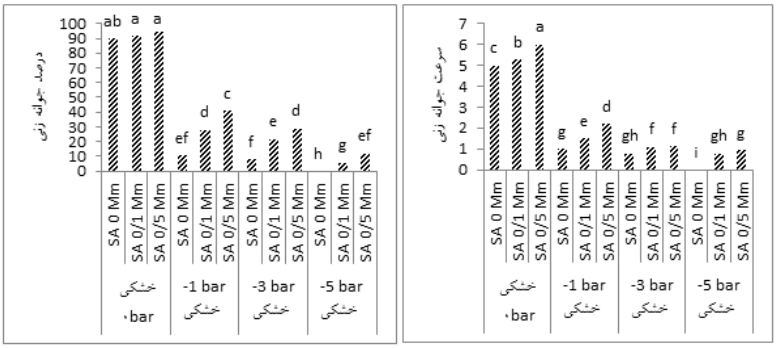
منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول ریشه چه	طول ساقه چه	بنیه بذر
اسید سالیسیلیک	۲	٦۲٤٥**	۱۲**	۲۱**	۱۱۲**	۱٥۲٦٤٥۹**
خشکی	۳	٤۳۲۱**	٥۱	۷۲	۳۲۱**	٤۲٥٦۹۸٥**
اسید سالیسیلیک *خشکی	٦	۱۲٤٥**	۲۳**	۹۲**	۲۱۱**	۲۱۳٦٥٤۹**
خطا	۲٤	۲٥	۰/٤	۰/۲۳	۰/٤٥	٥۲۱٦
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۲	۱٥	۱۲	۱۸	۱٦

*: معنی‌دار در سطح پنج درصد، **: معنی‌دار در سطح یک درصد

*: Significant at 1%, **: Significant at 5%

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده ها نشان داد کلیه تیمارهای آزمایش از نظر درصد جوانه‌زنی دارای اختلاف معنی‌داری بودند. تیمار تنش خشکی تا ۵- بار منجر به کاهش درصد جوانه زنی گردید و استفاده از پیش تیمار اسید سالیسیلیک در تمامی سطوح باعث افزایش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی نسبت به تیمار عدم پیش تیمار شد. در بین تمامی تیمارها بیشترین میزان درصد جوانه‌زنی مربوط به تیمار عدم تنش خشکی و پیش تیمار با اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی مولار به میزان ۹۵ درصد بود و کمترین میزان آن نیز در تیمار تنش خشکی ۵- بار و عدم کاربرد اسید سالیسیلیک به میزان صفر بود. براساس این نتایج مشخص شد که تنش خشکی در همه سطوح سبب افت میزان جوانه‌زنی گردید و این نشان می‌دهد که بذور بادرشبو به تنش خشکی بسیار حساس بوده و سطوح تنشی معادل با تیمار ۵- بار و عدم کاربرد اسید سالیسیلک در این آزمایش سبب جلوگیری از جوانه‌زنی بذور آن گردید. این در حالی است که در تیمارهای تنش خشکی اعمال پیش تیمار با اسید سالیسیلیک سبب افزایش ٦ تا ٤١ درصدی جوانه‌زنی در بذور بادرشبو شد که نشان از اثر مثبت پیش تیمار اسید سالیسیلیک بر درصد جوانه‌زنی بذور بادرشبو می باشد (شکل ۱). سرعت جوانه‌زنی نیز در تمامی تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری را نشان داد. غلظت‌های مختلف ۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک از نظر این صفت نسبت به شاهد (صفر میلی‌مولار اسید سالیسیلیک) اثر معنی‌داری را داشتند به طوری که پیش تیمار با غلظت ۰/۱ و صفر میلی‌مولار به ترتیب بیشترین و کمترین سرعت جوانه‌زنی را داشتند و هر چند که تنش خشکی منجر به کاهش سرعت جوانه زنی بذرهای بادرشبو گردید، ولی کاربرد اسید سالیسیلیک منجر به افزایش درصد جوانه زنی گردید با افزایش شدت تنش خشکی، سرعت جوانه‌زنی نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری نشان داد و در بررسی اثر متقابل بین خشکی و سطوح پیش تیمار با اسید سالیسیلیک (شکل ۱) مشاهده شد که در زمان عدم وجود تنش خشکی نیز، اختلاف معنی‌داری بین سطوح اسید سالیسیلیک وجود داشت. در همه سطوح خشکی، تیمار ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک دارای بیشترین سرعت جوانه‌زنی بود ولی در سطح صفر و ۱- با با تیمار ۰/۱ میلی مولار از اسید سالیسیلیک دارای اختلاف معنی دار بود (شکل ۲). برخی دیگر از مطالعات بیانگر کاهش سرعت جوانه زنی در شرایط تنش خشکی و افزایش سرعت جوانه زنی با کاربرد اسید سالیسیلیک بودند (Farhadi *et al*., 2017) که با یافته های حال از این مطالعه هم خوانی داشت. در یک مطالعه El-Tayeb (2005) گزارش کرد که پیش تیمار بذر جو با اسید سالیسیلیک باعث افزایش درصد جوانه‌زنی آن شد. در این مطالعه بیشترین و کمترین درصد جوانه‌زنی به ترتیب در سطوح ۰/۵ و صفر میلی‌مولار غلظت‌های اسید سالیسیلیک و به ترتیب در سطوح تنش خشکی صفر و ۵- بار حاصل شد. در سطوح مختلف تنش خشکی با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک از ۰/۱ به ۰/۵ میلی‌مولار درصد جوانه‌زنی افزایش یافت. اگر چه در تیمار عدم

خشکی پیش تیمار بذر با ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک اثر مثبت بر درصد جوانه‌زنی گذاشت، ولی این اثر معنی‌دار نبود. در همه سطوح خشکی، تیمار ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک دارای بیشترین درصد جوانه‌زنی است (شکل ۱). استفاده از اسید سالیسیلیک در تیمارهای تنش خشکی اثر افزاینده بر درصد جوانه‌زنی گیاه کلزا داشت (Mazaheritirani and Manuchehrikalantari, 2006). بخاطر تاثیرات هورمونی سالیسیلیک است که در غلظت‌های مختلف اثرات متفاوتی نشان می‌دهد و با افزایش آن مقدار مشخصی اثرات مثبت و از یه مقدار بیشتر نیز اثر منفی بر رشد دارد (Metwally *et al*, 2003). با افزایش شدت خشکی، درصد جوانه‌زنی بطور معنی داری نسبت به شاهد کاهش یافت به طوری که بیشترین درصد جوانه‌زنی در تیمار عدم خشکی و کمترین میزان آن در غلظت ۰/۱- مگاپاسکال خشکی حاصل شد البته کاهش درصد جوانه‌زنی در غلظت ۰/۳- و ۰/۵- مگاپاسکال خشکی با تیمار عدم خشکی اختلاف معنی‌داری داشت و این مقدار کاهش نسبت به غلظت ۰/۱- مگاپاسکال نیز اختلاف معنی‌داری داشت. اگر جذب آب توسط بذر دچار اختلال گردد و یا جذب به آرامی صورت گیرد فعالیت‌های متابولیکی جوانه‌زنی در داخل بذر به آرامی انجام خواهند شد و در نتایج مدت زمان لازم برای خروج ریشه‌چه از بذر افزایش یافته و سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (Metwally *et al*, 2003). تنش خشکی منجر به کاهش درصد جوانه‌زنی بذرهای گاه ماریتیغال شد و در عین حال کاربرد اسید سالیسیلیک تاحدودی این کاهش را جبران نمود و منجر به افزایش درصد جوانه‌زنی بذرها شد(Farhadi *et al*., 2017). Gholami و همکاران (2019) نیز افزایش درصد و سرعت جوانه زنی بذرو کینوا در شرایط تنش خشکی با کاربرد اسید سالیسیلیک را گزارش نمودند که با یافته‌های حاصل از این مطالعه مطابقت داشت. طی بررسی یافته های سایر محققین مشاهده شد که تنش خشکی باعث کاهش درصد جوانه زنی گیاه بالنگو شیرازی شد و غلظت یک میلی مولار اسید سالیسیلک در تنش ۹- بار افزایش درصد جوانه‌زنی را در پی داشت (Ahmadi *et al*., 2019) که با نتایج این پژوهش همخوانی داشت.



شکل ۱- اثر متقابل بین سطوح اسید سالیسیلک و خشکی روی درصد و سرعت جوانه‌زنی گیاه بارشبو (در هر ستون، مقادیر فاقد یک حرف مشترک، دارای تفاوت معنی‌دار آماری در سطح پنج‌درصد بر اساس آزمونLSD می‌باشند)

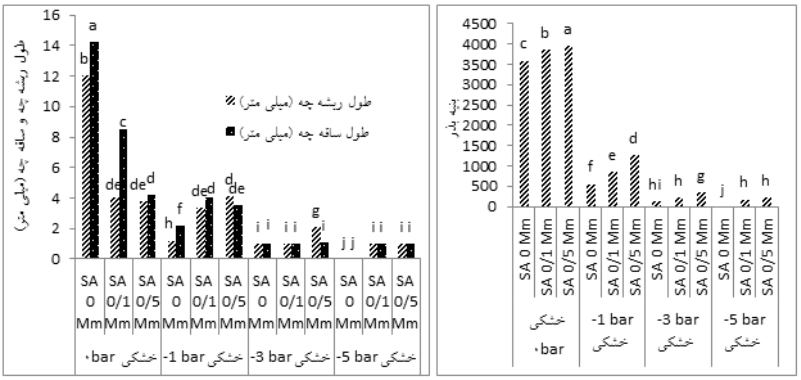
Fig 1 – Interaction effect of salisylic acid and drought stress on germination tare and percentage of *Dracocephalum moldavica(*In each column means with at least one same letters had no significant difference based on LSD test)

(SA 0mM= عدم استفاده از اسید سالیسیلیک، SA 0.1mM= اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۱ میلی مولار، SA 0.5mM= اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۵ میلی مولار)

(SA 0mM, SA 0mM and SA 0mM are application of salisylic acid in 0, 0.1 and 0.5 mM respectively)

اثرات ساده و متقابل تیمار های تنش خشکی و کاربرد اسید سالیسیلیک بر طول ساقه چه اثر معنی‌داری داشتند. در سطح تیمار بدون تنش خشکی و در پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک، غلظت صفر و ۰/۵ میلی مولار به ترتیب بیشترین و کمترین طول ساقه چه را دارا بودند و بین غلظت های صفر، ۰/۵ و ۰/۱ میلی مولار اختلاف معنی‌داری وجود داشت. با افزایش میزان خشکی طول ساقه چه کاهش معنی‌داری یافت نتایج نشان داد در سطوح ۱-، ۳- و ۵- با کاربرد اسید سالیسیلیک دارای اثر مثبت بر افزایش طول ساقه چه بادر شبو داشت (شکل ۲). نتایج آزمایش اول نشان داد اثر همه تیمار ها بر شاخص بنیه بذر معنی‌دار بود (جدول۱). در شرایط تنش خشکی و همچنین عدم وقوع تنش خشکی کمترین میزان شاخص بنیه بذر مربوط به تیمار عدم پیش تیمار با اسید سالیسیلیک بود و با افزایش میزان کاربرد اسید سالیسیلیک بنیه بذر نیز افزایش یافت به طوری که بالاترین میزان بنیه بذر به مقدار ۳۹۵۶ در تیمار کاربرد اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی مولار و در سطح بدون تنش خشکی حاصل گردید. این رحالی بود که بنیه بذر در تیمار تنش خشکی ۵- بار و عدم کاربرد اسید سالیسیلیک صفر بود و در بین تیمار های آزمایش کمترین میزان را دارا بود. با افزایش شدت تنش خشکی از میزان شاخص بنیه بذر کاسته شده ولی کاربرد اسید سالیسیلیک تا حدودی این کاهش را جبران نموده است (شکل ۲). به جز سطح خشکی صفر، در سطوح خشکی ۰/۱-، ۰/۳- و ۰/۵- مگاپا سکال پیش تیمار اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۵ و ۰/۱ میلی مولار بیشترین طول ساقه چه را داشتند اما در پیش تیمار صفر میلی مولار اسید سالیسیلیک و در سطوح خشکی ۵- بار، با وجود پیش تیمار های مختلف اسید سالیسیلیک در سطح تیمار عدم کاربرد اسید سالیسیلیک ساقه چه‌ای تشکیل نشد (شکل ۲). حساسیت جوانه‌زنی بذور بادر شبو به تنش خشکی در تیمار ۰/۵- سبب شده است که با عدم کاربرد اسید سالیسیلیک بذرها جوانه نزده ساقه چه ای نیز تشکیل نگردد. یکی از دلایل کاهش طول ساقه چه در شرایط تنش، کاهش یا عدم انتقال مواد غذایی از لپه ها به جنین است که با کاربرد اسید سالیسیلیک تحت این شرایط این انتقال افزایش یافته است. علاوه بر آن کاهش جذب آب توسط بذر در شرایط تنش با عث کاهش ترشح هورمون ها و فعالیت آنزیم ها و در نتیجه اختلال در رشد گیاهچه

(شامل ساقه چه و ریشه چه) می شود (Kafi *et al.*, 2016). طول ریشه چه و ساقه چه گیاه ماریتیغال نیز تحت تأثیر منفی تنش خشکی قرارگرفتند و در سطوح تنش متوسط کاربرد اسید سالیسیلیک منجر به افزایش نسبی طول ریشه چه و ساقه چه شد که تأییدکننده نتایج حاصل از این مطالعه بود (Farhadi *et al.*, 2017). افزایش طول ریشه چه و ساقه چه در اثر تیمار اسید سالیسیلیک گزارش شده است (Mazaheri Tirani and Manouchehri Kalantari, 2006). به نظر می رسد یکی از دلایل کاهش وزن ساقه چه و ریشه چه در پتانسیل های آب پایین، تحرک کم مواد غذایی و انتقال کمتر آن ها از لپه ها به محور جنینی باشد. قابل ذکر است عواملی که سرعت رشد محور جنینی را تحت تأثیر قرار می دهند، می توانند بر تحرک مواد غذایی و انتقال آن ها از لپه ها به محور جنینی تأثیر بگذارند (Zhang *et al.*, 2005). بذوری که در سطوح مختلف خشکی به جز سطح شاهد توسط اسید سالیسیلیک پیش تیمار شدند، نسبت به عدم پیش تیمار طول ریشه چه بیشتری داشتند و در شرایط وقوع تنش خشکی اسید سالیسیلیک دارای اثر مثبت بر افزایش طول ریشه چه داشت حال آنکه در شرایط عدم وقوع تنش خشکی میزان طول ریشه چه با کاربرد اسید سالیسیلیک تا حدودی کاهش یافت. نتایج نشان که بالاترین میزان طول ریشه چه در گیاهچه بادرشبو در شرایط عدم تنش خشکی و عدم کاربرد اسید سالیسیلیک به میزان ۱٤/۲ میلی متر حاصل گردید. در سطوح تنش خشکی ۱-، ۳- و ۵- با نیز کاربرد اسید سالیسیلیک منجر به افزایش طول ریشه چه گردید (شکل۳). همچنین نتایج نشان داد در سطح تنش خشکی ۵- بار و عدم کاربرد اسید سالیسیلیک ریشه چه تشکیل نگردید و طول آن صفر در نظر گرفته شد و در همه تیمارهای تنش خشکی پیش تیمار با اسید سالیسیلیک سبب افزایش طول ریشه چه شد. در این زمینه Hanan (2005) گزارش کرد که تیمار با اسید سالیسیلیک باعث افزایش طول ریشه چه در گیاه گندم و جو شده است که با یافته های حاصل از این طالعه مطابقت داشت. پیش تیمار با اسید سالیسیلیک سبب افزایش در صد و سرعت جوانه‌زنی و در نتیجه تشکیل ریشه چه در بذور بادرشبو شد. افزایش طول ریشه چه و ساقه چه و همچنین افزایش بنیه بذر در اثر کاربرد اسید سالیسیلیک در شرایط تنش خشکی را گزارش نمودند (Gholami *et al.*, 2019).



شکل ۲- اثر متقابل بین سطوح اسید سالیسیلک و خشکی روی طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و بنیه بذر بادرشبو(در هر ستون، مقادیر فاقد یک حرف مشترک، دارای تفاوت معنی‌دار آماری در سطح پنج‌درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشند)

Fig 2 – Interaction effect of salisylic acid and drought stress on root and shoot length and seed vigor of *Dracocephalum moldavica*(In each column means with at least one same letters had no significant difference based on LSD test)

(SA 0mM= عدم استفاده از اسید سالیسیلیک، SA 0.1mM= اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۱ میلی مولار، SA 0.5mM= اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۵ میلی مولار)

(SA 0mM, SA 0mM and SA 0mM are application of salisylic acid in 0, 0.1 and 0.5 mM respectively)

آزمایش دوم (تنش شوری): نتایج مقایسات میانگین حاصل از آزمایش دوم (تنش شوری) نشان داد اثرات همه فاکتورها روی صفات درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و بنیه بذر معنی‌دار بود (جدول۳).

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات تحت شرایط تنش شوری

Table 3- Analysis of Variance (Mean square) for traits under salt stress

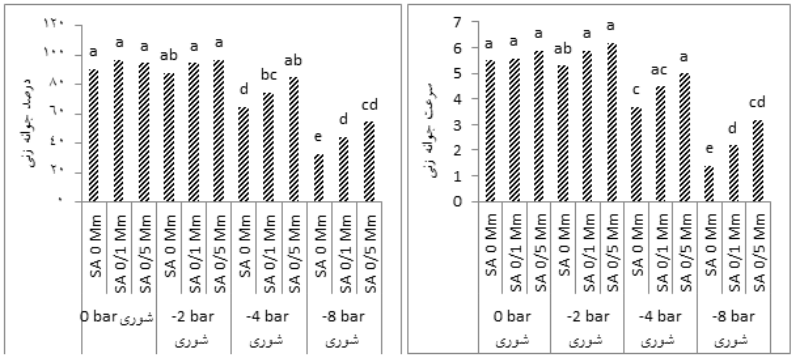
	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول ریشه چه	طول ساقه چه	بنیه بذر
اسید سالیسیلیک	۲	۱۹۴۵**	۱۵**	۱۰۱**	۲۵**	۱۸۵۶۹۲۳**
شوری	۳	۱۱۲۵**	۸۹**	۴۱۲**	۴۵۲**	۱۹۵۶۸۴۵**
اسید سالیسیلیک *شوری	۶	۶۲۳**	۲۱**	۱۰۵**	۳۲**	۱۶۵۲۳۶۹**
خطا	۲۴	۹/۲	۰/۱۱	۳/۹	۲/۶	۶۵۲۳۹
ضریب تغییرات (درصد)		۴/۳	۹	۱۵	۱۴	۱۱

*: معنی‌دار در سطح پنج درصد، **: معنی‌دار در سطح یک درصد

***: Significant at 1%, **: Significant at 5%**

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد پیش تیمار اسید سالیسیلیک در تمامی سطوح باعث افزایش درصد جوانه‌زنی نسبت به تیمار عدم پیش تیمار شد و این افزایش در سطوح تنش شوری شدیدتر ملموس تر بود. نتایج همچنین نشان داد اختلاف بین سطوح اسید سالیسیلیک در تیمارهای عدم وجود تنش خشکی و تنش خشکی ۱- با با هم معنی دار نبود ولی در سطوح ۳- و ۵- بار بین سطوح اسید سالیسیلیک اختلاف معنی دار وجود داشت که بیانگر اثر مفید اسید سالیسیلیک در سطوح بالاتر خشکی بر جوانه زنی بذر بادرشبو می باشد (شکل ۳). در مطالعه ای مشابه پیش تیمار بذر جو با اسید سالیسیلیک باعث افزایش درصد جوانه‌زنی آن شد که با یافته های حاصل از این مطالعه مطابقت داشت (El-Tayeb, 2005). با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک از ۰/۱ به ۰/۵ میلی‌مولار درصد جوانه‌زنی افزایش یافت که بیانگر اثر مثبت کاربرد اسید سالیسیلیک بر کاهش اثرات منفی ناشی از تنش شوری می باشد. استفاده از اسید سالیسیلیک منجر به افزایش درصد جوانه زنی بذور کلزا گردید و کاربرد بیش از حد آن حتی توانست اثرات منفی ناشی از تنش شوری را شدت دهد (Mazaheritirani and Manuchehrikalantari, 2006). به خاطر تاثیرات هورمونی سالیسیلیک است که در غلظت‌های مختلف اثرات متفاوتی نشان می‌دهد و با افزایش آن مقدار مشخصی اثرات مثبت و از مقادیری بالاتر ممکن است حتی اثر منفی داشته باشد (Hanan, 2007). به هر حال براساس نتایج حاصل از این مطالعه مشخص شد که با افزایش میزان شوری، درصد جوانه‌زنی بطور معنی‌داری کاهش یافت به طوری که بیشترین درصد جوانه‌زنی در تیمار عدم شوری و کمترین میزان آن در غلظت ۰/۸- مگاپاسکال شوری حاصل شد البته کاهش درصد جوانه‌زنی در غلظت ۰/۲- مگاپاسکال شوری با تیمار عدم شوری اختلاف معنی‌داری نداشت. در بررسی اثر متقابل بین شوری و سطوح پیش تیمار با اسید سالیسیلیک (شکل ۳) مشاهده شد که در زمان عدم وجود تنش شوری و سطح شوری ۲- مگاپاسکال، اختلاف معنی‌داری بین سطوح اسید سالیسیلیک وجود نداشت. اگر چه در تیمار عدم شوری پیش تیمار بذر با ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک اثر مثبت بر درصد جوانه‌زنی گذاشت ولی این اثر، معنی دار نبود. در سایر سطوح شوری افزایش میزان کاربرد اسید سالیسلیک منجر به افزایش درصد جوانه زنی بذرو گردید و با تیمار عدم کاربرد سالیسلیک اسید دارای اختلاف آماری معنی دار بود (شکل ۳). مطالعات مشابه نیز تأیید کننده نتایج حاصل از این مطالعه بوده و نتایج مطالعه سایر محققین نشان داد شوری منجر به کاهش درصد جوانه زنی بذرهای ماریتیغال شد و کاربرد اسید سالیسیلیک تا حدودی این کاهش را جبران نموده و منجر به افزایش درصد جوانه زنی بذرها در شرایط تنش شوری شد (Farhadi *et al.* 2017). بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه مشخص شد که سرعت جوانه‌زنی سطوح تنش شوری ٤- و ٨- مگاپاسکال تحت تأثیر کاربرد اسید سالیسیلیک قرار گرفت و در سطوح شاهد و شوری ۲- مگاپاسکال

تحت تأثیر کاربرد اسید سالیسیلیک قرارنگرفت (شکل ۳). نتایج همچنین نشان داد هر در سطوح مختلف تیمار شوری، افزایش میزان کاربرد اسید سالیسیلیک منجر به افزایش سرعت جوانه زنی گردید و این افزایش در تیمارهای شوری بیشتر بالاتر بود و سرعت جوانه زنی در غلظت‌های مختلف ۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک از نظر این صفت نسبت به شاهد (صفر میلی‌مولار اسید سالیسیلیک) اثر معنی‌داری را در دو سطح شوری بیشتر نشان دادند. بر اساس این نتایج مشخص شد که بالاترین میزان سرعت جوانه زنی بذرو بادرشبو در تیمار شوری ۲- مگاپاسکال و سطح کاربرد اسید سالیسلیک ۰/۵ میلی مولار به میزان ٦/۲ حاصل گردید و این تیمار با دو سطح دیگر از کاربرد اسید سالیسیلیک در دو سطح بدون تنش شوری و تنش شوری ۲- مگاپاسکال اختلاف آماری معنی داری نداشت. همچنین نتایج نشان داد کمترین سرعت جوانه زنی بذور به میزان ۱/٤۱ در تیمار تنش خشکی ۸- مگاپاسکال و عدم کاربرد اسید سالیسلیک به دست آمد (شکل ٦). کاهش سرعت جوانه زنی بذرو در شرایط اعمال تنش شوری و افزایش سرعت جوانه زنی در شرایط کاربرد اسید سالیسلیک را گزارش نمودند (Farhadi *et al*., 2017) که تأیید کننده نتایج حاصل از این مطالعه بود. سرعت جوانه زنی یکی از مهمترین شاخص های ارزیابی ارقام در تحمل به تنش می باشد، به گونه ای که ارقام با سرعت جوانه زنی بالا در شرایط تنش شوری امکان سبز شدن سریعتری نسبت به سایر ارقام دارند (Kafi *et al*., 2016). گرچه شوری ممکن است درصد و سرعت جوانه زنی بذرهای رازیانه را کاهش دهد ولی کاربرد اسید سالیسیلیک تا غلظت ۱ میلی مولار منجر به افزایش درصد و سرعت جوانه زنی بذرو شده و افزایش بیش از حد غلظت اسید سالیسیلیک دوباره منجر به کاهش درصد و سرعت جوانه زنی بذور گردید (Moradi and Rezvani Moghaddam, 2011). این محققیان افزایش درصد و سرعت جوانه زنی بذرو در اثر کاربرد اسید سالیسیلیک را به اثرات هورمونی این ماده نسبت دادند. البته بایستی در نظر داشت که با توجه به اثرات مثبت اسید سالیسیلیک در جوانه زنی بذرها ولی کاهش جذب آب توسط بذر در اثر تنش شوری باعث کاهش فرایندهای فیزیولوژیکی و متابولیکی گردیده و لذا وفور مواد قابل دسترس برای ادامه حیات گیاه با مشکل روبرو شده و باعث کاهش درصد و سرعت جوانه زنی بذرها می شود (Ashraf and Waheed, 2019).



شکل ۳- اثر متقابل بین سطوح اسید سالیسیلک و شوری روی درصد و سرعت جوانه‌زنی گیاه بارشبو(در هر ستون، مقادیر فاقد یک حرف مشترک، دارای تفاوت معنی‌دار آماری در سطح پنج‌درصد بر اساس آزمونLSD می‌باشند)

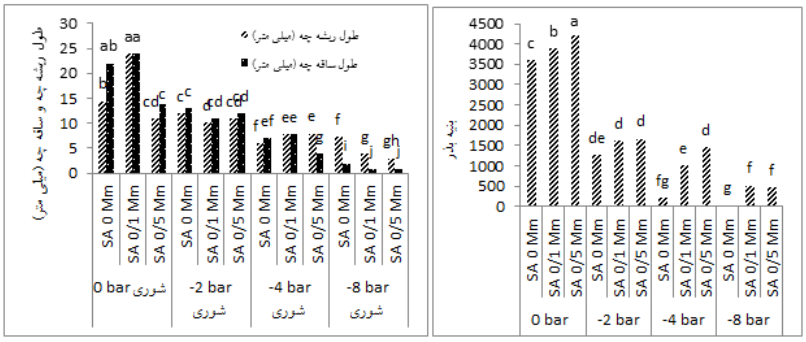
Fig 3– Interaction effect of salisylic acid and salt stress on germination tare and percentage of *Dracocephalum moldavica*(In each column means with at least one same letters had no significant difference based on LSD test)

(SA 0mM= عدم استفاده از اسید سالیسیلیک، SA 0.1mM= اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۱ میلی مولار، SA 0.5mM= اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۵ میلی مولار)

(SA 0mM, SA 0mM and SA 0mM are application of salisylic acid in 0, 0.1 and 0.5 mM respectively)

اثرات ساده و متقابل کلیه تیمارها از نظر طول ساقه- چه و ریشه چه اختلاف معنی‌داری با هم داشتند. نتایج نشان داد هر چند تیمار تنش شوری منجر به کاهش طول ریشه چه و ساقه چه بادرشبو شد ولی کاربرد اسید سالیسیلیک در غلظتهای مختلف اثرات متفاوتی بر طول ریشه چه و ساقه چه گیاه بادرشبو داشت. نتایج نشان داد بالاترین میزان طول ریشه چه و ساقه چه به میزان ۲٤ میلی متر در تیمار عدم تنش شوری و کاربرد اسید سالیسیلیک ۰/۱ میلی مولار حاصل گردید و در سطح شوری ٤- مگاپاسکال، کاربرد اسید سالیسلیک منجر به افزایش طول ریشه چه و کاهش طول ساقه چه گردید. کاربرد اسید سالیسلیک به خصوص در غلظت ۰/۵ میلی مولار سبب شد که شرایط تنش شوری در گیاه تشدید شده و در نتیجه منجر به کاهش طول ریشه چه و ساقه چه شد ولی در شرایط عدم وجود تنش خشکی تیمار اسید سالیسیلیک ۰/۱ مولا دارای اثر مثبت بر افزایش طول ریشه چه و ساقه چه داشت و میزان آنها را افزایش داد (شکل ٤). بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه مشخص شد که شاخص بنیه بذر بادرشبو تحت تأثیر متقابل تیمارهای تنش شوری و کاربرد اسید سالیسیلیک قرارگرفت به طوری که با افزایش میزان شوری از شاخص بنیه بذر نیز کاسته شد، ولی در عین حال در سطوح مختلف تنش شوری با افزایش میزان کاربرد اسید سالیسیلیک بر بنیه بذر افزوده شد. بالاترین میزان بنیه بذر در تیمار عدم وقوع تنش شوری حاصل شد و افزایش میزان خشکی منجر به کاهش میزان بنیه بذر گردید و نتایج نشان داد بالاترین میزان بنیه بذر متعلق به تیمار عدم وقوع تنش شوری و کاربرد اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی مولار به میزان ٤۲۱۵ بود و از این نظر با سایر تیمارها دارا اختلاف آماری معنی دار بود. همچنین

نتایج نشان داد در تیمار شوری ۸- مگاپاسکال و عدم کاربرد اسید سالیسیلیک کمترین میزان بنیه بذر به میزان صفر حاصل گردید (شکل ٤). با افزایش میزان شوری طول ساقه‌چه کاهش معنی داری یافته و یکی از دلایل کاهش طول ساقه‌چه در شرایط تنش، کاهش یا عدم انتقال مواد غذایی از لپه‌ها به جنین است که در نهایت انژی لازم جهت رشد و توسعه سلولها فراهم نشده و در نتیجه آن طول ریشه چه و ساقه چه کاهش یافته است (Kafi *et al*, 2016). بسیاری از آزمایشات نیز کاهش طول ریشه‌چه و ساقه چه را در شرایط اعمال تنش شوری گزارش کرده‌اند (Akramian *et al*, 2007)، که تأیید کننده نتایج حاصل از این مطالعه می باشند. در بین صفات مورد اندازه گیری طول ساقه چه از حساسیت بیشتری نسبت به تنش برخوردار است و یکی از دلایل کاهش طول ساقه چه و ریشه چه در شرایط تنش، کاهش یا عدم انتقال مواد غذایی از لپه ها به جنین است (Kafi *et al*., 2006). همچنین مشخص شده است که بذوری که توسط اسید سالیسیلیک ۰/۱ میلی مولار پیش تیمار شدند، نسبت به عدم پیش تیمار در سطح عدم وجود تنش خشکی دارای طول ریشه‌چه و ساقه چه بیشتری بودند با این تفاوت که سطح ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک نسبت به شاهد طول ریشه‌چه افزایش معنی‌داری را نشان نداد. در شرایط عدم وجود تنش خشکی تیمار با اسید سالیسیلیک ۰/۱ باعث افزایش طول ریشه‌چه در گیاه گندم و جو می‌شود و علت این امر این است که اسید سالیسلیک در غلظت کم به عنوان یک شبه هورمون عمل کرده و در افزایش میزان رشد سلول اثر دارد (Hanan, 2007). از طرفی در شرایط وقوع تنش شوری کاربرد اسید سالیسیلیک ممکن اسن به عنوان تشدید کننده تنش شوری عمل نموده و در نتیجه آن منجر به کاهش طول ریشه چه و ساقه چه گیاه بادرشبو شده است. در گیاه ماریتیغال نیز علاوه بر طول ریشه چه و ساقه چه بنیه بذر تحت تأثیر منفی تنش شوری قرار گرفت که کاربرد اسید سالیسیلیک این اثرات منفی را کاهش داد (Farhadi *et al*., 2017). طول ریشه چه و ساقه چه و همچنین بنیه بذرهای رازیانه در شرایط تنش شوری کاهش یافت، ولی کاربرد اسید سالیسیلیک در این شرایط منجر به بهبود این صفات گردید (Moradi and Rezvani Moghaddam, 2011).



اثر تنش خشکی و شوری بر جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.) تحت شرایط پیش تیمار با اسید سالیسیلیک۶۵.

شکل ٤- اثر متقابل بین سطوح اسید سالیسیلک و شوری روی طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و بنیه بذر بادرشبو(در هر ستون، مقادیر فاقد یک حرف مشترک، دارای تفاوت معنی‌دار آماری در سطح پنج‌درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشند)

Fig 4 – Interaction effect of salisylic acid and salt stress on root and shoot length and seed vigor of *Dracocephalum moldavica*(In each column means with at least one same letters had no significant difference based on LSD test)

(SA 0mM= عدم استفاده از اسید سالیسیلیک، SA 0.1mM= اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۱ میلی مولار، SA 0.5mM= اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۵ میلی مولار)

(SA 0mM, SA 0mM and SA 0mM are application of salisylic acid in 0, 0.1 and 0.5 mM respectively)

نتیجه‌گیری کلی

اسید سالیسیلیک یک هورمون گیاهی است که در غلظت‌های مختلف اثرات متفاوتی را نشان داد. در گیاه بادرشبو پیش تیمار با غلظت های ۰/۵ و ۰/۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک سبب افزایش قابل توجه مقاومت این گیاه به تنش خشکی و شوری شد. نتایج نشان داد هر چند درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرو در شرایط تنش خشکی و شوری کاهش یافت، و لی افزایش میزان کاربرد اسید سالیسیلیک تا غلظت ۰/۵ میلی‌مولار منجر به افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرو به خصوص در شرایط تنش خشکی و شوری شدید گردید. در کل نتایج این آزمایش مشخص نمود پیش تیمار بذر توسط اسید سالیسیلیک در مناطق مستعد تنش خشکی و شوری می‌تواند سبب متحمل‌تر شدن بذور به شرایط تنشی شده و افزایش جوانه‌زنی بذور را در پی دارد.

منابع

1) Agrawal, R. 2003. Seed technology. Pub. Co. PVT. LTD. New Delhi. India.
2) Ahmadi, K., Shojayan, A., Karimi, T. and B, Haji. 2019. The effect of pretreatment of salicylic acid on the germination characteristics of Shirazi Balango under drought stress. *Gorgan Seed Research Journal*, 8(2): 38-48.
3) Akramian, M., Hosseini, S.H., Kazerunimonfared, A. and P, Rezvanimoghadam. 2007. Effect of osmotic seed pre-treatment on germination and growth of *Foeniculum vulgare* Mill. *Iranian Agricultural Research*, 5:37-46.
4) Ashraf, M. and A, Waheed. 1990. Screening of local exotic of lentil (*Lens culinaris* Medik) for salt tolerance at two growth stage. *Plant and Soil*, 128: 167-176.
5) Dastmalchi, K., Dorman, H. G., Kosar, M. and R, Hiltunen. 2017. Chemical composition and in vitro antioxidant evaluation of a water soluble Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.) extract. *Food Science Technology*, 40: 239-248.
6) El-Tayeb, M.A. 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant growth regulation*, 54: 215-225.
7) Farhadi, N., Staji, A. and S, Alizadeh Salta. 2017. The effect of salicylic acid pretreatment on the germination of Maritighal medicinal plant seeds under salinity and drought stress conditions. *Iranian Seed Research Journal*, 3(1): 84-75.
8) Gholami, S., Ahmadi, K., Amini Dehaghi, M. and T, Rostami. 2019. Investigating the effect of salicylic acid on the germination characteristics of Giza quinoa plant under drought stress. 10th International Conference on Medicinal Plants and Organic Agriculture. Mashhad. 8 pages.
9) 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.

10) Hassanzadeh, K., Ahmadi, M. and M, Shaban. 2014. Effect of pre-treatment of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) seeds on seed germination and seedling growth under salt stress. International Journal of Plant, *Animal and Environmental Science*, 4(3): 260-265.
11) Hussein, M. S., El-Sherbeny, S. E., Khalil, M.Y., Naguib, N.Y. and S.M, Aly. 2016. Growth characters and chemical constituents of *Dracocephalum moldavica* L. plants in relation to compost fertilizer and planting distance. *Journal of Scientia Horticulture*, 108: 322-331.
12) Kafi, M., Nizami, A., Hosseini, H. and A, Innocent. 2016. Physiological effects of drought stress caused by polyethylene glycol on germination of lentil genotypes. *Journal of Agricultural Sciences of Iran*, 3: 79-69.
13) Mazaheritirani, M. and K.H, Manuchehrikalantari. 2006. Study on salicylic acid, drought stress and ethylene on seed germination of rapeseed. *Iranian Journal of Biology*, 9:408-418.
14) Metwally, A., Finkemeier, M. Georgi. and K.J, Dietz. 2003. Salicylic acid alleviates the cadmium toxicity in barley seedlings. *Physiology and Biochemistry of Plant*, 132: 272- 281.
15) Michel, B.E. and M.R, Kaufmann. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiology*, 51: 914–916.
16) Moradi, R. and P, Rizvani Moghadam. 2011. Investigating the effect of seed pretreatment by salicylic acid on germination and growth characteristics of fennel seedlings under salinity stress conditions. *Iranian Agricultural Research Journal*, 8(3): 489-500.
17) Senaranta, T., Touchell, E., BumM, E. and K, Dixon. 2002.Acetylsalicylic (aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regulation*, 30: 157-161
18) Shruti, G. and P.K, Singh. 2009. Salicylic acid-induced salinity tolerance in corn grown under NaCl stress. Franciszek Górski Institute of Plant Physiology, Polish Academy of Sciences.
19) Venskutionis, P. R., Dapkevicius, A. and M, Baranuauskiene. 2015. Flavour composition of some lemon-like aroma herbs from Lithuania. *Development Food Science*, 37(1): 833-847.
20) Zhang, Y., Chen, K., Zhang, S. and I, Fergusen. 2003. The role of salicylic acid in postharvest ripening of Kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology*, 28: 67-74.