# مطالعه اثر پیش تیمار بذر با سالسیلیک اسید در شرایط تنش شوری و خشکی بر جوانه‌زنی و خصوصیات رشدی گیاهچه بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.)

**مادح احمدی[۱]، مراد شعبان[۲*]، رضا یاری[۳]**

[۱] دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گیاهان دارویی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

[۲] دانشجوی دکتری، علوم و تکنولوژی بذر، عضو باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد

[۳] دانشجوی دکتری، علوم مرتع، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

**تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۴/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۸/۲۵**

## چکیده

این آزمایش به منظور مطالعه اثر پیش تیمار بذر توسط اسید سالسیلیک در شرایط تنش خشکی و شوری بر جوانه‌زنی و خصوصیات رشدی گیاهچه بادرنجبویه در سال ۱۳۹۳ در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان انجام شد. این مطالعه به‌صورت دو آزمایش مجزا با پیش تیمار مشترک اسید سالیسیلیک و تیمارهای جداگانه تنش خشکی و شوری انجام شد. هر دو آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. تیمارهای آزمایش اول شامل اسید سالسیلیک در ۳ سطح (۰، ۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار) و خشکی در ٤ سطح (۰، ۰/۱-، ۰/۳- و ۰/۵- مگاپاسکال) بود. تیمارهای آزمایش دوم نیز شامل اسید سالیسیلیک در ۳ سطح (۰، ۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار) و شوری در ٤ سطح (۰، ۰/۲-، ۰/٤- و ۰/۸- مگاپاسکال) بود. در پایان ۱۲ روز شمارش، صفات جوانه‌زنی و رشدی گیاهچه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در هر دو آزمایش اثرات فاکتورها بر روی صفات درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و بنیه بذر معنی‌دار بود. در بین سطوح اسید سالسیلیک، پیش تیمار با غلظت ۰/۱ میلی‌مولار بیشترین درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و بنیه بذر را دارا بود. در تیمار عدم خشکی پیش تیمار با سالسیلیک اسید منجر به افزایش معنی‌دار صفات مورد بررسی در مقایسه با عدم پیش تیمار نشد، و در تیمار تنش خشکی پیش تیمار باعث 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 ایجاد نمود. سطح اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۱ میلی‌مولار بیشترین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه را دارا بود و در تیمار عدم شوری پیش تیمار با اسید سالیسیلیک منجر به افزایش معنی‌دار صفات مورد بررسی در مقایسه با عدم پیش تیمار نشد. در مجموع نتایج نشان داد پیش تیمار بذر توسط اسید سالسیلیک در مناطق مستعد تنش خشکی و شوری می‌تواند باعث تسریع در جوانه‌زنی بذور گیاه بادرنجویه می‌شود.

***واژه‌های کلیدی***: اسیدسالیسیلیک، بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.)، جوانه‌زنی، خشکی و شوری

*نویسنده مسئول: Shaban.morad@yahoo.com

**مقدمه**

بادرنجبویه با نام علمی (*Melissa officinalis* L.) از خانوادهی *Lamiaceae* یک گیاه علفی مـیباشـد. کـل انـدام هوایی بادرنجبویه دارای عطر ویژه (رایحه لیمو) است و کاربردهایی در صنایع داروسازی، غذایی، آرایشی و بهداشـتی دارد. اندامهای هوایی این گیاه بخصوص برگها محتوای اسانس هستند.

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 خصوصیات جوانهزنی را میتوان به کاهش میزان و سرعت جذب آب نسبت داد (Zeinali et al., 2002). اثر بازدارندگی شوری بر رشد گیاهچه توسط Shekari et al., (1998) گزارش شده است. در تحقیقی Ali et al., (1998) اثر درجه حرارت و شوری را بر جوانهزنی بذر اسفرزه بررسی و مشاهده کردند که میزان جوانهزنی زمانی، که بذرها با محلول ۰/۵ درصد نمک طعام آغشته شدند کاهش یافت. 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 (Lynch, 1998). تحقیقات نسبتاً زیادی که بر روی جوانهزنی گیاهان زراعی مختلف انجام شده بیانگر این واقعیت است که با افزایش شوری طول ریشهچه، ساقهچه و همچنین وزن خشک گیاهچه به طور معنیداری کاهش یافت (Popova and Pancheva, 1997). تنش اسمزی از سرعت جوانهزنی کاسته و در تنشهایی که شدت آنها زیاد است هم میزان جوانهزنی و هم سرعت جوانهزنی تحت تأثیر قرار میگیرد (Prasad, 1996).

سالیسیلیک اسید سبب افزایش مقاومت به شوری در گیاهچههای گندم (Shakirova et al., 2003) و مقاومت به کمبود آب میگردد باشد (Bezrukova et al., 2001; Hassanzadeh et al., 2014). در مورد تاثیر سالیسیلیک اسید بر رشد و عملکرد گیاهان شواهد کمی در دست است. سالیسیلیک اسید 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 سالسیلیک را بهعنوان برطرف کننده آسیبهای اکسیداتیو در طی جوانهزنی بذر معرفی شد (Metwally et al., 2003; Hassanzadeh et al., 2014).

در تحقیقی دیگر Senarant et al. (2002) بیان کردند که سالسیلیک اسید مولکولی واسطهای مهم جهت واکنش گیاهان در برابر تنشهای محیطی است. همچنین Zhang et al. (2003) نشان دادند که سالسیلیک اسید در جوانهزنی نقش دارد و Rajasekaran et al. (2003) نشان دادند که کاربرد خارجی سالسیلیک اسید باعث تحریک جوانهزنی میشود و همچنین در تحقیقی دیگر El-Tayeb (2005) به اثر تحریک کنندگی سالسیلیک اسید بر جوانهزنی بذر جو پی برد.

بسیاری از تحقیقات نشان دادهاند که پیش تیمار بذر گیاه با سالسیلیک اسید، باعث افزایش مقاومت آن در هنگام بروز تنشهای مختلف و خصوصا تنش شوری و خشکی میشود (Raskin, 1992; Senaranta et al., 2002; Hanan, 2007; Shruti and Singh, 2009).

جوانه‌زنی یکی از مراحل حساس در چرخه‌ی رشدی گیاهان به حساب می‌آید، در شرایط تنش رطوبتی و شوری، جوانه‌زنی گیاه در تعیین تراکم نهایی از اهمیت زیادی برخوردار است (Raskin, 1992; Zhang et al., 2003; Hassanzadeh et al., 2014). سرعت جوانه‌زنی یکی از شاخص‌های ارزیابی تحمل به خشکی است، به‌طوری‌که ارقام دارای سرعت جوانه‌زنی بیشتر در شرایط تنش، از شانس بیشتری برای سبز شدن برخوردارند (Ashraf and Vahid, 1990). از این رو در این آزمایش تاثیر پیش تیمار اسید سالسیلیک بر جوانه‌زنی و شاخص‌های مرتبط با آن در شرایط تنش شوری و خشکی بر گیاه بادرنجبویه مورد بررسی قرار گرفت.

**مواد و روش‌ها**

به‌منظور بررسی پیش تیمار بذر گیاه بادرنجبویه توسط اسید سالسیلیک در شرایط تنش خشکی و شوری، بر جوانه‌زنی و خصوصیات رشدی گیاهچه آن، دو آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. تیمارهای آزمایش شامل اسید سالسیلیک در ۳ سطح (۰، ۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار)، خشکی در ٤ سطح (۰، ۰/۱-، ۰/۳- و ۰/۵- مگاپاسکال) و شوری در ٤ سطح (۰، ۰/۲-، ۰/٤- و ۰/۸- مگاپاسکال) بود. اثرات ساده و متقابل کلیه‌ی فاکتورها بر روی صفات درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و بنیه‌ی بذر معنی‌دار بود.

قبل از شروع آزمایش بذرهای بادرنجبویه با هیپوکلریت ۳ درصد (وایتکس) به مدت ۲ دقیقه ضدعفونی و سپس ۳ مرتبه با آب مقطر آبشویی شدند. همچنین پتری دیش‌ها هم توسط وایتکس کاملاً ضدعفونی شد. برای پیش تیمار بذر با محلول سالیسیلیک اسید، 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 قبل از آزمون جوانه‌زنی به‌مدت ۳٦ ساعت در دمای اتاق خشک شدند. (برای سطح صفر میلی‌مولار سالیسیلیک اسید از بذرهای تیمار نشده استفاده شد). به‌منظور آزمون جوانه‌زنی بذرهای تیمار شده، بذرهای درون پتری دیش‌هایی (۲۰ بذر برای هر پتری دیش) حاوی کاغذ صافی واتمن بود قرار گرفتند. 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 ٤۵ 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 اندازه‌گیری 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:

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

شاخص بنیه بذر نیز از حاصل‌ضرب درصد جوانه‌زنی نهایی در طول گیاهچه به‌دست آمد (Agrawal, 2003):

(طول ریشه‌چه+طول ساقه‌چه) 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 نرم‌افزار EXCEL استفاده شد. به‌منظور مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

## نتایج و بحث

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

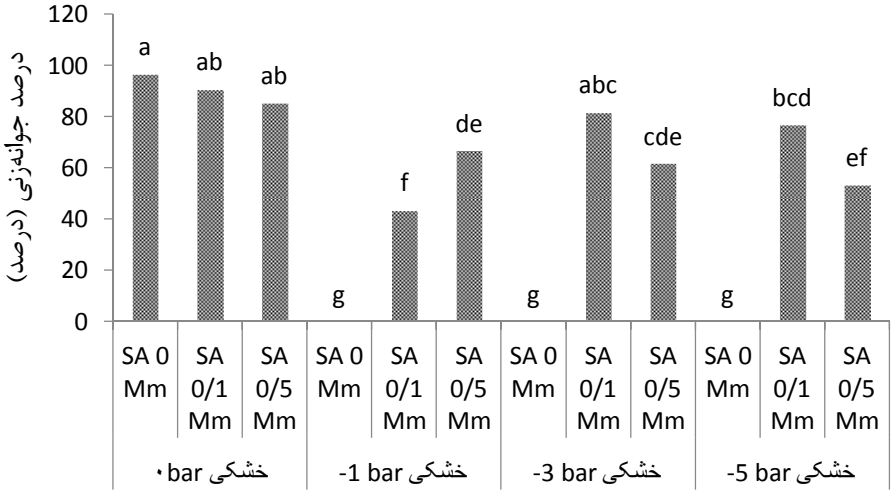
**جدول ۱:** تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات تحت شرایط تنش خشکی

| منابع تغییرات | درجه آزادی | درصد جوانه‌زنی | سرعت جوانه‌زنی | طول ریشه‌چه | طول ساقه‌چه | بنیه بذر |
|---|---|---|---|---|---|---|
| سالیسیلیک اسید | ۲ | ۸۴۹۲$^{**}$ | ۱۵$^{**}$ | ۱۶$^{**}$ | ۵۵$^{**}$ | ۱۶۸۶۷۷۴$^{**}$ |
| خشکی | ۳ | ۵۴۳۵$^{**}$ | ۴۲$^{**}$ | ۶۶$^{**}$ | ۱۲۱$^{**}$ | ۵۶۴۹۵۷۷$^{**}$ |
| سالیسیلیک اسید × خشکی | ۶ | ۱۷۰۲$^{**}$ | ۳۱$^{**}$ | ۷۴$^{**}$ | ۱۰۱$^{**}$ | ۳۰۷۱۸۸۳$^{**}$ |
| خطا | ۲۴ | ۸۴ | ۰/۲ | ۰/۱۱ | ۰/۳۳ | ۶۵۶۱ |
| ضریب تغییرات (درصد) | | ۱۶ | ۱۷ | ۱۱ | ۲۱ | ۱۷ |

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد می‌باشند.

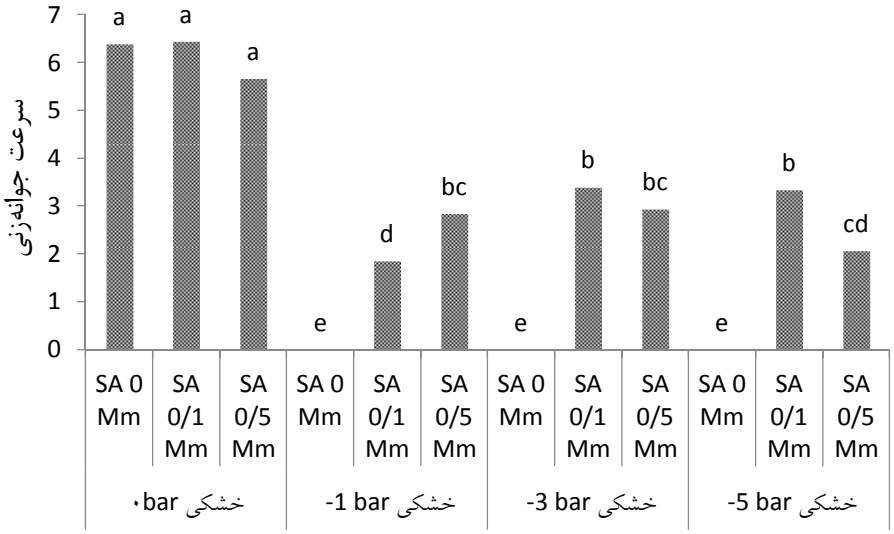
کلیه تیمارهای آزمایش از نظر درصد جوانه‌زنی دارای اختلاف معنی‌داری بودند. استفاده از پیش تیمار سالیسیلیک اسید در تمامی سطوح باعث افزایش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی نسبت به تیمار عدم پیش تیمار شد. در بین تمامی تیمارها بیشترین میزان درصد جوانه‌زنی مربوط به تیمار عدم تنش خشکی و عدم پیش تیمار با سالیسیلیک اسید بود و کمترین میزان آن نیز در تیمار تنش خشکی در همه سطوح بود. تنش خشکی در همه سطوح سبب افت میزان جوانه‌زنی به صفر درصد بود و به نشان می‌دهد که بذور بادرنجبویه به تنش خشکی بسیار حساس بوده و سطوح تنشی معال با تیمارهای این آزمایش سبب جلوگیری از جوانه‌زنی بذور آن می‌گردند. این در حالی است که در تیمارهای تنش خشکی اعمال پیش تیمار با سالیسیلیک اسید سبب افزایش ۲۰ تا ۸۰ درصدی جوانه‌زنی در بذور بادرنجبویه شد که نشان از اثر مثبت پیش تیمار سالیسیلیک اسید بر درصد جوانه‌زنی بذور بادرنجبویه می‌باشد (شکل ۱). در یک مطالعه El-Tayeb (2005) گزارش کرد که پیش تیمار بذر جو با سالیسیلیک اسید باعث افزایش درصد جوانه‌زنی آن شد. بیشترین و کمترین درصد جوانه‌زنی به‌ترتیب در سطوح ۰/۱ و صفر میلی‌مولار غلظت‌های سالیسیلیک اسید حاصل شد. افزایش غلظت از ۰/۱ به ۰/۵ میلی‌مولار درصد جوانه‌زنی کاهش یافت ولی این کاهش نسبت به غلظت ۰/۱ میلی‌مولار معنی‌دار نبود. در زمان عدم وجود تنش خشکی، اختلاف معنی‌داری بین سطوح سالیسیلیک اسید وجود نداشت. اگرچه در تیمار عدم خشکی پیش تیمار بذر با ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید اثر منفی بر درصد جوانه‌زنی گذاشت ولی این اثر معنی‌دار نبود. در اکثر سطوح خشکی، تیمار۰/۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید دارای بیشترین درصد جوانه‌زنی است ولی اثر معنی‌داری با تیمار ۰/۵ میلی‌مولار نداشت در تیمارهای تنش خشکی به جز صفر بار، و در غلظت‌های صفر میلی‌مولار سالیسیلیک اسید درصد جوانه‌زنی به صفر کاهش یافت (شکل ۱). استفاده از سالیسیلیک اسید در سطح بیش از ۱ میلی‌مولار اثر کاهنده بر درصد جوانه‌زنی گیاه کلزا داشت و

میزان کمتر از آن باعث افزایش درصد جوانه‌زنی شد (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 آن به بعد 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 اما این مقدار کاهش نسبت به غلظت ۰/۱- مگاپاسکال اختلاف معنی‌داری نداشت. 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).




**شکل ۱:** اثر متقابل بین سطوح سالیسیلک اسید و خشکی بر روی درصد جوانه‌زنی گیاه بادرنجبویه (SA 0mM= عدم استفاده از سالیسیلک اسید، SA 0.1mM= سالیسیلک اسید با غلظت ۰/۱ میلی‌مولار، SA 0.5mM= سالیسیلک اسید با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار)

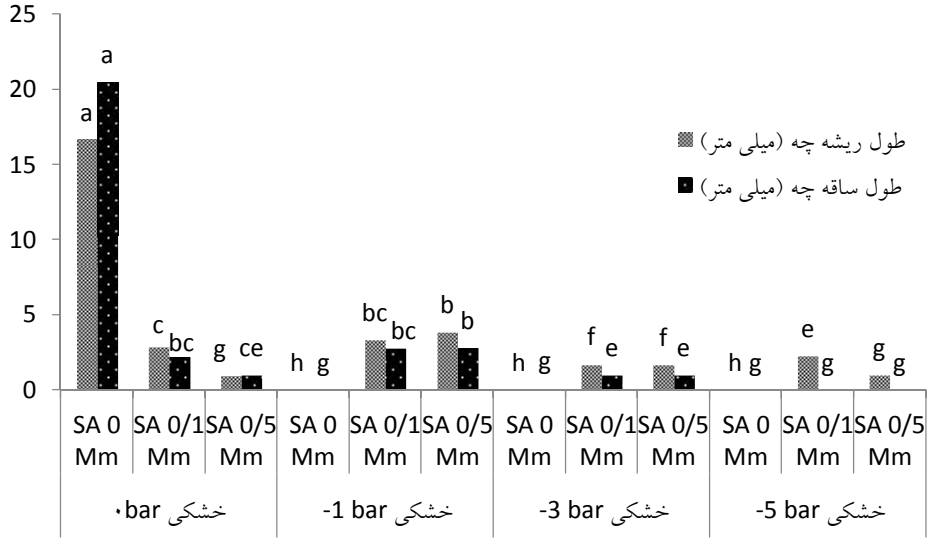
سرعت جوانه‌زنی نیز در مورد تمامی تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری را نشان داد. غلظت‌های مختلف ۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید از نظر این صفت نسبت به شاهد (صفر میلی‌مولار سالیسیلیک اسید) اثر معنی‌داری را داشتند به‌طوری‌که پیش تیمار با غلظت ۰/۱ و صفر میلی‌مولار به ترتیب بیشترین و کمترین سرعت جوانه‌زنی را داشتند ولی سرعت جوانه‌زنی در پیش تیمار با غلظت ۰/۱ و ۰/۵ معنی‌دار نبودند. با افزایش شدت تنش خشکی، سرعت جوانه‌زنی نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری نشان داد اما بین سطوح مختلف این کاهش معنی‌دار نبود. در بررسی اثر متقابل بین خشکی و سطوح پیش تیمار با سالیسیلیک اسید (شکل ۲) مشاهده شد که در زمان عدم وجود تنش خشکی، اختلاف معنی‌داری بین سطوح سالیسیلیک اسید وجود نداشت. اگر چه در تیمار عدم خشکی پیش تیمار بذر با ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید اثر منفی بر سرعت جوانه‌زنی گذاشت ولی این اثر، معنی‌دار نبود. در اکثر سطوح خشکی، تیمار۰/۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید دارای بیشترین سرعت جوانه‌زنی است ولی اثر معنی‌داری با تیمار ۰/۵ میلی‌مولار نداشت در تیمارهای تنش خشکی به جز صفر بار و در غلظت‌های صفر میلی‌مولار سالیسیلیک اسید سرعت جوانه‌زنی به صفر کاهش یافت (شکل ۲).




شکل (۲) اثر متقابل بین سطوح سالیسیلک اسید و خشکی بر روی سرعت جوانه‌زنی گیاه بادرنجبویه (SA 0mM= عدم استفاده از سالیسیلک اسید، SA 0.1mM= سالیسیلک اسید با غلظت ۰/۱ میلی‌مولار، SA 0.5mM= سالیسیلک اسید با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار)

اثرات ساده و متقابل کلیه تیمارها از نظر طول ساقه‌چه اختلاف معنی‌داری با هم داشتند. در پیش تیمار بذر با سالیسیلیک اسید، غلظت صفر و ۰/۵ میلی‌مولار به ترتیب بیشترین و کمترین طول ساقه‌چه را دارا بودند اما بین غلظت ۰/۵ و ۰/۱ میلی‌مولار با اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. با افزایش میزان خشکی طول ساقه‌چه کاهش معنی‌داری یافت. یکی از دلایل کاهش طول ساقه‌چه در شرایط تنش، کاهش یا عدم انتقال مواد غذایی از لپه‌ها به جنین است (Kafi et al., 2005). به جز سطح خشکی صفر، در سطوح خشکی ۰/۱- و ۰/۳- مگاپاسکال پیش تیمار سالیسیلیک اسید با غلظت ۵/ و ۰/۱ میلی‌مولار بیشترین طول ساقه‌چه را داشتند اما در پیش تیمار صفر میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و در سطوح خشکی ۵- بار، با وجود پیش تیمارهای مختلف سالیسیلیک اسید ساقه‌چه‌ای تشکیل نشد (شکل ۳). حساسیت جوانه‌زنی بذور بادرنجبویه به تنش خشکی در همه سطوح و عدم جوانه‌زنی بذور آن سبب عدم جوانه‌زنی بذور در همه تیمارهای تنش خشکی و در نتیجه عدم تشکیل ساقه‌چه در این تیمارها شده است.

بذوری که در سطوح مختلف خشکی به جز سطح شاهد توسط سالیسیلیک اسید پیش تیمار شدند، نسبت به عدم پیش تیمار طول ریشه‌چه بیشتری داشتند. با این تفاوت که سطح ۰/۵ و ۰/۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید نسبت به شاهد در سطوح مختلف شوری (به جز سطح شاهد) طول ریشه‌چه افزایش معنی‌داری را نشان داد اما این افزایش در بین دو غلظت سالیسیلیک اسید در سطوح ۰/۱- و ۰/۳- مگاپاسکال معنی‌دار نبود (شکل۳). بیشترین میزان طول ریشه‌چه در تیمار عدم وقوع تنش خشکی بود و کمترین میزان آن در سایر تیمارها به همراه عدم پیش تیمار با سالیسیلیک اسید بود. در تیمارهای تنش خشکی پیش تیمار با سالیسیلیک اسید سبب افزایش طول ریشه‌چه شد. همچنین Hanan (2005) نیز گزارش کرد که تیمار با سالیسیلیک اسید باعث افزایش طول ریشه‌چه در گیاه گندم و جو می‌شود. پیش تیمار با سالیسیلیک اسید سبب افزایش میزان جوانه‌زنی و در تیجه تشکیل ریشه‌چه در بذور بادرنجبویه شد.




**شکل ۳:** اثر متقابل بین سطوح سالیسیلک اسید و خشکی بر روی طول ریشه‌چه و ساقه‌چه گیاه بادرنجبویه (SA 0mM= عدم استفاده از سالیسیلک اسید، SA 0.1mM= سالیسیلک اسید با غلظت ۰/۱ میلی‌مولار، SA 0.5mM= سالیسیلک اسید با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار)

**جدول ۲:** میانگین اثرات ساده و متقابل صفات تحت شرایط تنش خشکی

| سالیسیلیک اسید (میلی‌مولار) | خشکی (مگاپاسکال) | درصد جوانه‌زنی | سرعت جوانه‌زنی | طول ریشه‌چه (سانتی‌متر) | طول ساقه‌چه (سانتی‌متر) | بنیه بذر |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۰ | – | ۲٤ b | ۱/٦b | ٤/۱ a | ۲/۱ a | ۸۹۷ a |
| ۰/۱ | – | ۷۳ a | ۳/۷ a | ۲/۵ b | ۱/۵ b | ۲۸۷ b |
| ۰/۵ | – | ٦٦ a | ۳/۳ a | ۱/۸ c | ۱/۲ b | ۲۱٤ c |
| – | ۰ | ۹۰ a | ٦/۱ a | ٦/۸ a | ۸ a | ۱٤۱۵ a |
| – | -۰/۱ | ۳٦ c | ۱/۵c | ۲/۳ b | ۱/۸ b | ۲٤٦ b |
| – | -۰/۳ | ٤۷ b | ۲/۱ b | ۱/۱ c | ۰/٦ c | ۱۲۷ c |
| – | -۰/۵ | ٤۳ bc | ۱/۸ bc | ۱ c | ۰ | ۷۵ c |
| سالیسیلیک اسید (صفر میلی‌مولار) | ۰ | ۹٦ a | ٦/۳ a | ۱٦ a | ۲۰ a | ۳۵۸۹a |
| | -۰/۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| | -۰/۳ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| | -۰/۵ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| سالیسیلیک اسید (۰/۱ میلی‌مولار) | ۰ | ۹۰ ab | ٦/٤ a | ۲/۸ c | ۲/۲ bc | ٤٦۲ b |
| | -۰/۱ | ٤۳ f | ۱/۸ c | ۳/۳ bc | ۲/۷ b | ۲۹٤ c |
| | -۰/۳ | ۸۱ abc | ۳/٤ b | ۱/٦ e | ۱ d | ۲۱۸ c |
| | -۰/۵ | ۷٦ bcd | ۳/۳ b | ۲/۲ d | ۰ | ۱۷٤ cd |
| سالیسیلیک اسید (۰/۵ میلی‌مولار) | ۰ | ۸۵ ab | ۵/٦ a | ۰/۹ f | ۱/۳ cd | ۱۹۵ c |
| | -۰/۱ | ٦٦ cde | ۲/۸ bc | ۳/۸ b | ۲/۸ b | ٤٤۵ b |
| | -۰/۳ | ٦۱ de | ۲/۹ bc | ۱/٦ e | ۱ d | ۱٦٤ cd |
| | -۰/۵ | ۵۳ef | ۲ cd | ۱ f | ۰ | ۵۳ de |

در هر ستون اعداد دارای حروف مشابه دارای اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد نمی‌باشند

نتایج آزمایش اول نشان داد اثر همه تیمارها بر شاخص بنیه بذر معنی‌دار بود (جدول ۱). در شرایط عدم وقوع تنش خشکی بیشترین میزان شاخص بنیه بذر مربوط به تیمار عدم پیش تیمار با سالیسیلیک اسید بود. با افزایش شدت تنش خشکی از میزان شاخص بنیه بذر کاسته شده که اسید سالیسیلیک این کاهش را جبران نموده است.

**آزمایش دوم (تنش شوری)**: نتایج مقایسات میانگین حاصل از آزمایش دوم (تنش شوری) نشان داد اثرات همه فاکتورها بر 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

| | درجه آزادی | درصد جوانه‌زنی | سرعت جوانه‌زنی | طول ریشه چه | طول ساقه‌چه | بنیه بذر |
|---|---|---|---|---|---|---|
| سالیسیلیک اسید | ۲ | ۲۳۰٤$^{**}$ | ۱۳$^{**}$ | ۸۳$^{**}$ | ۱۸$^{**}$ | ۱۷۹۸۷۹۲$^{**}$ |
| شوری | ۳ | ۱۲۹۲$^{**}$ | ۱۱۱$^{**}$ | ۳۹۵$^{**}$ | ٥٦٤$^{**}$ | ۱۸۱۱٦۲٤۰$^{**}$ |
| سالیسیلیک اسید*شوری | ٦ | ۸۲۹$^{**}$ | ۱٤$^{**}$ | ۹۳$^{**}$ | ۲۰$^{**}$ | ۱۷٤۳٥٥۳$^{**}$ |
| خطا | ۲٤ | ۸/۲ | ۰/۰۷ | ۱/۹ | ۱/٦ | ٥٥۸٥٦ |
| ضریب تغییرات (درصد) | | ۳/۳ | ٥ | ۱٤ | ۱۷ | ۱٤ |

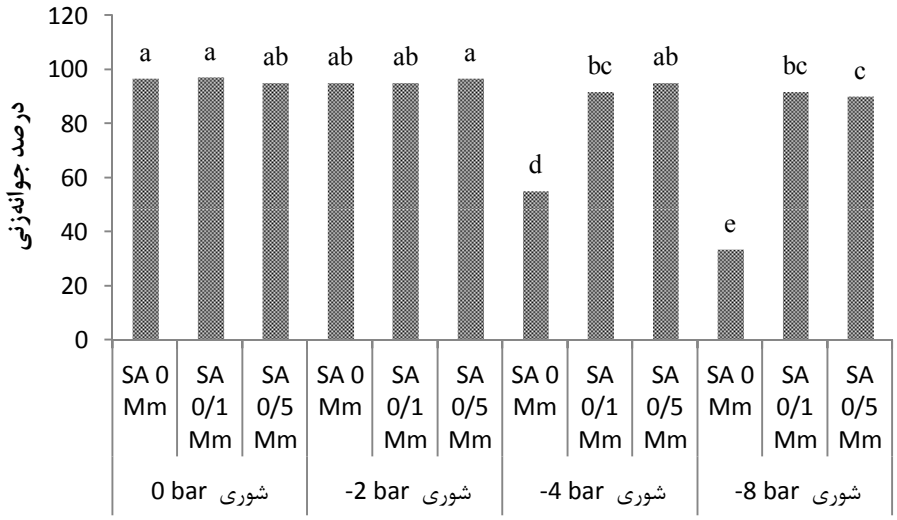
*و** به ترتیب معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد می‌باشند.

کلیه تیمارهای مورد آزمایش از نظر درصد جوانه‌زنی اختلاف معنی‌داری داشتند. استفاده از پیش تیمار سالیسیلیک اسید در تمامی سطوح باعث افزایش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی نسبت به تیمار عدم پیش تیمار شد. پیش تیمار بذر جو با سالیسیلیک اسید باعث افزایش درصد جوانه‌زنی آن شد (El-Tayeb, 2005). بیشترین و کمترین درصد جوانه‌زنی به ترتیب در سطوح ۰/۵ و صفر میلی‌مولار غلظت‌های سالیسیلیک اسید حاصل شد. افزایش غلظت از ۰/۱ به ۰/۵ میلی‌مولار درصد جوانه‌زنی افزایش یافت ولی این افزایش نسبت به غلظت ۰/۱ میلی‌مولار معنی‌دار نبود و میزان افزایش درصد جوانه‌زنی حالت نزولی به خود گرفته است. استفاده از سالیسیلیک اسید در سطح بیش از ۱ میلی‌مولار اثر کاهنده بر درصد جوانه‌زنی گیاه کلزا داشت و میزان کمتر از آن باعث افزایش درصد جوانه‌زنی شد (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 آن به بعد اثر منفی بر رشد دارد (Hanan, 2007).

با افزایش درصد شوری، درصد جوانه‌زنی بطور معنی‌داری کاهش یافت به‌طوری‌که 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 سالیسیلیک اسید (شکل ٤) مشاهده شد که در زمان عدم وجود تنش شوری، اختلاف معنی‌داری بین سطوح سالیسیلیک اسید وجود نداشت. اگر چه در تیمار عدم شوری پیش تیمار بذر با ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید اثر منفی بر درصد جوانه‌زنی گذاشت ولی این اثر، معنی دار نبود. در اکثر سطوح شوری، تیمار ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید دارای بیشترین درصد جوانه‌زنی است ولی اثر معنی‌داری با تیمار ۰/۱ میلی‌مولار نداشت اما با تیمار صفر میلی‌مولار اثر معنی‌داری داشت (شکل ٤).

سرعت جوانه‌زنی در مورد تمامی تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری را نشان داد. غلظت‌های مختلف ۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید از نظر این صفت نسبت به شاهد (صفر میلی‌مولار سالیسیلیک اسید) اثر معنی‌داری را

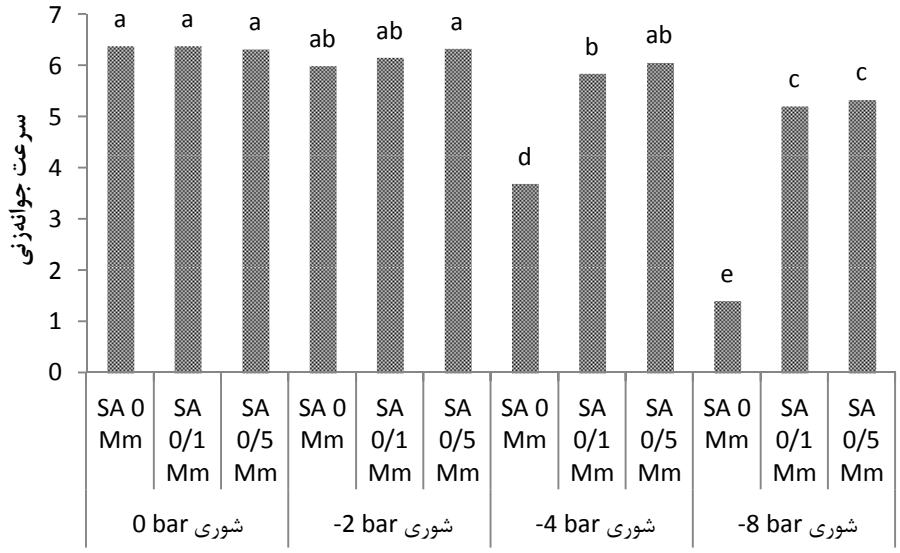
داشتند به‌طوری‌که پیش تیمار با غلظت ۰/۵ و صفر میلی‌مولار به‌ترتیب بیشترین و کمترین سرعت جوانه‌زنی را داشتند ولی سرعت جوانه‌زنی در پیش تیمار با غلظت ۰/۱ و ۰/۵ با هم معنی‌دار نبودند. از سطح صفر تا ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید سرعت جوانه‌زنی روند افزایشی داشت. با افزایش درصد شوری، در غلظت‌های ۰/٤- و ۰/۸- مگاپاسکال سرعت جوانه‌زنی نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری نشان داد. تنها در سطوح شوری ۰/٤- و ۰/۸- مگاپاسکال پیش تیمار با غلظت ۰/۱ و ۰/۵ سرعت جوانه‌زنی نسبت به صفر میلی‌مولار افزایش معنی‌داری را نشان داد (شکل ۵).



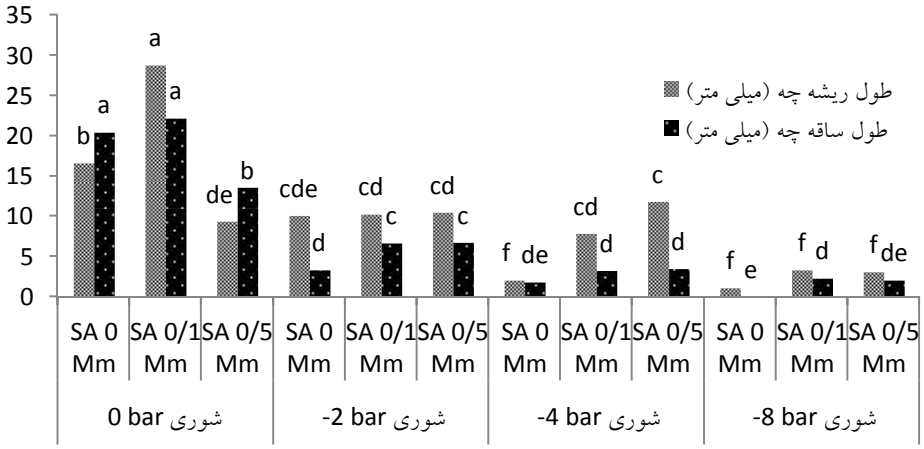

**شکل٤:** اثر متقابل بین سطوح سالیسیلک اسید و شوری بر روی درصد جوانه‌زنی گیاه بادرنجبویه (SA 0mM= عدم استفاده از سالیسیلک اسید، SA 0.1mM= سالیسیلک اسید با غلظت ۰/۱ میلی‌مولار، SA 0.5mM= سالیسیلک اسید با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار)

اثرات ساده و متقابل کلیه تیمارها از نظر طول ساقه‌چه اختلاف معنی‌داری با هم داشتند. در پیش تیمار بذر با سالیسیلیک اسید، غلظت ۰/۱ و صفر میلی‌مولار به‌ترتیب بیشترین و کمترین طول ساقه‌چه را دارا بودند اما غلظت ۰/۵ میلی‌مولار با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت. با افزایش میزان شوری طول ساقه‌چه کاهش معنی داری یافت. یکی از دلایل کاهش طول ساقه‌چه در شرایط تنش، کاهش یا عدم انتقال مواد غذایی از لپه‌ها به جنین است (Kafi et al., 2005).

به جز سطح شوری صفر، در تمام سطوح شوری پیش تیمار سالیسیلیک اسید با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار بیشترین طول ساقه‌چه را داشتند و در سطوح شوری ۰/٤- و ۰/۸- مگاپاسکال استفاده از پیش تیمار سالیسیلیک اسید طول ساقه‌چه افزایش معنی‌داری را نسبت به شاهد نشان داد (شکل٦). بذوری که توسط سالیسیلیک اسید پیش تیمار شدند، نسبت به عدم پیش تیمار طول ریشه‌چه بیشتری داشتند. با این تفاوت که سطح ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید نسبت به شاهد طول ریشه‌چه افزایش معنی‌داری را نشان نداد. تیمار با سالیسیلیک اسید باعث افزایش طول ریشه‌چه در گیاه گندم و جو می‌شود (Hanan, 2007).




**شکل ۵:** اثر متقابل بین سطوح سالیسیلک اسید و شوری بر روی سرعت جوانه‌زنی گیاه بادرنجبویه (SA 0mM= عدم استفاده از سالیسیلیک اسید، SA 0.1mM= سالیسیلیک اسید با غلظت ۰/۱ میلی‌مولار، SA 0.5mM= سالیسیلیک اسید با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار)




**شکل ٦:** اثر متقابل بین سطوح سالیسیلک اسید و شوری بر روی طول ریشه‌چه و ساقه‌چه گیاه بادرنجبویه (SA 0mM= عدم استفاده از سالیسیلیک اسید، SA 0.1mM= سالیسیلیک اسید با غلظت ۰/۱ میلی‌مولار، SA 0.5mM= سالیسیلیک اسید با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار)

بسیاری از آزمایشات نیز کاهش طول ریشه‌چه را در شرایط اعمال تنش شوری گزارش کرده‌اند (Akramian et al., 2007; Shekari et al., 1998). در تمامی سطوح شوری به جز سطح صفر، سطوح ۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار پیش تیمار با سالیسیلیک اسید، بیشترین طول ریشه‌چه را به خود اختصاص دادند ولی این افزایش در بین این دو غلظت نسبت به هم معنی‌دار نبودند. سطح صفر میلی‌مولار کمترین طول ریشه‌چه را داشت و در تمامی آنها با افزایش درصد شوری میزان طول ریشه‌چه کاهش یافت (شکل ٦).

## نتیجه‌گیری نهایی

سالیسیلیک اسید یک هورمون گیاهی است که در غلظت‌های مختلف اثرات متفاوتی را نشان داد. در گیاه بادرنجبویه پیش تیمار با غلظت‌های ۰/۵ و ۰/۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید باعث افزایش قابل توجه مقاومت این گیاه به تنش خشکی و شوری شده و پیش تیمار با غلظت‌های بالاتر از ۰/۵ میلی‌مولار اثر کاهنده در جوانه‌زنی بذور بادرنجبویه داشت. در کل نتایج این آزمایش مشخص نمود پیش تیمار بذر توسط اسیدسالسیلیک در مناطق مستعد تنش خشکی و شوری می‌تواند باعث متحمل‌تر شدن بذور به شرایط تنشی شده و افزایش جوانه‌زنی بذور را در پی داشت.

**جدول ٤:** میانگین اثرات ساده و متقابل صفات تحت شرایط تنش شوری

| سالیسیلیک اسید (میلی‌مولار) | شوری (مگاپاسکال) | درصد جوانه‌زنی | سرعت جوانه‌زنی | طول ریشه‌چه (سانتی‌متر) | طول ساقه چه (سانتی‌متر) | بنیه بذر |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۰ | - | ۷۰b | ٤/۱ b | ۷/٤ c | ٦/٤ b | ۱۲۷۹ b |
| ۰/۱ | - | ۹۳ a | ٥/۹ a | ۱۲ a | ۸/٦ a | ۲۰۲۰ a |
| ۰/۵ | - | ۹٤ a | ٦ a | ۸ b | ٦/٤b | ۱٤٥٥ b |
| - | ۰ | ۹٦ a | ٦/۳ a | ۱۸ a | ۱۸ a | ۳٥۸۷ a |
| - | -۰/۲ | ۹٥ a | ٦ a | ۱۰ b | ٥ b | ۱٥۱۷ b |
| - | -۰/٤ | ۸۰ b | ٤/۸ b | ۷ c | ۲/۸ c | ۸۹۷ c |
| - | -۰/۸ | ۷۱ c | ۳ c | ۲ d | ۱/٤ d | ۳۳۸ d |
| سالیسیلیک اسید (صفر میلی‌مولار) | ۰ | ۹٦ a | ٦/۳ a | ۱٦ b | ۲۰ a | ۳٥۸۹ b |
| | -۰/۲ | ۹٥ ab | ٦ ab | ۱۰ cde | ۳ d | ۱۲۷٥de |
| | -۰/٤ | ٥٥ d | ۲/۷d | ۲ f | ۱/۸ de | ۲۱٦ fg |
| | -۰/۸ | ۳۳ e | ۱/٤ e | ۱ f | ۰ | ۳۷ g |
| سالیسیلیک اسید (۰/۱ میلی‌مولار) | ۰ | ۹۷ a | ٦/۳ a | ۲۸ a | ۲۲ a | ٤۹٤۰ a |
| | -۰/۲ | ۹٥ ab | ٦ ab | ۱۰ cd | ٦ c | ۱٦۰۸ d |
| | -۰/٤ | ۹۱ bc | ٥/۸ b | ۷/۸ e | ۳/۲ d | ۱۰۲۱ e |
| | -۰/۸ | ۹۱ bc | ٥ c | ۳/۳ f | ۲/۲ d | ٥۱۲ f |
| سالیسیلیک اسید (۰/۵ میلی‌مولار) | ۰ | ۹٥ ab | ٦/۳ a | ۹de | ۱۳ b | ۲۲۳۱ c |
| | -۰/۲ | ۹٦ a | ٦/۳٤a | ۱۰ cd | ٦ c | ۱٦٦۹ d |
| | -۰/٤ | ۹٥ ab | ٦ ab | ۱۱ c | ۳/٥ d | ۱٤٥٥ d |
| | -۰/۸ | | | | | |
| | | ۹۰ c | ٥/۳c | ۳ f | ۲ de | ٤٦٤ f |

در هر ستون اعداد دارای حروف مشابه دارای اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد نمی‌باشند.

**Reference**

**Agrawal, R. 2003.** Seed technology . Pub. Co. PVT. LTD. New Delhi. India.

**Akramian, M., Hosseini, S.H., Kazerunimonfared, A. and Rezvanimoghadam, P. 2007.** Effect of osmotic seed pre-treatment on germination and growth of *Foeniculum vulgare* Mill. Iranian Agri. Res. I. 5:37-46.

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*). J. Res. in Agric. Sci. 1: 13-20.

**Ali, Q., Abdullah, P. and Ibrar, M. 1998**. Effects of some environmental factors on germination and growth of Plantago ovate Forsk. Pak. J. For. 38: 143-155.

**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.

**Berkat, O. and Briske, D.D 1982**. Water potential evaluation three of germination substrates utilizing PEG. Agro. J. 74: 518–522.

**Bezrukova, M., Sakhabutdinova, R., Fatkhutdinova, R.A., Kyldiarova, I., Shakirova, and Sakhabutdinova, F.A.R. 2001.** The role of hormonal changes in protective action of salicylic acid on growth of wheat seedlings under water deficit. Agrochemiya (Russ). 2:51-54

**El-Tayeb, M.A. 2005.** Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant gro. reg. 54:215-225.

**Gupta, A.K., Singh, J., Kaur, N. and Singh, R. 1993.** Effect of polyethylenglycol-induced water stress on uptake interconversion and transport of sugars in chickpea seedlings. Plant Phys. Bioch. 31:743-747.

**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.

**Hassanzadeh, K., Ahmadi, M. and Shaban, M. 2014.** Effect of pre-treatment of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) seeds on seed germination and seedling growth under salt stress. Int. J. Plant, Anim. Environ. Sci. 4(3): 260-265.

**Kafi, M., Nezami, A., Hosseini, H. and Masumi, A. 2005.** Physiological effects of drought stress by PEG on germination of lentil genotypes. Iranian Agro. Res. J. 3:69-79.

**Lynch, J. 1988.** Lauchli. Salinity affects intracellular calcium in corn root protoplasts. Plant Physiol., 87: 351-356.

**Mazaheritirani, M. and Manuchehrikalantari, K.H. 2006.** Study on salicylic acid, drought stress and ethylene on seed germination of rapeseed. Iranian J. Biol. 9:408-418.

**Metwally, A., Finkemeier, I., Georgi, M. and Dietz, K.J. 2003**. Salicylic acid alleviates the cadmium toxicity in barley seedlings. Physiol. Biochem. Plant. 132: 272- 281.

**Michel, B.E., and Kaufmann, M.R., 1973.** The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiol. 51: 914–916.

**Opoku, G., Davies, F.M. Zetrio, E.V. and Camble, E.E. 1996.** Relationship between seed vigor and yield of white beans (*Phaseolos vulgaris* L.). Plant Var. Seed. 9: 119-125.

**Popova, L., Pancheva, T. and Uzunova, A. 1997.** Salicylic acid: Properties, Biosynth. Physiol. Role. 23: 85-93.

**Prasad, M.N.V. 1996.** Plant Eco physiology. John Wiley and Sons, Inc, NewYork, 542: 173-206.

**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 the role of salicylates in promoting germination at low temperatures. Canadian J. Plant Science. 82: 443-450

**Raskin, I. 1992.** Role of salicylic acid in plants. Annu. Rev. Plant Physiology. Plant Mol. Biol. 43: 439-463.

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

**Shakirova, F.M., Sakhabutdinova, R.A., Bezrukova, M.V., Fatkhutdinova, R.A. and Fatkhutdinova, D.R. 2003.** Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. Plant Sci. 164: 317-322

**Shekari, F., Rahimzadekhui, F., Valizadeh, M., Alyari, H. and Shakiba, M.R. 1998.** Effect of salinity on germination of 18 repeseed cultivars. 5th Iranian agronomy and plant breeding congress. Karaj. Pp 21-27.

**Shruti, G., and Singh, P.K. 2009.** Salicylic acid-induced salinity tolerance in corn grown under NaCl stress. Franciszek Górski Institute of Plant Physiology, Polish Academy of Sciences.

**Zeinali, I., Soltani, A. and Galeshi, S. 2002.** Response of rapeseed germination to salt stress. Iranian Agric. Sci. J. 32: 137-141.

**Zhang, Y., Chen, K., Zhang, Sh. and Fergusen, A. 2003.** The role of salicylic acid in postharvest ripening of Kiwifruit. Postharvest Biol. Tech. 28: 67-74.