

## تحقیقات غلات

دوره هفتم / شماره چهارم / زمستان ۱۳۹۶ (۵۷۹-۵۹۰)

# پاسخ جوانه‌زنی، رشد اولیه و فنولوژی جو به پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید تحت شرایط تنش شوری

سیده الهه هاشمی<sup>۱</sup>، یحیی امام<sup>۲\*</sup> و هادی پیراسته انوشه<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۹۵/۱/۱۴

تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۰/۴

### چکیده

در این پژوهش، اثر غلظت و زمان پیش‌تیمار بذر با سالیسیلیک اسید بر جوانه‌زنی و رشد اولیه و اثر روش‌های کاربرد آن تحت شرایط تنش شوری بر فنولوژی گیاه جو رقم ریحان در دو آزمایش جداگانه مورد مطالعه قرار گرفت. برای این منظور، اثر غلظت (در پنج سطح شاهد، ۰/۵، ۰/۷۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار) و زمان (در سه سطح ۶، ۱۲ و ۲۴ ساعت) پیش‌تیمار سالیسیلیک اسید در آزمایش اول و روش‌های متفاوت کاربرد آن (بدون کاربرد، پیش‌تیمار و محلول‌پاشی در مراحل استقرار، برجستگی دوگانه و گلدهی) تحت شرایط متفاوت شوری (بدون تنش و تنش‌های شوری ۶ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) در آزمایش دوم بررسی شد. هر دو آزمایش بر پایه طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز در سال ۱۳۹۳ طراحی و اجرا شد. نتایج آزمایش اول نشان داد که پیش‌تیمار سالیسیلیک اسید با غلظت ۱/۵ میلی‌مولار به مدت ۱۲ ساعت بیشترین تأثیر مطلوب را بر جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه داشت که برای آزمایش بعدی انتخاب شد. نتایج آزمایش دوم نشان داد که تنش شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر موجب کاهش طول دوره‌های کاشت تا آبیستنی، کاشت تا گلدهی و کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک و شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر موجب کاهش طول دوره‌های کاشت تا آبیستنی، کاشت تا گلدهی و کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک شد. پیش‌تیمار سالیسیلیک اسید موجب افزایش طول دوره‌های رشد شد، در حالی که تأخیر در کاربرد سالیسیلیک اسید از تأثیر مثبت آن کاست. محلول‌پاشی در مرحله استقرار، طول دوره کاشت تا آبیستنی، کاشت تا گلدهی و کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک را افزایش داد، اما محلول‌پاشی در مرحله گلدهی تأثیری بر فنولوژی بوته‌های جو نداشت. به‌طور کلی، پیش‌تیمار بذر یا محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید در مراحل اولیه رشد موجب تعدیل تسریع مراحل نمو ناشی از تنش شوری شد و با افزایش شدت تنش شوری، کاربرد زودهنگام سالیسیلیک اسید از اهمیت بیشتری برخوردار بود.

**واژه‌های کلیدی:** آبیستنی، استقرار گیاهچه، رسیدگی، گلدهی، نمو

۱- دانشجوی پیشین کارشناسی ارشد، گروه تولید زراعی و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران (دانشجوی دکتری،

گروه ژنتیک و تولید گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران)

۲- استاد، گروه تولید زراعی و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

۳- استادیار پژوهش، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران

\* نویسنده مسئول: [yaemam@shirazu.ac.ir](mailto:yaemam@shirazu.ac.ir)

## مقدمه

جو (*Hordeum vulgare* L.) پس از گندم، ذرت و برنج، چهارمین غله مهم دنیا است که گیاهی کم توقع و متحمل نسبت به شرایط نامساعد محیطی از جمله تنش شوری است (Emam, 2011). از آنجایی که خاستگاه جو، هلال حاصل خیز است که در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا واقع شده، این گیاه به طور طبیعی با تنش هایی مانند خشکی و شوری مواجه بوده است. تنش شوری پس از خشکی، مهم ترین تنش محیطی محدود کننده رشد و عملکرد گیاهان زراعی مانند جو است. نحوه پاسخ فنولوژیک گیاه به تنش شوری در تحمل به این تنش اهمیت بسیار دارد، زیرا طول دوره سبزمانی بیشتر، تسهیم بیشتر مواد فتوسنتزی و طول دوره مناسب پرشدن دانه برای دستیابی به رشد مناسب در شرایط تنش شوری نقش دارد (Zavareh *et al.*, 2008; Fazel Khakhki *et al.*, 2012).

تنش شوری رشد گیاهان را به دو روش تحت تأثیر قرار می دهد: غلظت های بالای نمک از یک طرف در خاک باعث افزایش پتانسیل آب خاک شده و از طرف دیگر در گیاه ایجاد سمیت می کند (Munns, 2005). بنابراین، لازم است گیاه سازوکاری برای تحمل این شرایط به کار برد. به طور کلی سازوکارهای تحمل به شوری در سه دسته اصلی تحمل اسمزی، دفع سدیم از برگ و تحمل بافت طبقه بندی می گردند (Munns and Tester, 2008). گزارش هایی وجود دارد مبنی بر اینکه سالیسیلیک اسید می تواند در هر سه این سازوکارها نقش مثبتی ایفا کند. سالیسیلیک اسید به سه روش پیش تیمار، محلول پاشی و کاربرد در محیط ریشه استفاده می شود (Ashraf *et al.*, 2010).

بسیاری از پژوهش ها نشان داده اند که کاربرد تنظیم کننده های رشد مانند سالیسیلیک اسید به صورت پیش تیمار بذر باعث افزایش تحمل گیاه در زمان بروز تنش های غیرزنده به ویژه تنش شوری می شود (Shakirova, 2007; Doulatadian *et al.*, 2008). سالیسیلیک اسید به عنوان یک ترکیب آنتی اکسیدانی، هم از هورمون های گیاهی و هم یک تنظیم کننده رشد بیرونی است (Zaki *et al.*, 2011). به علاوه، این تنظیم کننده رشد مولکول واسطه ای مهمی جهت واکنش گیاهان در برابر تنش های محیطی به شمار می آید که به وسیله سلول های ریشه تولید می شود (Hussein *et al.*, 2007) و روی دامنه وسیعی از فرایندهای درونی از جمله جوانه زنی بذر (Shakirova,

2007)، بسته شدن روزنه ها و فتوسنتز (Khodary, 2004) و نیز رشد ریشه و شاخساره (Pirasteh-Anosheh *et al.*, 2014) اثر می گذارد. پیش تیمار بذر می تواند جوانه زنی و رشد اولیه گیاهچه ها را بهبود بخشد و باعث استقرار بهتر گیاهچه ها شود (Hayat and Ahmad, 2007). این امر سبب استفاده بهینه گیاه از نهاده ها شده و در نهایت ممکن است به بهبود کمی و کیفی محصول منجر شود.

نتایج پژوهش شکیروا و همکاران (Shakirova *et al.*, 2003) نشان داد که جوانه زنی و رشد گیاهچه بذری از گندم که در سالیسیلیک اسید خیسانده شده بودند، بیشتر بود. به علاوه، گزارش شده است که تعداد برگ، وزن تر و خشک تک گیاه گیاهچه هایی که بذر آن ها با سالیسیلیک اسید پیش تیمار شده بود، به طور معنی داری افزایش یافت (Hussein *et al.*, 2007). اگرچه گزارش های متعددی پیرامون تأثیر سالیسیلیک اسید بر تحمل گیاهان به تنش شوری و درک سازوکارهای مرتبط وجود دارد، اما نقش سالیسیلیک اسید بر فنولوژی گیاه و تعدیل آثار تنش شوری از این طریق کمتر مورد توجه قرار گرفته است. از این رو، به منظور درک بهتر تأثیر پذیری مراحل فنولوژیک جو تحت تأثیر کاربرد سالیسیلیک اسید این پژوهش انجام شد که هدف از آن، تعیین بهترین غلظت و زمان خیساندن بذرها در محلول سالیسیلیک اسید و بررسی اثر روش های متفاوت کاربرد آن بر طول دوره های رشد گیاه جو تحت شرایط شور و غیرشور بود.

## مواد و روش ها

پژوهش حاضر در قالب دو آزمایش جداگانه تحت شرایط کنترل شده در دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز در سال ۱۳۹۳ طراحی و انجام شد. آزمایش اول، به منظور تعیین غلظت و زمان بهینه پیش تیمار (پرایمینگ) بذرها، جو رقم ریحان با محلول سالیسیلیک اسید و آزمایش دوم به منظور بررسی اثر روش ها و زمان های متفاوت کاربرد سالیسیلیک اسید بر تغییرات فنولوژیک همان رقم جو تحت شرایط غیرشور و شور انجام شد. غلظت و زمان پیش تیمار در آزمایش دوم بر اساس نتایج آزمایش اول انتخاب شد. تیمارهای آزمایش اول شامل غلظت سالیسیلیک اسید در پنج سطح، بدون کاربرد و کاربرد غلظت های ۰/۵، ۰/۷۵، ۱ و ۱/۵ میلی مولار و زمان پیش تیمار در سه سطح ۶، ۱۲ و ۲۴ ساعت بود که در یک طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار اجرا شدند. محلول های سالیسیلیک اسید با چهار غلظت

تیمارهای شوری به‌وسیله آبیاری با آب شور از مرحله سه برگی تا پایان فصل رشد با کاربرد نمک‌های  $\text{NaCl}$  و  $\text{CaCl}_2$  به نسبت ۱:۲ اعمال شد. برای اطمینان از صحت روش اعمال تنش، هدایت الکتریکی زه‌آب گلدان‌ها نیز کنترل شد. مقدار هدایت الکتریکی با استفاده از EC-meter (2052 digital USA) کنترل شد. به‌منظور جلوگیری از وارد آمدن تنش ناگهانی، غلظت‌های شوری به‌صورت پلکانی در سه مرحله اعمال شد.

برای تعیین فنولوژی گیاه، طول دوره رشد گیاه برای هر مرحله بر اساس روز تعیین شد. سپس با استفاده از دمای بیشینه ( $T_{\max}$ ) و کمینه ( $T_{\min}$ ) روزانه و دمای پایه گیاه ( $T_b$ )، درجه روز رشد (GDD) برای هر مرحله محاسبه گردید (Emam and Pirasteh-Anosheh, 2014).

$$GDD = \sum \left( \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} - T_b \right) \quad (1)$$

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد صورت گرفت.

### نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر زمان و غلظت پرایمینگ بر سرعت و درصد جوانه‌زنی معنی‌دار بود (جدول ۱). سرعت جوانه‌زنی در تیمار شاهد بدون تنش به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود. سرعت جوانه‌زنی در تیمار پرایمینگ ۲۴ ساعت با غلظت ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید، کمترین مقدار را داشت و باعث ۶۴ درصد کاهش نسبت به تیمار شاهد شد (شکل ۱-الف). بین تیمارهای سالیسیلیک اسید نیز غلظت ۱/۵ میلی‌مولار و زمان ۱۲ ساعت بهترین تیمار بود. بیشترین درصد جوانه‌زنی نیز از تیمارهای شاهد و ۱۲ ساعت پرایمینگ با غلظت‌های یک و ۱/۵ میلی‌مولار به‌دست آمد (شکل ۱-ب). در غلظت یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید، پیش‌تیمار ۶ و ۲۴ ساعت به‌ترتیب باعث کاهش ۴۰ و ۴۱/۸ درصدی درصد جوانه‌زنی نسبت به شاهد شدند (شکل ۱-ب).

کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی ممکن است به‌دلیل طولانی شدن مدت پیش‌تیمار و در نتیجه آسیب دیدن فرآیندهای آغاز جوانه‌زنی، مانند فعالیت آلفا آمیلاز و تجزیه نشاسته بوده باشد (Hayat et al., 2010). از سوی دیگر، سالیسیلیک اسید به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان غیرآنتی‌میکروبی فعالیت دارد و گزارش‌هایی مبنی بر کاهش درصد جوانه‌زنی در غلظت‌های زیاد آن وجود دارد (Shakirova, 2007; )

۰/۵ تا ۱/۵ به‌وسیله حل‌کردن سالیسیلیک اسید در آب مقطر به همراه اتانول ۹۶ درصد به‌دست آمد. برای انحلال بهتر سالیسیلیک اسید، ظرف حاوی محلول به‌همراه مگنت روی هیتر قرار گرفت (پیرسته انوشه و همکاران، ۱۳۹۳). مقدار محلول برای پرایمینگ بذرها نسبت ۵ به ۱ وزنی محلول به بذر بود (Jafar et al., 2012). پس از قراردادن بذرها در محلول با غلظت و زمان مربوطه، بذرها از محلول بیرون آورده شده، با آب مقطر شسته شدند و پس از خشک شدن رطوبت سطحی، کشت شدند. بذره‌های تیمار شاهد بدون پیش‌تیمار کاشته شدند. کف هر پتری دیش دو لایه کاغذ صافی قرار داده شد و در هر کدام ۲۵ عدد بذر یکنواخت جو کشت شد. رطوبت موردنیاز بذرها با آب مقطر تأمین شد و هر دو روز یک‌بار جهت جلوگیری از تجمع احتمالی نمک، کاغذ صافی‌ها تعویض شد. تعداد بذر جوانه‌زده به‌صورت روزانه به مدت ۱۴ روز پس از کاشت شمارش شد. درصد جوانه‌زنی از نسبت تعداد بذره‌های جوانه‌زده به کل بذره‌های کشت‌شده و سرعت جوانه‌زنی از مجموع نسبت تعداد بذر جوانه‌زده در هر روز به شماره آن روز به‌دست آمد (Emam and Pirasteh-Anosheh, 2014). علاوه بر آن، ساقه‌چه و ریشه‌چه گیاهچه‌های سبز شده جدا و طول و وزن آن‌ها اندازه‌گیری شد.

تیمارهای آزمایش دوم شامل سالیسیلیک اسید در پنج سطح، بدون کاربرد، پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی در مراحل شروع پنجه‌زنی بوته‌ها، برجستگی دوگانه و گلدهی گیاه جو و تیمار تنش شوری در سه سطح شاهد، ۶ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بود. این تیمارها در قالب یک آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار اجرا شدند. کاشت به‌صورت کاشت ده بذر یکنواخت رقم ریحان در گلدان‌های پنج لیتری بود که پس از استقرار به پنج بوته در هر گلدان تنک شد. آبیاری در حد ظرفیت مزرعه (۲۲/۵٪ وزنی) به‌علاوه ۲۵٪ سهم آبیاری صورت گرفت. کاربرد سالیسیلیک اسید در هر دو روش پیش‌تیمار و محلول‌پاشی با غلظت ۱/۵ میلی‌مولار صورت گرفت. مدت زمان پیش‌تیمار برای تیمار مربوطه ۱۲ ساعت بود. عمل محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید نیز در هر مرحله به‌صورت یکنواخت انجام شد و میزان پاشش محلول به‌اندازه‌ای بود که قطرات محلول روی برگ‌های بوته‌ها قابل مشاهده باشد. این کار در اولین ساعات صبح، به‌دوراز تابش مستقیم آفتاب صورت گرفت. برای جلوگیری از نفوذ سالیسیلیک اسید به درون خاک، سطح خاک گلدان‌ها با پلاستیک پوشانده شد.

مهارکنندگی بیوسنتز اتیلن را دارد و این اثر از طریق تأثیر بر آنزیم ACC سنتتاز اعمال می‌شود (Raskin, 1992; Hayat *et al.*, 2010). نتایج این پژوهش، یافته‌های راجاسکران و همکاران (Rajasekaran *et al.*, 2002)، شکیروا (Shakirova, 2007) و دولت‌آبادیان و همکاران (Doulatabadian *et al.*, 2008) در گندم را که نشان دادند کاربرد سالیسیلیک اسید در غلظت‌های بالا موجب کاهش جوانه‌زنی می‌شود، مورد تأیید قرار داد. این کاهش درصد جوانه‌زنی در اثر پیش‌ تیمار سالیسیلیک اسید به شرط افزایش تحمل به تنش شوری از نظر صفات رشدی نگران‌کننده نیست، زیرا گیاه جو در مراحل بعدی رشد خود با قابلیت زیادی که در پنجه‌زنی دارد، می‌تواند آن را جبران کند (Emam, 2011).

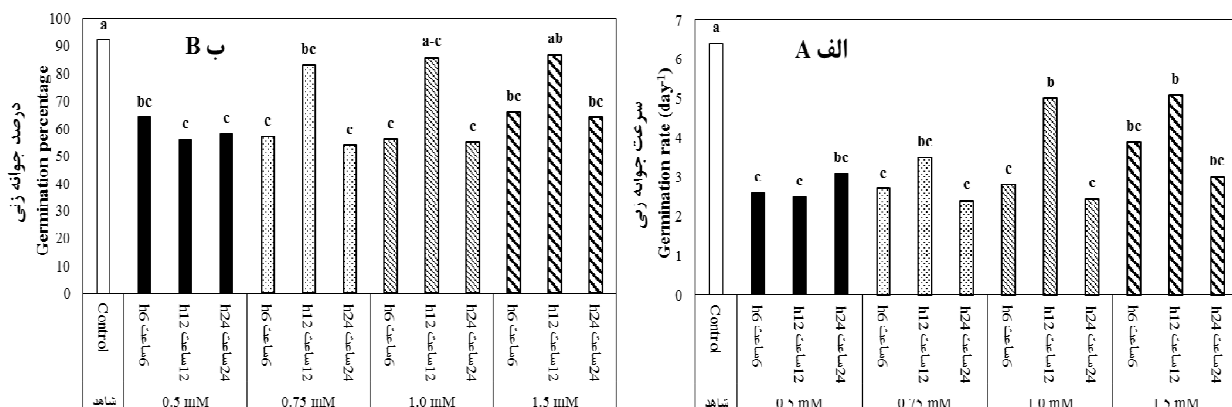
(Ashraf *et al.*, 2010). نتایج پژوهش حاضر با نتایج دولت‌آبادیان و همکاران (Doulatabadian *et al.*, 2008) که گزارش کردند پیش‌ تیمار بذره‌های گندم با محلول یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید به مدت ۲۴ ساعت موجب بازدارندگی جوانه‌زنی می‌شود، در یک راستا بود. نسبت غلظت هورمون‌های جیبرلین و آبسزیک اسید تولید آنزیم آلفا آمیلاز از لایه آلورون بذر غلات را کنترل می‌کند (Emam and Niknejad, 2011). از آنجایی که سالیسیلیک اسید اثری نسبتاً مشابه با اثر آبسزیک اسید دارد و به‌نوعی بازدارنده جیبرلین محسوب می‌شود، بنابراین در بعضی غلظت‌ها ممکن است باعث کاهش جوانه‌زنی شود (Hayat and Ahmad, 2007). البته این کاهش درصد جوانه‌زنی ممکن است ناشی از مهار بیوسنتز اتیلن هم بوده باشد، به‌نحوی که مشاهده شده سالیسیلیک اسید نقش

جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر غلظت و زمان پیش‌ تیمار بذر با سالیسیلیک اسید بر جوانه‌زنی و رشد اولیه جو

Table 1. Analysis of variance for the effect of concentration and time of seed priming by salicylic acid on germination and early growth of barley

منابع تغییرات Source of variations	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square					
		سرعت جوانه‌زنی Germination rate	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	طول ریشه‌چه Radicle length	طول ساقه‌چه Plumule length	وزن ریشه‌چه Radicle weight	وزن ساقه‌چه Plumule weight
پرایمینگ Priming	12	1.251**	206.530**	7.840**	3.004**	0.021*	0.051*
خطای آزمایش Error	39	0.158	29.250	0.981	0.490	0.001	0.001
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		11.487	8.094	11.202	8.323	12.247	12.024

\* و \*\*: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪. \* and \*\*: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

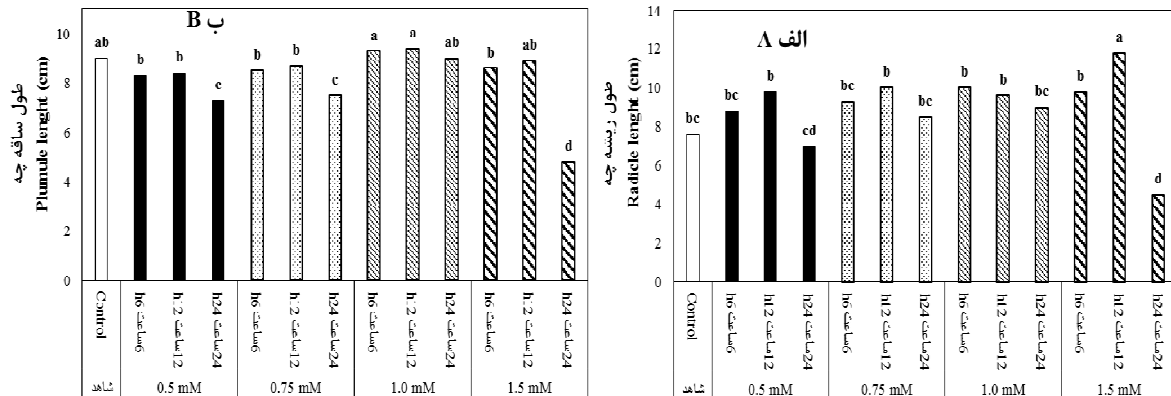


شکل ۱- برهمکنش غلظت و زمان پرایمینگ بذر با سالیسیلیک اسید بر سرعت جوانه‌زنی (الف) و درصد جوانه‌زنی (ب) جو. ستون‌های با حروف مشابه، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۱٪ ندارند.

Figure 1. Interaction of concentration and time of seed priming by salicylic acid on germination rate (A) and germination percentage (B) of barley. Columns with the similar letters are not significantly different by LSD test at 1% probability level.

منفی بر طول ریشه‌چه داشت (شکل ۲-الف). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که فقط در تیمار ۲۴ ساعت با غلظت ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید، طول ساقه‌چه ۴۶/۳ درصد کاهش یافت و تفاوت معنی‌داری بین سایر تیمارها مشاهده نشد. به‌طور کلی، بیش‌ترین طول ساقه‌چه در تیمار ۱۲ ساعت پرایمینگ با غلظت ۱/۵ میلی‌مولار مشاهده شد (شکل ۲-ب)، که تفاوت معنی‌داری با برخی تیمارهای دیگر مانند ۶ ساعت پرایمینگ با غلظت ۱/۵ میلی‌مولار نداشت.

کم‌ترین طول ریشه‌چه در تیمار شاهد و بیش‌ترین آن در تیمار ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید به‌مدت ۲۴ ساعت مشاهده شد. در تیمار ۱/۵ میلی‌مولار، با افزایش زمان پرایمینگ از ۶ به ۱۲ ساعت، طول ریشه‌چه تا ۳۹ درصد افزایش یافت، ولی با افزایش زمان به ۲۴ ساعت، مجدداً کاهش معنی‌داری (۲۹ درصد) در طول ریشه‌چه نسبت به زمان ۱۲ ساعت مشاهده شد. به‌طور کلی در همه غلظت‌ها، افزایش زمان پرایمینگ از ۱۲ ساعت به ۲۴ ساعت، تأثیر

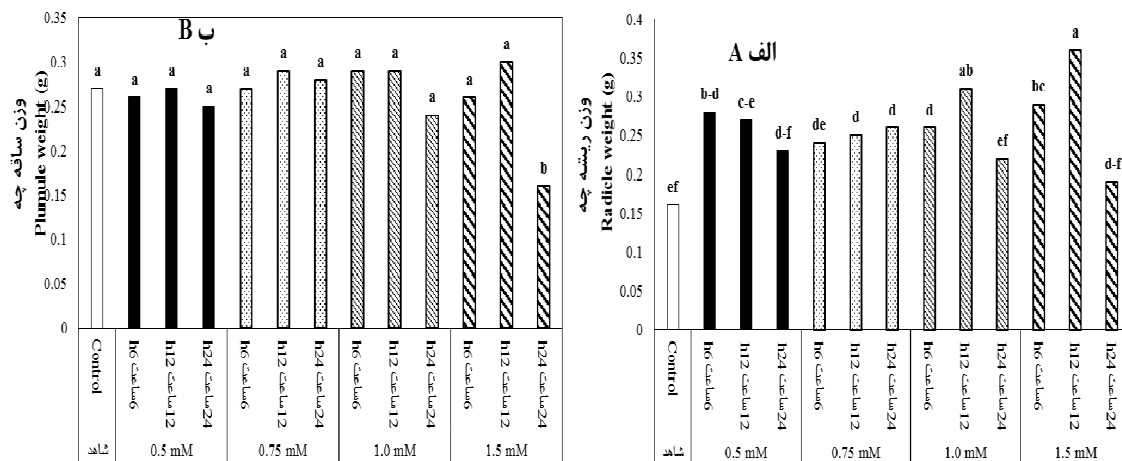


شکل ۲- برهمکنش غلظت و زمان پرایمینگ بذر با سالیسیلیک اسید بر طول ریشه‌چه (الف) و ساقه‌چه (ب) جو. ستون‌های با حروف مشابه، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۱٪ ندارند.

Figure 2. Interaction of concentration and time of seed priming by salicylic acid on radicle (A) and plumule (B) length of barley. Columns with the similar letters are not significantly different by LSD test at 1% probability level.

Doulatabadian *et al.* (2008). دولت‌آبادیان و همکاران (2008) در گندم نشان دادند که غلظت یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید تأثیر منفی بر جوانه‌زنی و رشد اولیه دارد. بیش‌ترین وزن ریشه‌چه (۰/۳۷ گرم) در پیش‌تیمار ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید به‌مدت ۱۲ ساعت مشاهده شد که نسبت به شاهد ۵۴ درصد افزایش داشت. پرایمینگ ۲۴ ساعت در تمام غلظت‌های سالیسیلیک اسید، وزن ریشه‌چه را به‌طور معنی‌داری کاهش داد و کم‌ترین وزن ریشه‌چه در پرایمینگ ۲۴ ساعت با محلول ۱/۵ میلی‌مولار به‌دست آمد (شکل ۳-الف). نتایج مقایسه میانگین‌ها در مورد تأثیر غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید و زمان‌های متفاوت پرایمینگ بر وزن ساقه‌چه نشان داد که وزن ساقه‌چه به‌طور معنی‌داری در پیش‌تیمار ۱/۵ میلی‌مولار به‌مدت ۲۴ ساعت کاهش یافت. بیش‌ترین وزن ساقه‌چه در تیمار پرایمینگ ۱۲ ساعت با محلول ۱/۵ میلی‌مولار مشاهده شد که حدود ۱۱ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داشت (شکل ۳-ب).

تیمار با سالیسیلیک اسید، میزان تقسیم سلولی مریستم رأسی ریشه‌های اولیه را که منجر به افزایش رشد طولی می‌شوند زیاد می‌کند (Hayat *et al.*, 2010). از طرف دیگر، سالیسیلیک اسید از اکسیداسیون اکسین جلوگیری می‌کند (Pirasteh-Anosheh *et al.*, 2016). ممکن است پرایمینگ بذر با بازسازی و ترمیم سلول‌های آسیب‌دیده، کاهش موانع رشد جنین، افزایش کمی و کیفی سنتز پروتئین‌ها، حذف خواب بذر، افزایش تحمل به تنش‌های محیطی هنگام کاشت و افزایش قدرت نمو گیاه (Armin *et al.*, 2010) موجب افزایش رشد ساقه‌چه شده باشد. افزایش رشد ساقه‌چه می‌تواند به اثر سالیسیلیک اسید در توانایی جذب آب طی رشد اولیه نیز مربوط باشد. در پژوهشی (Pirasteh-Anosheh and Emam, 2016) پیش‌تیمار جو با سالیسیلیک اسید جذب آب توسط بذر را افزایش و موجب افزایش وزن گیاه‌چه شد. نشان داده شده است که سالیسیلیک اسید به‌ویژه در غلظت‌های بالا سبب کاهش رشد اولیه گیاه‌چه می‌شود (Rajasekaran *et al.*, 2002; Shakirova, 2007; Doulatabadian *et al.*,



شکل ۳- برهمکنش غلظت و زمان پرایمینگ بذر با سالیسیلیک اسید بر وزن ریشه‌چه (الف) و ساقه‌چه (ب) جو. ستون‌های با حروف مشابه، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۱٪ ندارند.

Figure 3. Interaction of concentration and time of seed priming by salicylic acid on radicle (A) and plumule (B) weight of barley. Columns with the similar letters are not significantly different by LSD test at 1% probability level.

رشد بیشتری تا سبز شدن داشت، مشاهده نشد (جدول ۳). این روند برای درجه روز رشد تا پنجه‌زنی نیز به همین صورت بود (جدول ۴). سایر تیمارها به صورت محلول‌پاشی در مراحل استقرار، برجستگی دوگانه و گلدهی بود و در هنگام اندازه‌گیری درجه روز رشد تا سبز شدن هیچ کدام از تیمارها و در هنگام اندازه‌گیری درجه روز رشد تا پنجه‌زنی تیمارهای محلول‌پاشی در مراحل برجستگی دوگانه و گلدهی هنوز اعمال نشده بودند. شناخت تاثیرپذیری مراحل نمو گیاه در درک چگونگی تاثیر تنش‌های محیطی مانند شوری بر عملکرد دانه موثر است. به‌طور کلی، اعتقاد بر این است که تنش شوری الگوی رشد و نمو در گیاهان را تغییر می‌دهد و تداوم اعمال تنش شوری سبب تغییرات قابل توجه در فنولوژی گیاه می‌شود (Munns *et al.*, 2006). معمولاً خروج کلئوریزای گیاهانی مانند گندم و جو حتی در پتانسیل‌های آب بسیار منفی که گیاه قادر به رشد نیست هم اتفاق می‌افتد و به‌همین دلیل گندم را در مرحله جوانه‌زنی متحمل به شوری می‌دانند (Pirasteh-Ranjbar *et al.*, 2016). Anosheh *et al.*, 2016). در گندم (Ranjbar *et al.*, 2013) و گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum*) (L. Cuartero and Fernandez, 1999) اعمال شوری در زمان کاشت، سبب افزایش طول دوره کاشت تا سبز شدن گیاه شد.

افزایش وزن خشک ساقه‌چه توسط سالیسیلیک اسید می‌تواند به نقش این تنظیم‌کننده در طول شدن و تقسیم سلولی به‌همراه مواد دیگری مانند اکسین (Shakirova *et al.*, 2003) یا افزایش جذب آب در مراحل اولیه جوانه‌زنی (Pirasteh-Anosheh and Emam, 2016) مرتبط باشد. این نتایج با یافته‌های خوداری (Khodary, 2004) که نشان داد سالیسیلیک اسید وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه گیاهچه‌های ذرت را افزایش داد و نیز نتایج کایدن و همکاران (Kaydan *et al.*, 2007) و پیرسته انوشه و امام (Pirasteh-Anosheh and Emam, 2016) که به نتیجه مشابهی در مورد گندم و جو رسیدند، مطابقت داشت.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که روش‌های مختلف کاربرد سالیسیلیک اسید تاثیر معنی‌داری بر همه ویژگی‌های فنولوژیک جو داشت، در حالی که تاثیر تنش شوری و برهمکنش آن بر درجه روز رشد تا آبستنی، گلدهی و رسیدگی معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج داده‌های فنولوژیک نشان داد که تنش در هیچ‌یک از روش‌های کاربرد سالیسیلیک اسید تأثیری بر درجه روز رشد تا سبز شدن و تا شروع پنجه‌زنی نداشت (جدول ۳)، زیرا تیمارهای شوری به‌وسیله آبیاری با آب‌شور از مرحله سه برگی به بعد اعمال شده بود. از سوی دیگر، تفاوت معنی‌داری از نظر درجه روز رشد تا سبز شدن در بین تیمارهای سالیسیلیک اسید، به‌جز کاربرد سالیسیلیک اسید به‌صورت پرایمینگ که درجه روز

جدول ۲- تجزیه واریانس تاثیر روش‌های کاربرد سالیسیلیک اسید بر فنولوژی جو تحت شرایط تنش شوری  
 Table 2. Analysis of variance for the effect of application methods of salicylic acid on phenology of barley under salinity stress conditions

منابع تغییرات Source of variations	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square				
		روز تا سیزشیدن Days to emergence	روز تا پنجه زنی Days to tillering	روز تا آبستنی Days to booting	روز تا گلدهی Days to anthesis	روز تا رسیدگی Days to ripening
سالیسیلیک اسید Salicylic acid (A)	4	136.05*	1165.84*	7328.25**	12365.98**	56390.67**
شوری (S) برهمکنش (AB)	2	23.05 <sup>ns</sup>	105.25 <sup>ns</sup>	5257.29*	15698.67**	38258.62*
خطای آزمایش (Error)	8	30.25 <sup>ns</sup>	201.33 <sup>ns</sup>	8258.22*	20258.45**	60547.39**
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	45	32.25	198.25	985.02	1841.98	9201.67
		8.51	6.42	4.91	4.08	4.37

\* و \*\*: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪. \* and \*\*: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

نتایج نشان داد که سالیسیلیک اسید توانست تأثیر منفی شوری بر درجه روز رشد تا گلدهی را در تیمارهای پرایمینگ سالیسیلیک اسید و محلول‌پاشی در مرحله استقرار (جدول ۶) و نیز بر درجه روز رشد تا رسیدگی فیزیولوژیک را در تیمارهای پرایمینگ سالیسیلیک اسید و محلول‌پاشی در مراحل استقرار و برجستگی دوگانه (جدول ۷) تعدیل کند. به طوری که در تیمارهای پرایمینگ سالیسیلیک اسید و محلول‌پاشی در مرحله استقرار تفاوت معنی‌داری بین درجه روز رشد تا گلدهی بین شرایط بدون تنش و شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده نشد. گزارشی مبنی بر اثر سالیسیلیک اسید بر فنولوژی گیاهان تحت شرایط شوری یافت نشد، با این وجود گزارش شده است که سبزمانی برگ گندم تحت شرایط تنش خشکی در اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید (Pirasteh-Anosheh *et al.*, 2010) افزایش یافت. همچنین در تیمارهای پرایمینگ سالیسیلیک اسید و محلول‌پاشی در مراحل استقرار و برجستگی دوگانه، مقدار درجه روز رشد تا رسیدگی فیزیولوژیک، تفاوت معنی‌داری بین دو شرایط بدون تنش و تنش شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر وجود نداشت. در سایر تیمارهای سالیسیلیک اسید، شوری ۶ دسی‌زیمنس موجب کاهش معنی‌دار درجه روز رشد تا گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک شد (جدول‌های ۶ و ۷).

در تمامی تیمارهای سالیسیلیک اسید، درجه روز رشد تا مرحله آبستنی تحت تأثیر معنی‌دار شوری در سطح ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر قرار گرفت (جدول ۵)، به طوری که بوته‌های رشد کرده در شرایط شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به طور متوسط ۳۰ درجه روز رشد زودتر به این مرحله رسیدند. درجه روز رشد تا مرحله آبستنی نیز تحت تأثیر کاربرد سالیسیلیک اسید به صورت پرایمینگ و محلول‌پاشی در مرحله استقرار قرار گرفت. به طور متوسط، در این دو تیمار بوته‌ها به ترتیب ۶۲ و ۴۵ درجه روز رشد دیرتر به مرحله آبستنی رسیدند و این تفاوت در هر سه تیمار شوری مشاهده شد (جدول ۵). تنش شوری در مراحل پنجه‌دهی و ساقه رفتن باعث تسریع تمایز سنبله اولیه، افزایش سرعت تمایز سنبل‌ها و کاهش طول دوره تمایز آن‌ها می‌شود (Maas and Greive, 1990). بنابراین، نه تنها سن گیاه کاهش می‌یابد، بلکه تعداد سنبل‌های نهایی نیز به شدت کاهش می‌یابد (Ranjbar *et al.*, 2013). گریو و همکاران (Grieve *et al.*, 1994) نشان دادند که شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر ۱۸ روز نمو گندم را تسریع کرد، در حالی که پوستینی (Poustini, 2001) گزارش کرد که شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر تأثیری بر طول مراحل کاشت تا گلدهی نداشت، ولی طول دوره پرشدن دانه را به شدت کاهش داد. راوسون و همکاران (Rawson *et al.*, 1986) نیز طی تحقیقی گزارش کردند که شوری بالاتر از ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر طول دوره رشد جو را کاهش داد.

جدول ۳- تأثیر کاربرد سالیسیلیک اسید بر طول دوره کاشت تا سبز شدن بر حسب درجه روز رشد تحت شرایط تنش شوری  
Table 3. The effect of salicylic acid application on period of planting to emergence as growth degree days under salinity stress conditions

تنش شوری Salt stress	بدون کاربرد No application	پرایمینگ بذر Seed priming	محلول پاشی Foliar application		
			استقرار Establishment	برجستگی دوگانه Double ridges	گلدهی Anthesis
Non-stress	57.8 <sup>b</sup>	79.6 <sup>a</sup>	62.5 <sup>b</sup>	66.8 <sup>b</sup>	62.5 <sup>b</sup>
Salinity (6 ds.m <sup>-1</sup> )	69.0 <sup>ab</sup>	79.6 <sup>a</sup>	66.8 <sup>b</sup>	66.8 <sup>b</sup>	57.8 <sup>b</sup>
Salinity (12 ds.m <sup>-1</sup> )	62.5 <sup>b</sup>	81.7 <sup>a</sup>	66.8 <sup>b</sup>	69.0 <sup>b</sup>	66.8 <sup>b</sup>

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 1% probability level.

جدول ۴- تأثیر کاربرد سالیسیلیک اسید بر طول دوره کاشت تا پنجه‌زنی بر حسب درجه روز رشد تحت تأثیر تنش شوری  
Table 4. The effect of salicylic acid application on period of planting to tillering as growth degree days under salinity stress conditions

تنش شوری Salt stress	بدون کاربرد No application	پرایمینگ بذر Seed priming	محلول پاشی Foliar application		
			استقرار Establishment	برجستگی دوگانه Double ridges	گلدهی Anthesis
Non-stress	204.5 <sup>b</sup>	262.6 <sup>a</sup>	204.5 <sup>b</sup>	204.5 <sup>b</sup>	204.5 <sup>b</sup>
Salinity (6 ds.m <sup>-1</sup> )	212.4 <sup>b</sup>	262.6 <sup>a</sup>	220.3 <sup>b</sup>	204.5 <sup>b</sup>	212.4 <sup>b</sup>
Salinity (12 ds.m <sup>-1</sup> )	204.5 <sup>b</sup>	266.4 <sup>a</sup>	204.5 <sup>b</sup>	216.3 <sup>b</sup>	204.5 <sup>b</sup>

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 1% probability level.

جدول ۵- تأثیر کاربرد سالیسیلیک اسید بر طول دوره کاشت تا آبستنی بر حسب درجه روز رشد تحت شرایط تنش شوری  
Table 5. The effect of salicylic acid application on planting to booting period as growth degree days under salinity stress conditions

تنش شوری Salt stress	بدون کاربرد No application	پرایمینگ بذر Seed priming	محلول پاشی Foliar application		
			استقرار Establishment	برجستگی دوگانه Double ridges	گلدهی Anthesis
Non-stress	636.0 <sup>ef</sup>	687.0 <sup>a</sup>	663.2 <sup>cd</sup>	633.7 <sup>ef</sup>	624.1 <sup>f</sup>
Salinity (6 ds.m <sup>-1</sup> )	625.0 <sup>f</sup>	669.5 <sup>bc</sup>	672.0 <sup>ab</sup>	630.5 <sup>f</sup>	633.7 <sup>ef</sup>
Salinity (12 ds.m <sup>-1</sup> )	591.2 <sup>g</sup>	660.0 <sup>cd</sup>	651.2 <sup>de</sup>	601.0 <sup>g</sup>	594.5 <sup>g</sup>

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 1% probability level.

از این کاهش را جبران کرد. اثر تعدیل‌کنندگی سالیسیلیک اسید در تأثیر منفی شوری بر درجه روز رشد تا گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک در تیمارهای پرایمینگ (به ترتیب ۴۲ و ۱۵۴ درجه روز رشد) و محلول پاشی در مراحل استقرار (به ترتیب ۲۹ و ۱۰۰ درجه روز رشد) و برجستگی دوگانه (به ترتیب ۵۰ و ۱۰۴ درجه روز رشد) معنی‌دار بود. کوتاه‌تر شدن طول دوره رویشی یکی از پاسخ‌های اولیه گیاهان به تنش شوری است که سبب اجتناب از تنش می‌شود.

شوری، دوره پرشدن دانه را کوتاه‌تر کرده و باعث تسریع در رسیدگی دانه‌ها می‌شود (Emam and Niknejad, 2011). در گندم نیز شوری با تأثیر بر نمو برگ‌ها، موجب کوتاه‌تر شدن پلاستوکرون و فیلوکرون گندم شد و از این طریق طول دوره رسیدن گندم را کاهش داد (Saqib *et al.*, 2012). شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر در همه تیمارهای سالیسیلیک اسید درجه روز رشد تا گلدهی (جدول ۶) و رسیدگی فیزیولوژیک (جدول ۷) را به‌طور معنی‌داری کاهش داد، اما کاربرد سالیسیلیک اسید بخشی



جدول ۶- تأثیر کاربرد سالیسیلیک اسید بر طول دوره کاشت تا گلدهی بر حسب درجه روز رشد تحت شرایط تنش شوری  
Table 6. The effect of salicylic acid application on planting to anthesis period as growth degree days under salinity stress conditions

تنش شوری Salt stress	بدون کاربرد No application	پرایمینگ بذر Seed priming	Foliar application		محلول پاشی گلدھی Anthesis
			استقرار Establishment	برجستگی دوگانه Double ridges	
Non-stress	1045.2 <sup>ef</sup>	1124.5 <sup>a</sup>	1088.4 <sup>bc</sup>	1039.2 <sup>b</sup>	1027.0 <sup>de</sup>
Salinity (6 ds.m <sup>-1</sup> )	1027 <sup>g</sup>	1127.5 <sup>a</sup>	1100.7 <sup>c</sup>	1036.1 <sup>ef</sup>	1039.2 <sup>g</sup>
Salinity (12 ds.m <sup>-1</sup> )	976.0 <sup>h</sup>	1082.2 <sup>cd</sup>	1069.6 <sup>fg</sup>	989.0 <sup>ef</sup>	979.2 <sup>h</sup>

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 1% probability level.

دوره گلدهی بوته‌های جو سبب ایجاد اختلاف در مرحله زایشی بین آن‌ها شد و در نتیجه عملکرد آن‌ها را تحت تأثیر قرار داد. در واقع، افزایش سدیم قابل جذب از طریق کانال تعرق که همراه با افزایش دما است، سبب تسریع در پیری برگ‌ها شده و در نتیجه طول دوره‌های رشدی گیاه کوتاه می‌شود (Pirasteh-Anosheh *et al.*, 2016).

در مورد برنج، اسلام و همکاران (Aslam *et al.*, 1993) گزارش کردند که تنش شوری به مدت ده روز سبب کاهش طول دوره رویشی و زایشی بوته‌های برنج شد و در این رابطه تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های برنج مورد مطالعه وجود داشت. مانس و همکاران (Munns *et al.*, 2006) در جو نیز نشان دادند که شوری با کاهش طول

جدول ۷- تأثیر سالیسیلیک اسید بر طول دوره کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک بر حسب درجه روز رشد تحت شرایط تنش شوری  
Table 7. The effect of salicylic acid application on planting to physiological ripening period as growth degree days under salt stress conditions

تنش شوری Salt stress	بدون کاربرد No application	پرایمینگ بذر Seed priming	Foliar application		محلول پاشی گلدھی Anthesis
			استقرار Establishment	برجستگی دوگانه Double ridges	
Non-stress	2187.8 <sup>f</sup>	2392.0 <sup>a</sup>	2304.5 <sup>bc</sup>	2292.0 <sup>b-d</sup>	2187.8 <sup>ef</sup>
Salinity (6 ds.m <sup>-1</sup> )	2067.0 <sup>g</sup>	2354.5 <sup>ab</sup>	2287.7 <sup>b-d</sup>	2254.5 <sup>c-e</sup>	2062.8 <sup>g</sup>
Salinity (12 ds.m <sup>-1</sup> )	1964.9 <sup>h</sup>	2237.8 <sup>d-f</sup>	2204.5 <sup>ef</sup>	2187.8 <sup>f</sup>	1969.0 <sup>h</sup>

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 1% probability level.

تنش شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، طول دوره‌های نمودی گیاه از آبستنی به بعد را کاهش داد. تحت هر دو شرایط شور و غیرشور، پیش‌تیمار سالیسیلیک اسید با افزایش طول دوره‌های نمودی در تمام مراحل زندگی جو تأثیر بیشتری نسبت به سایر روش‌های کاربرد سالیسیلیک اسید داشت. این موضوع ممکن است منجر به عملکرد دانه بیش‌تر در هر دو شرایط شور و غیرشور شود. کاربرد سالیسیلیک اسید به صورت پیش‌تیمار یا محلول پاشی در مراحل اولیه، کاهش طول دوره رشد در اثر تنش شوری را جبران کرد و منجر به تحمل بیشتر گیاه به تنش شوری شد.

### نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که ۱۲ ساعت پیش‌تیمار بذر با محلول ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید منجر به حصول بیشترین رشد اولیه گیاهچه شد. اگرچه سالیسیلیک اسید درصد جوانه‌زنی را افزایش نداد، اما منجر به ایجاد گیاهچه‌هایی قوی‌تر با طول ریشه‌چه بلندتر شد. به‌طور کلی، تنش شوری با کاهش طول دوره نمو گیاه جو همراه بود. تنش شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر، باعث کاهش طول دوره‌های نمودی گیاه از گلدهی به بعد شد، در حالی که

## References

- Armin, M., Asgharipour, M. and Razavi-Omrani, M. 2010. The Effect of seed priming on germination and seedling growth of watermelon (*Citrullus Lanatus* L.). **Advances in Environmental Biology** 4: 501-505.
- Ashraf, M., Akram, N. A., Artica, R. N. and Foolad, M. R. 2010. The physiological, biochemical and molecular roles of brassinosteroids and salicylic acid in plant processes and salt tolerance. **Critical Review in Plant Science** 29: 162-190.
- Aslam, M., Qureshi, R. H. and Ahmad, N. 1993. A rapid screening technique for salt tolerance in rice (*Oryza sativa* L.). **Plant and Soil** 150: 99-107.
- Cuartero, J. and Fernandez, R. 1999. Tomato and salinity. **Scientia Horticulturae** 78: 83-125.
- Doulatabadian, A., Modarres Sanavy S. A. M. and Etemadi F. 2008. Effect of pretreatment of salicylic acid on wheat (*Triticum aestivum* L.) seed germination under salt stress. **Iranian Journal of Biology** 21: 692-702. (In Persian with English Abstract).
- Emam, Y. 2011. Cereal production. Shiraz University Press, Shiraz, Iran. (In Persian).
- Emam, Y. and Niknejad, M. 2011. An introduction to the physiology of crop yield. Shiraz University Press, Shiraz, Iran. (In Persian).
- Emam, Y. and Pirasteh-Anosheh, H. 2014. Field and laboratory techniques in crop sciences. Jihad-e-Daneshgahi of Mashhad Publication, Mashhad, Iran. (In Persian).
- Fazeli Kakhki, F., Nezami, A., Parsa, M. and Kafi, M. 2012. Screening of sesame ecotypes (*Sesamum indicum* L.) for salinity tolerance under field conditions. I: Phenological and morphological characteristics. **Agroecology** 4: 20-32. (In Persian with English Abstract).
- Grieve, C. M., Francois, L. E. and Maas, E. V. 1994. Salinity affects the timing of phasic development in spring wheat. **Crop Science** 34 (6): 1544-1549.
- Hayat, S. and Ahmad, A. 2007. Salicylic acid: A plant hormone. Springer. Dordrecht, The Netherlands.
- Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M. and Ahmad, A. 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. **Environmental and Experimental Botany** 68: 14-25.
- Hussein, M. M., Balbaa, L. K. and Gaballah, M. S. 2007. Salicylic acid and salinity effects on growth of maize plants. **Research Journal of Agriculture and Biological Science** 3: 321-328.
- Kaydan, D. and Yagmur, M. 2006. Effects of different salicylic acid doses and treatments on wheat (*Triticum aestivum* L.) and lentil (*Lens culinaris* Medik.) yield and yield components. **Journal of Ankara University** 12: 285-293.
- Khodary, S. E. A. 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt-stressed maize plants. **International Journal of Agriculture and Biology** 6: 5-8.
- Maas, E. V. and Greive, C. M. 1990. Spike and leaf development in salt-stressed wheat. **Crop Science** 30 (6): 1309-1313.
- Munns, R. 2005. Genes and salt tolerance: Bringing them together. **New Phytologist** 167: 645-663.
- Munns, R. and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology** 59: 651-681.
- Munns, R., James, K. A. and Lauchli, A. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. **Journal of Experimental Botany** 57: 1025-1043.
- Pirasteh-Anosheh, H. and Emam, Y. 2010. Effect of plant growth regulators on total protein, proline content and antioxidant enzymes in two wheat cultivars under drought stress conditions. Proceeding of the National Proteomics Congress. October 28-29, 2010, Shiraz University, Shiraz, Iran. (In Persian).
- Pirasteh-Anosheh, H. and Emam, Y. 2016. Induced salinity tolerance and altered ion storage factor in barley (*Hordeum vulgare*) upon salicylic-acid priming. **Iran Agricultural Research** 36: 41-48.
- Pirasteh-Anosheh, H., Ranjbar, G., Emam, Y. and Ashraf, M. 2014. Salicylic-acid-induced recovery ability in salt-stressed *Hordeum vulgare* plants. **Turkish Journal of Botany** 37: 112-121.
- Pirasteh-Anosheh, H., Ranjbar, G., Pakniyat, H. and Emam, Y. 2016. Physiological mechanisms of salt stress tolerance in plants: An overview. In: Azooz, M. M. and Ahmad, P. (Eds.). Plant-environment interaction: Responses and approaches to mitigate stress. John Wiley & Sons, Inc. London, UK. pp: 141-160.
- Poustini, K. 2002. An evaluation of 30 wheat cultivars regarding the response to salinity stress. **Iranian Journal of Agriculture Science** 33: 57-64. (In Persian with English Abstract).

- Rajasekaran, L. R., Stiles, A., Surette, M. A., Sturz, A. V., Blake, T. J., Caldwell, A. and Nowak, J. 2002.** Effects of various temperature regimes on germination and the role of salicylates in promoting germination at low temperatures. **Canadian Journal of Plant Science** 82: 443-450.
- Ranjbar, G., Pirasteh-Anosheh, H., Emam, Y. and Hoseinzadeh, H. 2013.** Effect of salt stress on different stages of wheat cv. Roshan growth. **Crop Production in Environmental Stresses** 5: 23-31. (In Persian with English Abstract).
- Raskin, I. 1992.** Role of salicylic acid in plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology** 43: 439-463.
- Rawson, H. M. 1986.** Gas exchange and growth in wheat and barley grown in salt. **Australian Journal of Plant Physiology** 13: 475-489.
- Shakirova, F. M. 2007.** Role of hormonal system in the manifestation of growth promoting and anti-stress action of salicylic acid. In: Hayat, S. and Ahmad, A. (Eds.). *Salicylic acid: A plant hormone*. Springer. Dordrecht, The Netherlands. pp: 69-89.
- Shakirova, F. M., Shakhabutdiova, A. R., Bezrukova, M. V., Fathutdinova, R. A. and Fathutdinova, D. R. 2003.** Changes in hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. **Plant Science** 164: 317-322.
- Zaki, R. N. and Radwan, T. E. 2011.** Improving wheat grain yield and its quality under salinity conditions at a newly reclaimed soil by using different organic sources as soil or foliar applications. **Journal of Applied Science and Research** 7: 42-55.
- Zavareh, M., Hoogenboom, G., Rahimian Mashhadi, H. and Arab, A. 2008.** A decimal code to describe the growth stages of sesame (*Sesamum orientale* L.). **International Journal of Plant Production** 2 (3): 193-206.



University of Guilan  
Faculty of Agricultural  
Sciences

**Cereal Research**  
Vol. 7, No. 4, Winter 2018 (579-590)

## **Responses of germination, early growth and phenology of barley to salicylic acid under salinity stress conditions**

**Seyedeh Elahe Hashemi<sup>1</sup>, Yahya Emam<sup>2\*</sup> and Hadi Pirasteh-Anosheh<sup>3</sup>**

Received: April 2, 2016

Accepted: December 24, 2016

### **Abstract**

In this research, the effect of concentration and time of seed priming with salicylic acid on germination and early growth and its application methods under salinity stress conditions on phenology characteristics of barley, variety Reyhan, was studied in two separate experiments. The effect of concentration (in five levels, control, 0.5, 0.75, 1.0 and 1.5 mM) and time (in three levels, 6, 12 and 24 h) of seed priming by salicylic acid (SA) in the first experiment and different application methods of SA (no application, priming and spraying at the stages of establishment, double ridges and anthesis) under different salinity conditions (no stress and salinity of 6 and 12 dS.m<sup>-1</sup>) in the second experiment was evaluated. Both experiments were conducted as completely randomized design with four replications at College of Agriculture, Shiraz University, Iran, in 2014. The results of the first experiment showed that SA-priming with 1.5 mM for 12 h had the highest positive effect on germination and early growth, which was selected for the second experiment. The results of the second experiment showed that salinity stress of 6 dS.m<sup>-1</sup> reduced the planting to anthesis period as well as planting to physiological ripening and 12 dS.m<sup>-1</sup> salinity stress also reduced the planting to booting, planting to anthesis and planting to physiological ripening periods. Seed priming with SA prolonged the growth periods, whereas the delay in SA application decreased its positive effect. Foliar application at establishment increased planting to booting, planting to anthesis as well as planting to physiological ripening periods, however foliar application at anthesis had no significant effect on phenology of barley plants. In total, seed priming or foliar application at establishment at early growth stages ameliorated the acceleration of the developmental stages due to salinity stress and early application of SA was found to be more important with increasing salinity stress.

**Keywords:** Anthesis, Booting, Development, Ripening, Seedling establishment

---

1. Former M. Sc. Student, Dept. of Crop Production and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran (current address: Ph. D. Student, Dept. of Genetic and Plant Production, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran)

2. Prof., Dept. of Crop Production and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

3. Research Assist. Prof., National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran

\* Corresponding author: [yaemam@shirazu.ac.ir](mailto:yaemam@shirazu.ac.ir)