اثر پیش تیمار بذر با سالیسیلیک اسید بر شاخص‌های جوانه‌زنی گیاهچه‌های کلزا (*Brassica napus*) در شرایط تنش شوری

فرشاد سرخی*[۱]، مجتبی فاتح[۲]

[۱]استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد میاندوآب، میاندوآب، ایران

[۲]استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد میاندوآب، میاندوآب، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۲/۱۵

چکیده

در تحقیق حاضر برای تعیین اثر پیش تیمار بذر کلزا (*Brassica napus*) توسط سالیسیلیک اسید جهت بهبود ویژگی‌های جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه‌ها تحت تنش شوری، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام گرفت. تیمارهای آزمایش شامل سالیسیلیک اسید در چهار سطح صفر، ۰/۲، ۰/۶ و ۱ میلی‌مولار و تنش شوری در چهار سطح صفر (شاهد)، ۱۰۰، ۱۵۰و ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم بود. نتایج نشان‌دهنده کاهش درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و وزن خشک گیاهچه در اثر تنش شوری بود. در مقابل سالیسیلیک اسید صفات مورد مطالعه را در شرایط تنش شوری و غیر تنش شوری افزایش داد. در غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار تنش شوری به‌ترتیب در غلظت‌های صفر و ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید درصد جوانه زنی ۳۸/۰۳ و ۷۰/۵۵ درصد، سرعت جوانه‌زنی ۰/۶۳ و ۳/۰۹، طول ریشه چه ۲۱/۱۱ و ۴۸/۴۷ میلی‌متر، طول ساقه‌چه ۴/۱۲ و ۳۹/۶۱ میلی‌متر و نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه ۱/۲۴ و ۱/۹۳ به‌دست آمد. طبق نتایج پیش تیمار بذر توسط سالیسیلیک اسید در مناطق مستعد تنش شوری می‌تواند باعث افزایش مقاومت بذر کلزا در مرحله جوانه‌زنی شود.

واژه‌های کلیدی: سالیسیلیک اسید، پرایمینگ، جوانه‌زنی، شوری، کلزا

*نویسنده مسئول: farsorkh@gmail.com

مقدمه

دانه‌های روغنی از مهمترین محصولا ت کشاورزی در سطح جهان هستند. کلزا با نام علمی *Brassica napus* گیاهی نیمه حساس به شوری بوده و به عنوان یکی از مهمترین گیاهان روغنی مورد توجه قرار گرفته است (Enferad et al., 2004; Ulfat et al., 2007). خاک‌های شور و شوری آب آبیاری از مهمترین عوامل تنش‌زای محیطی در تولید کلزا می‌باشند (Buttar et al., 2006). جوانه‌زنی در کلزا بحرانی‌ترین مرحله از رشد گیاه است که در معرض شوری قرار می‌گیرد و با افزایش تنش شوری درصد سبز شدن بوته‌ها شدیداً کاهش نشان می‌دهد (Bybordi, 2011; Benincasa *et al*., 2013).

جوانه‌زنی از مراحل مهم و اساسی در زندگی اکثر گیاهان می‌باشد و تحمل به شوری برای استقرار جوانه‌زنی و سبز شدن گیاهانی که در خاک‌های شور رشد می‌کنند اهمیت فوق العاده‌ای دارد (Nasri *et al*., 2011). جوانه‌زنی مطلوب و در پی آن استقرار مناسب محصول و حصول سبز یکنواخت در مزرعه می‌تواند راه را برای تولید محصولی قابل قبول از نظر کمی و کیفی هموار سازد و در صورت تحقق چنین شرایطی گیاه جوان و تازه استقرار یافته به ویژه در ابتدای فصل رویش از نهاده‌های محیطی حداکثر استفاده را کرده و خود را برای طی مراحل آتی زیستی آماده می‌کند (Lemrasky and Hosseini, 2012). جوانه زنی مطلوب و سریع غالبا توأم با گسترش سیستم ریشه‌ای در زمان کوتاه‌تری می‌باشد که این امر به نوبه خود منجر به استقرار بهتر محصول و بهره‌برداری بیشتر از نهاده‌های محیطی می‌گردد (Giri and Schillinger, 2003).

شوری یکی از عوامل محدود کننده جوانه زنی بذر می باشد که ممکن است به دو طریق باعث کاهش جوانه زدن بذر شود. اول از طریق ایجاد پتانسیل اسمزی تا اندازه‌ای که مانع جذب آب توسط بذر شود و دوم از طریق اثر سمی یون‌های سدیم و کلر بر بذر (Gholamin and Khayatnezhad, 2010). تنش شوری منجر به تاثیر تغییرات پتانسیل اسمزی روی محدوده وسیعی از فعالیت‌های متابولیکی گیاهان می‌گردد و با تشکیل رادیکال‌های فعال اکسیژن از قبیل سوپراکسیدها و رادیکال‌های پراکسید هیدروژن منجر به تنش اکسیداتیو می‌شود. اکسیژن‌های واکنش پذیر محصول تنش یونی و اسمزی شدید هستند که باعث بهم ریختن ساختار غشا و مرگ سلول می‌شوند (Yildirim *et al*., 2011).

به دلیل افزایش مشکلات ناشی از شوری، نیاز به توسعه محصولاتی با تحمل بیشتر نسبت به شوری به طور بسیار جدی افزایش یافته است (Yazici *et al*., 2007). یکی از تکنیک‌های جدید در این راستا، استفاده از پیش تیمارهای بذری است که در حالت کلی تحت عنوان پرایمینگ بذر نامیده می‌شوند (Farooq *et al*., 2006). پرایمینگ روشی است که به واسطه آن بذرها پیش از قرار گرفتن در بستر خود و مواجه شدن با شرایط اکولوژیکی محیط به لحاظ فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی آمادگی جوانه زنی را بدست می‌آورند. این امر می‌تواند سبب بروز تظاهرات زیستی و فیزیولوژیکی متعددی در بذر پرایم شده و گیاه حاصل از آن گردد به‌طوری‌که این موارد را می‌توان در چگونگی جوانه‌زنی، استقرار اولیه گیاه، بهره‌برداری از نهاده‌های محیطی، زودرسی و افزایش کمی و کیفی محصول مشاهده کرد (Lemrasky, 2012 Hosseini and).

سالیسیلیک اسید یا اورتو هیدروکسی بنزوئیک اسید به گروهی از ترکیبات فنلی تعلق دارد که به عنوان یک مولکول مهم برای تعدیل پاسخ‌های گیاه به تنش‌های محیطی شناخته شده است (Hanan, 2007). سالیسیلیک اسید در جوانه‌زنی، نفوذپذیری غشاء، تنفس میتوکندری، بسته شدن روزنه‌ها، انتقال مواد، فتوسنتز، سرعت رشد و جذب یون‌ها تأثیر گذار است (Shinwari *et al*., 2015). بذرهای پرایم شده سورگوم با سالیسیلیک اسید سرعت جوانه زنی بیشتری نسبت به

شاهد داشتند و جوانه زنی بذرهای پیش تیمار شده نسبت به بذرهای شاهد زودتر آغاز شده در نتیجه این بذرها سریعتر از خاک خارج شده و زودتر استقرار یافته‌اند (El Naim *et al*., 2012).

Parida and Das (2005) گزارش کردند که در گیاه کلزا، سالیسیلیک اسید وزن تر و خشک برگ و وزن خشک کل را افزایش داد. آنها همچنین اعلام کردند سطح برگ‌های لپه ای و حقیقی کلزا براثر پیش تیمار با سالیسیلیک اسید در شرایط نرمال و تنش شوری به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. Gautam and Singh (2009) نشان دادند که سالسیلیک اسید به مقدار زیادی اثرات منفی تنش شوری ناشی از افزایش تولید اکسیژن‌های فعال در طی جوانه‌زنی در ذرت را کاهش داد. گزارش شده است که سالیسیلیک اسید در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار بطور موثری لوبیا را در مقابل تنش شوری محافظت کرده و موجب افزایش رشد و عملکرد گیاه در این شرایط گردید (Azooz, 2009). همچنین سالسیلیک اسید در غلظت ۱/۵ میلی مولار در افزایش درصد جوانه زنی گوجه فرنگی مؤثر بود (Szepesi *et al*., 2005).

با توجه به اهمیت و نقش گیاهان روغنی نظیر کلزا و همچنین فراوانی خاک شور در کشور، لازم است با اعمال کارهایی روی بذر این گیاهان، مدیریت صحیحی را در تولید و پرورش این گونه‌های ارزشمند و افزایش عملکرد آن‌ها بکار گیریم. هدف از این پژوهش استفاده از تکنولوژی آماده سازی بذر کلزا از طریق تعیین بهترین میزان پرایمینگ بذرها با سالیسیلیک اسید در سطوح مختلف شوری جهت ارتقاء شاخص‌های جوانه زنی و رشد اولیه گیاهچه‌ها است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به منظور بررسی تأثیر پیش تیمار سالیسیلیک اسید بر جوانه‌زنی و رشد اولیه بذرهای کلزا در شرایط تنش شوری در دانشگاه آزاد اسلامی میاندوآب در سال ۱۳۹۶ انجام شد. قبل از اجرای آزمایش ابتدا بذرها به وسیله محلول ۱۰ درصد هیپو کلریت سدیم ضدعفونی و سپس چندین بار با استفاده از آب مقطر شستشو داده شدند. این عمل برای جلوگیری از حمله قارچ‌ها صورت گرفت. سپس بذرها به مدت ۱۰ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد با سالیسیلیک اسید صفر، ۰/۲، ۰/۶ و ۱ میلی‌مولار پیش تیمار شدند. پس از پایان دوره خیساندن، تمامی بذرها با آب مقطر شسته شدند و پس از خشک شدن درون ظروف پتری با قطر ۹ سانتی‌متری بر روی کاغذ صافی واتمن شماره یک جهت قرار گیری در شرایط تنش با محلول کلرید سدیم قرار گرفتند. قبل از قرار دادن بذرها، ابتدا ظروف پتری مورد نیاز استریل شدند. آزمون جوانه‌زنی در آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار (۳۰ عدد بذر در هر تکرار) در محلول‌های کلرید سدیم شامل صفر (شاهد)، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار در ژرمیناتور و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد انجام شد. طی یک دوره چهارده روزه هر روز بذرهای جوانه‌زده که طول ریشه‌چه آنها بیشتر از دو میلی‌متر بود شمارش گردید (Gautam and Singh, 2009; El Naim *et al*., 2012). به‌منظور تعیین وزن خشک گیاهچه، نمونه‌ها به‌مدت ۳ روز در دمای ۷۰ درجه درون آون قرار داده شدند. درصد جوانه‌زنی از طریق فرمول زیر محاسبه شد (Lemrasky and Hosseini, 2012):

$$\text{درصد جوانه زنی} = \frac{\text{تعداد بذرهای جوانه زده تا روز آخر}}{\text{تعداد کل بذرها}} \times 100$$

به‌منظور اندازه گیری سرعت جوانه‌زنی از فرمول زیر استفاده شد که در آن GR: سرعت جوانه‌زنی، S_i: تعداد بذرهای جوانه‌زده در هر شمارش و D_i: تعداد روز تا شمارش n ام و n: دفعات شمارش بود (Yildirim *et al*., 2011).

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

جهت تجزیه و تحلیل تیمارها از نرم‌افزار MSTATC، برای رسم نمودارها از نرم‌افزار EXCEL و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن (۵ درصد) استفاده شد (Moghaddam and Valizadeh, 2014).

نتایج و بحث

اثرات ساده و متقابل فاکتورها بر روی صفات درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه معنی دار بود ولی اثر متقابل سالیسیلیک‌اسید و تنش شوری بر وزن خشک گیاهچه معنی‌دار نگردید (جدول ۱).

جدول ۱: تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی در کلزا.

منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	وزن خشک گیاهچه	ساقه چه/ ریشه چه
تنش شوری	۳	۱۱۹/۱۳*	۱۵/۹۶**	۱۱۱/۸۲**	۲۰۷/۶۲**	۹/۸۸*	۳/۳۱*
سالیسیلیک اسید	۳	۱۵۹/۷۷*	۲۰/۷۷**	۵۲/۸۶*	۶۱/۳۰*	۳۵/۷۷**	۴/۲۶*
تنش شوری در سالیسیلیک اسید	۹	۸۹/۸۱*	۳۷/۶۱**	۷۱/۱۶*	۸۸/۰۴**	۵/۲۵ ns	۲/۲۹*
خطا	۴۸	۳۹/۴۵	۲/۳۴	۱۷/۶۸	۲۱/۸۷	۳/۲۱	۱/۰۳
ضریب تغییرات (٪)		۹/۱۱	۱۲/۱۰	۸/۳۹	۱۰/۵۹	۶/۴۹	۵/۳۸

ns، * و ** به‌ترتیب به مفهوم غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد است.

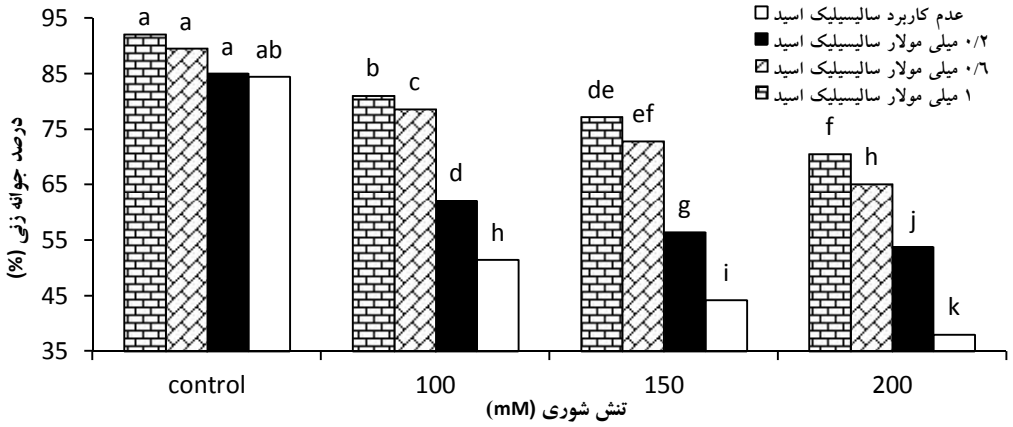
درصد و سرعت جوانه‌زنی

سالیسیلیک اسید درصد جوانه‌زنی را تحت هر دو شرایط تنش و غیر تنش شوری بطور معنی‌داری افزایش داد. در تمام سطوح شوری، بیشترین افزایش درصد جوانه‌زنی با کاربرد غلظت ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید به‌دست آمد (شکل ۱- الف).

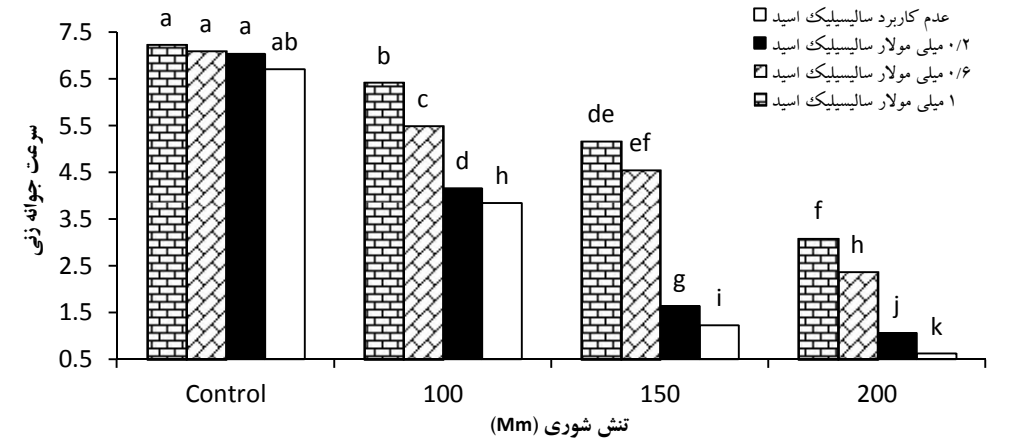
Munns and Tester (2008) گزارش کردند که شوری باعث کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی و همچنین کاهش رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه می گردد. کاهش درصد سبز شدن بذرها همراه با افزایش غلظت نمک مشابه نتایج حاصل از آزمایش بر روی فلفل (Khan *et al*., 2009) می‌باشد. بر اساس نظر Kaydan and Yagmur (2008) کاهش جوانه‌زنی و در نتیجه سبز شدن بذرها در اثر افزایش سطوح شوری ممکن است به دلیل کاهش شیب پتانسیل آب بین بذرها و محیط اطراف باشد که در نتیجه سبب اختلال در سنتز آنزیم‌های لازم برای جوانه‌زنی می‌شود. کاهش درصد جوانه‌زنی در گیاهان علاوه بر اثر اسمزی که باعث کاهش جذب در اثر سمیت ویژه یون‌ها می‌گردد، ممکن است به دلیل اختلال در جذب عناصر غذائی نیز باشد (Gautam and Singh, 2009). El-Tayeb (2005) گزارش کرد که پیش تیمار بذر جو با سالیسیلیک اسید باعث افزایش درصد جوانه‌زنی آن شد. گزارش کردند که استفاده از سالیسیلیک اسید تا سطح ۱ میلی‌مولار باعث افزایش درصد جوانه‌زنی شد ولی مقادیر بیش از آن اثر کاهنده بر درصد جوانه‌زنی گیاه گندم داشت (Shakirova *et al*., 2003).

تنش شوری باعث کاهش سرعت جوانه‌زنی بذرهای کلزا شد بطوریکه که اختلاف بین تیمار شاهد (عدم تنش شوری) و غلظت‌های مختلف شوری معنی‌دار بود (شکل۱- ب). در مقابل سطوح مختلف سالیسیلیک اسید سرعت

جوانه‌زنی بذرها را افزایش دادند. البته مشاهده شد در تیمار عدم تنش شوری این افزایش غیرمعنی‌دار است. در سطوح مختلف شوری، بالاترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به غلظت ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید بود (شکل۱- ب).



(الف)



(ب)

شکل ۱: اثر متقابل تنش شوری و سالیسیلیک اسید بر (الف) درصد جوانه‌زنی و (ب) سرعت جوانه‌زنی در کلزا. میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ آزمون دانکن اختلاف معنی داری ندارند.

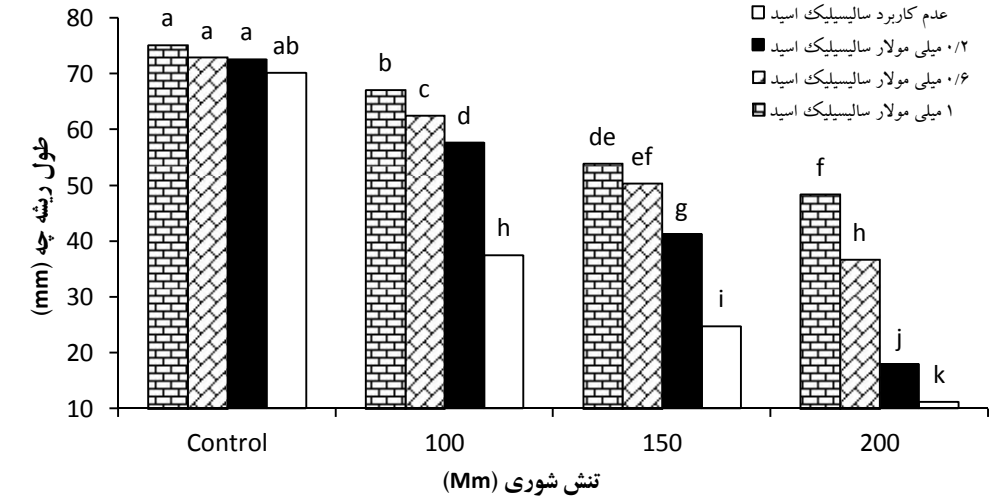
در تنش شوری ۲۰۰ میلی‌مولار به ترتیب در تیمارهای صفر، ۰/۲، ۰/۶ و ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید درصد جوانه‌زنی ۳۸/۰۳، ۵۳/۸۱، ۶۵/۱۷ و ۷۰/۵۵ درصد و سرعت جوانه‌زنی ۰/۶۳، ۱/۰۷، ۲/۳۷ و ۳/۰۹ بود (شکل ۱- الف و ب). مشاهده شد در گیاه کلزا، حساسیت سرعت جوانه‌زنی به تنش شوری در مقایسه با درصد جوانه‌زنی بیشتر است. سرعت جوانه‌زنی یکی از شاخص‌های مهم در ارزیابی تحمل به شوری در مرحله جوانه‌زنی است، زیرا هر چه سرعت جوانه‌زنی بیشتر باشد، شانس سبز شدن تحت شرایط تنش بیشتر خواهد بود (Yildirim *et al*., 2011). نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج Al-Taisan (2010) در گیاه ارزن مرواریدی مطابقت دارد، به گونه‌ای که این نتایج اثبات می‌کند که تنش شوری سرعت جوانه‌زنی را بیشتر از درصد جوانه‌زنی کاهش می دهد. اثر تحریک کننده و مثبت سالیسیلیک اسید بر درصد و سرعت جوانه‌زنی در ذرت و ترتیکاله توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است (Khodary, 2004; Kaydan and Yagmur, 2008). چنین بنظر می‌رسد که سالیسیلیک اسید از طریق تأثیر برسیستم آنتی اکسیدانی گیاه

گندم سبب کاهش اثر سمی و مخرب تنش شوری شده و در نتیجه درصد و سرعت جوانه‌زنی را افزایش می‌دهد (Shakirova *et al*., 2003).

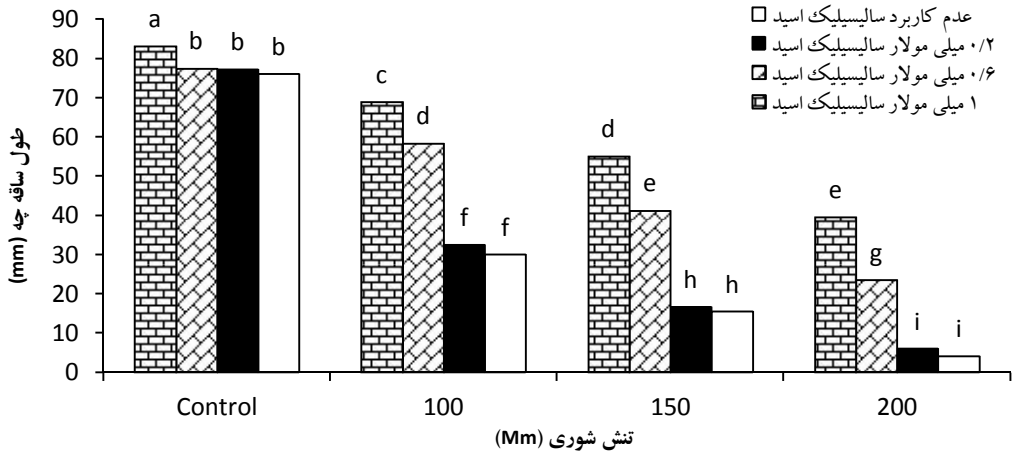
طول ریشه‌چه و ساقه‌چه: اثر متقابل سالیسیلیک اسید و تنش شوری بر طول ریشه‌چه و ساقه‌چه معنی‌دار بود (جدول ۱). بالاترین طول ریشه چه در تیمار شاهد (عدم تنش شوری) به دست آمد. سالیسیلیک اسید در شرایط عدم تنش شوری تأثیر معنی‌داری بر طول ریشه‌چه نداشت ولی تحت شرایط تنش شوری، هر سه سطح ۰/۲، ۰/۶ و ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید باعث افزایش معنی‌دار طول ریشه‌چه گیاهچه‌های کلزا شدند. این افزایش در غلظت ۱م یلی‌مولار سالیسیلیک اسید بیشتر از غلظت ۰/۲ و ۰/۶ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید بود. نتایج حاکی از آن است که کاربرد سالیسیلیک اسید باعث بهبود طول ریشه‌چه به ویژه کاربرد غلظت ۱ میلی مولار این محلول در شرایط تنش شوری می‌گردد (شکل ۲- الف).

بیشترین طول ساقه‌چه در شرایط غیر تنش مشاهده گردید. تنش شوری موجب کاهش معنی‌دار طول ساقه‌چه گیاهچه‌های کلزا شد. در مقابل سالیسیلیک اسید در غلظت‌های ۰/۶ و ۱ میلی‌مولار موجب افزایش معنی‌دار طول ساقه‌چه در شرایط تنش شوری گردید ولی در تیمار عدم تنش شوری ۰/۲ و ۰/۶ میلی‌مولار نسبت به عدم کاربرد سالیسیلیک اسید تأثیر معنی‌داری بر طول ساقه‌چه نداشتند. اثر متقابل سالیسیلیک اسید و تنش شوری نشان می‌دهد که سالیسیلیک اسید موجب بهبود طول ساقه‌چه در شرایط تنش و عدم تنش شوری می‌گردد (شکل ۲- ب). مشاهده شد در تنش شوری ۲۰۰ میلی‌مولار به ترتیب در تیمارهای صفر، ۰/۲، ۰/۶ و ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید طول ریشه‌چه ۱۱/۲۱، ۱۷/۹۳، ۳۶/۷۴ و ۴۸/۴۷ میلی‌متر و طول ساقه‌چه ۴/۱۱، ۶/۰۵، ۲۳/۵۹ و ۳۹/۶۱ میلی‌متر است (شکل ۲- الف و ب). در این تحقیق طول ساقه‌چه نسبت به ریشه‌چه از حساسیت بیشتری نسبت به تنش شوری برخوردار بود که با نتایج (Sarker *et al*., 2014; El Naim *et al*., 2012) در مورد سورگوم و کلزا مطابقت داشت.

تحقیقاتی که بر روی جوانه زنی گیاهان زراعی مختلف از جمله فلفل و آویشن انجام شده بیانگر این واقعیت است که با افزایش شوری طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و همچنین وزن خشک گیاهچه به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (Alebrahim *et al*., 2004; Khan *et al*., 2009). یکی از دلایل کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در شرایط تنش شوری، کاهش یا عدم انتقال مواد غذایی از لپه‌ها به جنین است (Sarker *et al*., 2014). کاهش جذب آب توسط بذر در شرایط تنش شوری باعث کاهش ترشح هورمون‌ها و فعالیت آنزیم‌ها و در نتیجه اختلال در رشد گیاهچه کاکنه (*Physalis alkekengi*) شامل ساقه‌چه و ریشه‌چه می‌شود (Yildirim *et al*., 2011). پژوهش‌های متعددی افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه را در شرایط تیمار با سالیسیلیک اسید در سورگوم و برنج گزارش کرده‌اند (El Naim *et al*., 2012; Shinwari *et al*., 2015). تیمار بذرهای گندم با سالیسیلیک اسید، میزان تقسیم سلولی مریستم رأسی ریشه‌ها را که منجر به افزایش رشد طولی می‌شوند را افزایش داد (Shakirova *et al*., 2003). از طرفی سالیسیلیک اسید از اکسیداسیون اکسین جلوگیری می‌کند و از اینرو سبب افزایش رشد طولی ریشه‌چه و ساقه‌چه گیاه خردل چینی در شرایط تنش می‌گردد (Fariduddin *et al*., 2003).



(الف)

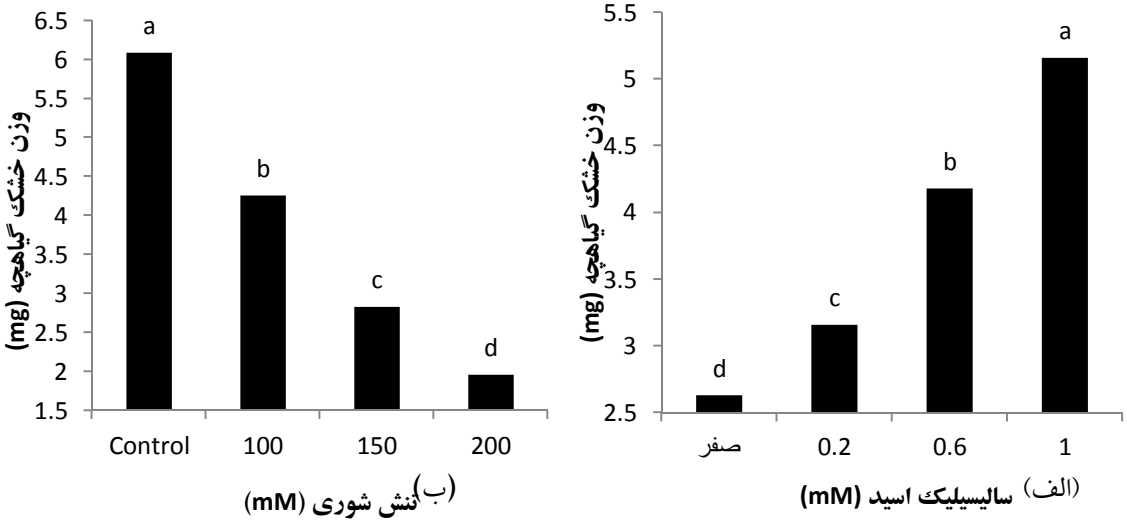


(ب)

شکل ۲: اثر متقابل تنش شوری و سالیسیلیک اسید بر (الف) طول ریشه‌چه و (ب) طول ساقه‌چه در کلزا.
میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ آزمون دانکن اختلاف معنی داری ندارند.

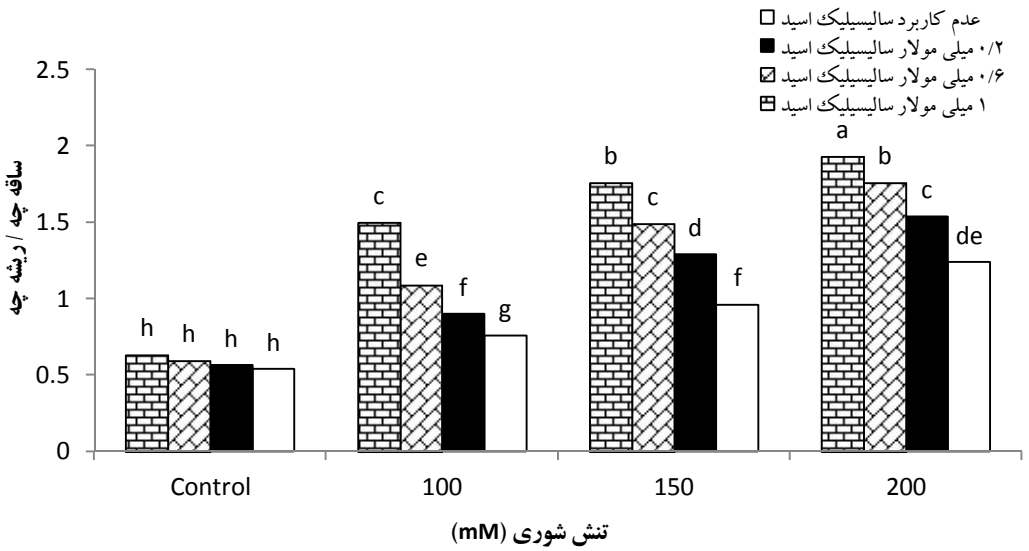
وزن خشک گیاهچه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر سالیسیلیک اسید و تنش شوری بر وزن خشک گیاهچه معنی‌دار است (جدول ۱). با افزایش سالیسیلیک اسید بر وزن خشک گیاهچه‌ها بطور معنی داری افزوده شد. مقدار وزن خشک گیاهچه در تیمارهای صفر، ۰/۲، ۰/۶ و ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید به ترتیب ۲/۶۳، ۳/۱۴، ۴/۱۸ و ۵/۱۶ میلی گرم بود (شکل ۳- الف). مشخص گردید با افزایش غلظت شوری وزن خشک گیاهچه‌ها کاهش می‌یابد. وزن خشک گیاهچه در تیمارهای شاهد (عدم تنش شوری)، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار تنش شوری به‌ترتیب ۶/۰۹، ۴/۲۶، ۲/۸۳ و ۱/۹۶ میلی گرم بود (شکل ۳- ب). گزارش شده است که مصرف سالیسیلیک اسید سبب افزایش وزن خشک گیاهچه‌های ذرت در شرایط تنش شوری می‌شود (Khodary, 2004). همچنین Singh and Usha (2003) نشان دادند مصرف سالیسیلیک اسید سبب افزایش وزن خشک گیاهچه‌های گندم گردید. نتایج تحقیقات El-Tayeb (2005) نیز مشخص کرد که پیش تیمار نمودن بذرها با سالیسیلیک اسید وزن خشک گیاهچه‌های جو تحت تنش شوری را افزایش داد.

Hanan (2007) گزارش کرد که پیش تیمار با سالیسیلیک اسید میزان وزن خشک گیاهچه جو و گندم را درهر دو شرایط وجود و عدم وجود تنش شوری افزایش داد. به نظر می رسد یکی از دلایل کاهش وزن خشک گیاهچه در پتانسیل‌های آب پایین، تحرک کم مواد غذایی و انتقال کمتر آنها از لپه‌ها به محور جنینی باشد. قابل ذکر است عواملی که سرعت رشد محور جنینی را تحت تأثیر قرار می‌دهند، می‌توانند بر تحرک مواد غذایی و انتقال آنها از لپه‌ها به محور جنینی تأثیر بگذارند (Zhang *et al*., 2003).



شکل ۳: اثر (الف) سالیسیلیک اسید و (ب) تنش شوری بر وزن خشک گیاهچه در کلزا. میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ آزمون دانکن اختلاف معنی داری ندارند.

نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه: با افزایش غلظت شوری نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه افزایش یافت و با کاربرد سطوح سالیسیلیک اسید نیز این نسبت بطور معنی‌داری افزایش نشان داد (جدول ۱). درتیمار شاهد (عدم تنش شوری) هیچکدام از غلظت‌های سالیسیلیک اسید از نظر نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه اختلاف معنی‌داری نشان ندادند ولی با افزایش سطوح شوری بین غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. در تمام تیمارهای تنش شوری بیشترین نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه در پیش تیمار با غلظت ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید بدست آمد (شکل ۴). بیشرین نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه به ترکیب تیماری تنش شوری ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم و غلظت ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید با مقدار ۱/۹۳ و کمترین نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه به ترکیب تیماری شاهد (عدم تنش شوری) و عدم کاربرد سالیسیلیک اسید با مقدار ۰/۵۳ تعلق داشت (شکل ۴). مطالعات انجام شده بیانگر افزایش وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه در سورگوم و جو در هنگام مواجه با تنش شوری می‌باشد (El-Tayeb, 2005; El Naim *et al*., 2012). با افزایش میزان شوری، گیاه بخش بیشتری از مواد غذایی را به ریشه اختصاص می‌دهد تا رشد بیشتری داشته و بتواند آب بیشتری جذب کند (Azooz, 2009; Sarker *et al*., 2014).



شکل ٤: اثر متقابل تنش شوری و سالیسیلیک اسید بر نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه در کلزا.
میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ آزمون دانکن اختلاف معنی داری ندارند.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد با استفاده از غلظت ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید بصورت پیش تیمار بذر، می‌توان اثرات منفی تنش شوری بر پارامترهای مرتبط با جوانه‌زنی را در کلزا کاهش داد. بنابراین با توجه به در دسترس بودن سالیسیلیک اسید، استفاده از این ترکیب بصورت پرایمینگ بذر جهت افزایش تحمل گیاهچه‌های کلزا به تنش شوری پیشنهاد می‌گردد.

References

Alebrahim, M.T., Sabaghnia, N., Ebadi, A. and Mohebodini, M. 2004. Investigation th effect of salt and drought stress on seed germination of thyme medicinal plant (*Thymus vulgaris*) . Journal of Research in Agricultural Science, 1: 13- 20.

Al-Taisan, A. 2010. Comparative effects of drought and salt stress on germination and seedling growth of *Pennisetum divisum* (*Gmel.*) Henr. American Journal of Applied Sciences, 7: 640-646.

Azooz, M. 2009. Salt stress mitigation by seed priming with salicylic acid in two faba bean genotypes differing in salt tolerance. International Journal of Agriculture and Biology, 11: 343-350.

Benincasa, P., Pace, P., Quinet, M. and Lutts, S. 2013. Effect of salinity and priming on seedling growth in rapeseed (*Brassica napus* var *oleifera* Del.). Acta Scientiarum. Agronomy journal, 35 (4): 479- 486.

Buttar, G.S., Thind, H.S. and Aujla, M.S. 2006. Methods of planting and irrigation at various levels of nitrogen affect the seed yield and water use efficiency in transplanted rapeseed (*Brassica napus* L.). Agricultural Water Management Journal, 85: 253-260.

Bybordi, A. 2011. Effect of NaCl salinity levels on lipids and proteins of canola (*Brassica napus* L.) cultivars. Romanian Agricultural Research Journal, 28: 197-206.

El Naim, A.M., Khawla, E.M., Ibrahim, E.A. and Suleiman, N.N. 2012. Impact of Salinity on Seed Germination and Early Seedling Growth of three Sorghum (*Sorghum biolor* L. Moench) Cultivars. Journal of Science and Technology, 2: 16-20.

El-Tayeb, M.A. 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Journal of Plant Growth Regulation, 45:2 15-225.

Enferad, A., Poustini, K., Majnoun-Hosseini, N. and Khajeh, A.A. 2004. Physiological responses of rapeseed (*Brassica napus* L.) varieties to salinity stress in vegetative growth phase. Journal Of Science And Technology of Agriculture and Natural Resources, 7(4): 103-113.

Fariduddin, Q., Hayat, S. and Ahma, A. 2003. Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reeducates activity and seed yield in Brassica juncea. Photosynthetica Journal, 41(2): 281-284.

Farooq, M., Basra, S.M.A. and Wahid, A. 2006. Priming of field-sown rice seed enhances germination, seedling establishment, allometry and yield. Journal of Plant Growth Regulation, 49: 285–294.

Gautam, S. and Singh, P.K. 2009. Salicylic acid-induced salinity tolerance in corn grown under NaCl stress. Acta Physiologiae Plantarum journal, 31: 1185-1190.

Giri, G.S. and Schillinger, W.F. 2003. Seed priming winter wheat for germination, emergence and yield. Crop Science, 43: 2135–2141.

Gholamin, R. and Khayatnezhad, M. 2010. Effects of polyethylene glycol and NaCl stress on two cultivars of wheat *Triticum durum* at germination and early seeding stages. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences, 9: 86-90.

Ghoulam, C.F., Ahmed, F. and Khalid, F. 2001. Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. Journal of Environmental and Experimental Botany, 47: 139–150.

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

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

Khan, H.A., Ayub, C.M., Pervez, M.A., Bilal, R., Shahid, M.A. and Ziaf, K. 2009. Effect of seed priming with NaCl on salinity tolerance of hot pepper (*Capsicum annuum* L.) at seedling stage. Journal Soil and Environment, 28: 81-87.

Khodary, S.E. 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.

Lemrasky, M.G. and Hosseini, S.Z. 2012. Effect of seed priming on the germination behavior of wheat. Journal of Agriculture and Crop Sciences, 4: 564–567.

Moghaddam, M. and Valizadeh, M. 2014. Experimental designs in agriculture. Parivar Publishing, 9th ed. 429 pp. (in Persian)

Munns, R. and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annuls Reviews in Plant Biology, 59: 651-681.

Nasri, N., Kaddour, R., Rabhi, M., Plassard, C. and Lachaal, M. 2011. Effect of salinity on germination, phytase activity and phytate content in lettuce seedling. Acta Physiologiae Plantarum Journal, 33: 935-942.

Parida, A.K. and Das, A.B. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Ecotoxicology and Environmental Safety, 60: 324-349.

Sarker, A., Hossain, I. and Kashem, A. 2014. Salinity (NaCl) tolerance of four vegetable crops during germination and early seedling growth. Journal of Ecology and Environmental Sciences, 1:11-18.

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

Shinwari, K.I., Jan, M., Shan, G., Khattak, S.R., Urehman, S., Daud, M.K, Naeem, R.A and Jami, M. 2015. Seed priming salicylic acid induces tolerance against chromium (VI) Toxicity in rice (Oryza sativa L.). Pakistan Journal of Botany, 47: 161-170.

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

Szepesi, A., Csiszar, J., Bajkan, S., Gemes, K. and Horvath, F. 2005. Role of salicylic acid pre-treatment on the acclimation of tomato plants to salt- and osmotic stress. Acta Biologica Szegediensis, 49: 123-125.

Ulfat, M., Athar, H., Ashraf, M., Akram, N.A. and Jamil, A. 2007. Appraisal of physiological and biochemical selection criteria for evaluation of salt tolerance in canola (*Brassica napus* L.). Pakistan Journal of Botany, 39(5): 1593-1608.

Yazici, I., Turkan, F., Sekmen, A.H. and Demiral, T. 2007. Salinity tolerance of purslane (*Portulaca oleracea* L.) is achieved by enhanced antioxidative system, lower level of lipid peroxidation and proline accumulation. Environmental and Experimental Botany, 61(1): 49-57.

Yildirim, E., Karlidag, H. and Dursun, A. 2011. Salt Tolerance of Physalis during Germination and Seedling Growth. Pakistan Journal of Botany, 43: 2673-2676.

Zhang, Y., Chen, K., Zhang, S.H. and Fergusen, I. 2003. The role of salicylic acid in postharvest ripening of Kiwifruit. Postharvest Biology and Technology, 28: 67-74.