

مقاله پژوهشی

## اثر پرایمینگ اسید سالیسیلیک بر جوانه‌زنی بذر و ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک و

### بیوشیمیایی نشاء گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum*)

لیلا کریمی<sup>۱\*</sup>، محمد هدایت<sup>۱</sup>، سمیه فرح بخش<sup>۲</sup>

چکیده مبسوط

مقدمه: جوانه‌زنی بذر مرحله پیچیده و پویایی از رشد گیاه می‌باشد و پرایمینگ بذر تکنیکی است که به‌واسطه آن بذرها پیش از قرار گرفتن در بستر خود و مواجهه با شرایط اکولوژیکی محیط، به لحاظ فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی آمادگی جوانه‌زنی را به دست می‌آورند. پرایمینگ بذر با افزایش جوانه‌زنی و بنیه بذر باعث افزایش عملکرد در گیاهان و همچنین افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و در نتیجه موجب افزایش درصد جوانه‌زنی می‌شود. مطالعات متعددی اثر پرایمینگ بذر با مواد آلی را بر بهبود جوانه‌زنی بذر گونه‌های مختلف گیاهی بررسی کرده‌اند که از جمله آن‌ها اسید سالیسیلیک می‌باشد. نتایج تحقیقات نشان داده است که می‌توان از اسید سالیسیلیک به‌عنوان یک تنظیم‌کننده رشد جهت افزایش جوانه‌زنی گیاهان استفاده کرد. گوجه‌فرنگی از خانواده سولاناسه و دارای سازگاری وسیعی به شرایط مختلف اقلیمی و خاکی می‌باشد. هدف از این پژوهش ارزیابی اثر پرایمینگ غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک بر جوانه‌زنی بذر و برخی صفات مورفوفیزیولوژیک و بیوشیمیایی نشاء گوجه‌فرنگی می‌باشد.

مواد و روش‌ها: این پژوهش در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی شامل تیمار پرایمینگ در ۳ زمان (۱۲، ۱۸ و ۲۴ ساعت) با سه تکرار صورت گرفت. تیمار پرایمینگ شامل اسید سالیسیلیک (۲، ۲/۵ و ۳ میلی‌گرم در لیتر) و آب مقطر بود. صفات اندازه‌گیری شده پارامترهای جوانه‌زنی شامل درصد، زمان، سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی و صفات مورفولوژیک شامل ارتفاع نشاء، قطر طوقه، طول ریشه، تعداد و سطح برگ، وزن تر اندام هوایی و ریشه و وزن خشک اندام هوایی و ریشه و صفات بیوشیمیایی شامل کلروفیل، آنزیم پراکسیداز، پرولین، میزان نیتروژن کل، پتاسیم، کلسیم، فسفر و سدیم نشاء بود. یافته‌ها: تأثیر مطلوب اسید سالیسیلیک با غلظت ۳ میلی‌گرم بر لیتر بر میانگین زمان جوانه‌زنی نسبت به تیمار آب مقطر حاصل شد. اثر مثبت اسید سالیسیلیک بر ارتفاع نشاء و سطح برگ در غلظت ۳ میلی‌گرم بر لیتر در مدت‌زمان‌های غوطه‌وری ۱۸ و ۲۴ ساعت، وزن تر و خشک ریشه و وزن تر و خشک اندام هوایی در مدت‌زمان ۲۴ ساعت نسبت به شاهد مشاهده شد. خیساندن بذر در آب مقطر به مدت ۱۲ و ۲۴ ساعت موجب بالاترین طول ریشه شد و تیمار اسید سالیسیلیک نیز به‌طور معنی‌داری باعث کاهش طول ریشه شد. بیشترین ارتفاع نشاء (۱۴/۳ سانتی‌متر)، تعداد برگ (۳۴)، شاخص کلروفیل (۵۹)، آنزیم پراکسیداز (۱۰۸۷۳ دقیقه/گرم/واحد)، درصد نیتروژن کل (۲/۸۹ درصد)، پتاسیم (۹/۸ درصد) و میزان پرولین (۱۴/۸۰ گرم وزن تازه/میکرو مول) در تیمار ۲۴ ساعت غلظت ۳ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج پژوهش حاضر، اسید سالیسیلیک در غلظت‌های معین توانست به بهبود جوانه‌زنی بذرها و گیاه گوجه‌فرنگی از طریق تنظیم فرایندهای فیزیولوژیک و بیوشیمیایی کمک کند. به نظر می‌رسد که اسید سالیسیلیک با تأثیر بر رشد و تقسیمات سلولی منجر به افزایش رشد گیاه و بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی و مورفوفیزیولوژیک گوجه‌فرنگی گردد. پرایمینگ بذرها با اسید سالیسیلیک در غلظت سه میلی‌گرم در لیتر و در زمان‌های طولانی‌تر تأثیر مثبتی بر اغلب صفات داشت، اما در ارتباط با مدت‌زمان پرایمینگ، نتایج مربوط به هر صفت متفاوت بود.

واژه‌های کلیدی: اسید سالیسیلیک، پرایمینگ بذر، گوجه‌فرنگی

جنبه‌های نوآوری:

- ۱- پرایمینگ بذر گوجه‌فرنگی در آب مقطر به مدت ۱۸ ساعت، موجب کوتاه شدن زمان جوانه‌زنی بذر می‌شود.
- ۲- اسید سالیسیلیک می‌تواند با تأثیر بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک و بیوشیمیایی نشاء گوجه‌فرنگی به‌عنوان یک پیش‌تیمار مناسب برای تولید نشاءهایی با خصوصیات کمی و کیفی برتر به‌کاربرده شود.

<sup>۱</sup> استادیار بخش علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی DOR: 98.1000/2383-1251.1399.7.165.13.1.1575.41

دانشگاه خلیج فارس

<sup>۲</sup> سازمان جهاد کشاورزی بوشهر

DOI: 10.29252/yujs.7.1.165



CrossMark

\*رایانامه نویسنده مسئول: [leila.karami@pgu.ac.ir](mailto:leila.karami@pgu.ac.ir)

## مقدمه

مطالعات متعددی بهبود جوانه‌زنی بذر گونه‌های مختلف گیاهی در نتیجه پرایمینگ با هورمون‌های رشد گیاهی و یا دیگر مواد آلی را تحت هر دو شرایط طبیعی و تنشی نشان داده‌اند. پرایمینگ بذر باعث افزایش عملکرد در گیاهان و همچنین باعث افزایش آنتی‌اکسیدان‌هایی از قبیل گلوکوتایون و آسکوربات در بذر می‌گردد که این ترکیبات پراکسیداسیون لیپیدها در طی جوانه‌زنی را کاهش داده و در نتیجه باعث افزایش درصد جوانه‌زنی می‌گردد (هاس و سونگ<sup>۵</sup>، ۲۰۰۱؛ هریس<sup>۶</sup>، ۱۹۹۷). گزارش شده است که می‌توان از اسید سالیسیلیک به‌عنوان یک تنظیم‌کننده رشد جهت افزایش تحمل به شوری گیاهان استفاده کرد (گونس<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۰۷). اسید سالیسیلیک به مقدار زیادی در کاهش اثرات منفی تنش‌های شوری و اسمزی ناشی از تولید اکسیژن‌های فعال طی فتوسنتز و جوانه‌زنی بذر آرابیدوپسیس مؤثر بود (گایوتام و سینگ<sup>۸</sup>، ۲۰۰۹). بر این اساس به‌نظر می‌رسد که با استفاده اصولی و علمی از روش‌های پرایمینگ بذر می‌توان وضعیت تولید بسیاری از محصولات از جمله گوجه‌فرنگی را بهبود بخشید. متأسفانه اقدامی اساسی در جهت استفاده تجاری از روش‌های پرایمینگ صورت نگرفته است. از این‌رو هدف از اجرای این پژوهش بررسی و ارزیابی اثر پرایمینگ غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک بر برخی فاکتورهای جوانه‌زنی بذر و مورفولوژیکی و بیوشیمیایی نشاء گوجه‌فرنگی می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۵ در دانشکده کشاورزی خلیج فارس بوشهر و مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی بوشهر بر پایه آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. در این پژوهش بذرها گوجه‌فرنگی رقم آرافتی (شرکت سینجنتا<sup>۹</sup>) مورد بررسی قرار گرفتند. جهت اعمال تیمار ابتدا بذرها با محلول هیپوکلریت سدیم ۳ درصد به مدت ۲ دقیقه ضدعفونی شده و پس از شست‌وشو با آب مقطر درون پتری قرار

گوجه‌فرنگی با نام علمی *Lycopersicon esculentum* Mill. متعلق به خانواده سولاناسه می‌باشد. گوجه‌فرنگی گیاهی یک‌ساله با برگ‌های متناوب و گل کامل می‌باشد که از سبزی‌های روز خنثی، فصل گرم و خود بارور به شمار می‌آید. این گیاه دارای سازگاری وسیعی به شرایط مختلف اقلیمی و خاکی می‌باشد (هوچموس و هوچموس<sup>۱</sup>، ۲۰۱۳). جوانه‌زنی بذر مرحله پیچیده و پویایی از رشد گیاه می‌باشد که به‌وسیله تعدادی از فرآیندهای متابولیکی تعاملی، دستخوش تغییراتی از یک‌فاز ذخیره به مرحله انتقالی می‌شود. بسیاری از فرآیندهای متابولیکی هم‌زمان با جوانه‌زنی بذر باعث می‌شوند که بررسی وقایع مربوط به شروع فرآیند جوانه‌زنی مشکل گردد. از سویی دیگر، زمان کاشت تا استقرار نهال دارای اهمیت قابل‌توجهی در تولید محصول بوده و دارای اثرات مهمی در رشد گیاه، عملکرد نهایی و کیفیت بذر بعد از برداشت می‌باشد (مک‌دونالد<sup>۲</sup>، ۲۰۰۰). پرایمینگ بذر با ترکیبات طبیعی و مصنوعی یک روش فیزیولوژیکی تقویت بذر برای غلبه بر جوانه‌زنی ضعیف و ناپایدار است. پرایمینگ موجب می‌شود که بذرها پیش از قرار گرفتن در بستر خود و مواجهه با شرایط اکولوژیکی محیط، به لحاظ فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی آمادگی جوانه‌زنی را به دست آورند (دلیان<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۷). 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. پرایمینگ بذر با غلظت‌های بهینه هورمون‌های رشد گیاهی نشان داده‌شده است که به‌طور مؤثری موجب بهبود جوانه‌زنی و همچنین عملکرد گونه‌های مختلف زراعی تحت هر دو شرایط طبیعی و تنشی می‌شود (کاوس اوگلو و کبار<sup>۴</sup>، ۲۰۱۰).

<sup>5</sup> Hus and Sung

<sup>6</sup> Harris

<sup>7</sup> Gunes

<sup>8</sup> Gautam and Singh

<sup>9</sup> Syngenta

<sup>1</sup> Hochmuth and Hochmuth

<sup>2</sup> Mc Donald

<sup>3</sup> Delian

<sup>4</sup> Cavusoglu and Kabar

$D_{10}$  و  $D_{90}$  به ترتیب عبارت‌اند از مدت زمان جوانه‌زنی تا ۱۰ درصد تعداد بذر و تا ۹۰ درصد حداکثر تعداد بذر روییده در روز است. در یکنواختی جوانه‌زنی هر میزان مطلق عدد به‌دست‌آمده کم‌تر باشد یکنواختی جوانه‌زنی بیشتر است (آواستی<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۶).

پس از گذشت ۴۰ روز از زمان کاشت بذر در شرایط گلخانه، داده‌برداری‌های مورفولوژیکی و بیوشیمیایی شامل ارتفاع نشاء، طول ریشه، قطر طوقه، وزن تر اندام هوایی، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی، تعداد برگ و سطح برگ و میزان شاخص سبزیگی با دستگاه سبزیگی سنج (مدل SPAD 502 ساخت کشور ژاپن شرکت مینولتا)، آنزیم پراکسیداز، پرولین، نیتروژن کل با استفاده از روش کجلدال، پتاسیم، فسفر، کلسیم و سدیم صورت گرفت.

به‌منظور اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز از روش تغییر یافته چانس و ماهلی<sup>۲</sup> (۱۹۵۵) استفاده شد و در نهایت میزان فعالیت آنزیم بر حسب واحد آنزیمی بر گرم وزن تر محاسبه گردید.

جهت اندازه‌گیری غلظت پرولین از روش بیتس<sup>۳</sup> و همکاران (۱۹۷۳) و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر استفاده شد.

برای اندازه‌گیری فسفر از روش وانادات مولیبدات استفاده شد. در نهایت جذب کمپلکس زرد رنگ تشکیل شده در طول موج ۴۷۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل UV/Vis 2100) قرائت شد (بلاک<sup>۴</sup>، ۱۹۸۲). جهت اندازه‌گیری پتاسیم و سدیم، نخست باید محلول استاندارد مادری به غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر (یک گرم در لیتر) تهیه گردد. برای این منظور حدود پنج گرم کلرید پتاسیم (KCl) و کلرید سدیم (NaCl) به‌طور جداگانه در آون در دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس به مدت سه ساعت خشک و در دسیکاتور سرد و در ظرفی که درب آن محکم بسته‌شده، نگهداری گردید. سپس مقدار ۱/۹۰۷ گرم کلرید پتاسیم و ۲/۵۴۱۸ گرم کلرید سدیم خشک‌شده وزن و در مقداری آب مقطر عاری از یون حل و در بالن ژوژه یک لیتری با آب مقطر به حجم یک لیتر رسانده شد. بدین طریق محلول

گرفتند. به منظور بررسی اثر پیش تیمار بذر بر جوانه‌زنی و ویژگی‌های بیومورفولوژیکی نشاء گوجه‌فرنگی از آب مقطر و اسید سالیسیلیک (با غلظت‌های ۲، ۲/۵ و ۳ میلی‌گرم بر لیتر) در سه دوره زمانی جداگانه ۱۲، ۱۸ و ۲۴ ساعت استفاده شد. در هر تیمار پرایمینگ ۳۰ عدد بذر گوجه‌فرنگی تیمار گردید. محلول‌های آماده شده به حجم یک سوم ظرفیت پتری جهت پرایمینگ روی بذرها ریخته شد، سپس در دمای اتاق  $24 \pm 1$  درجه سلسیوس قرار گرفتند. پس از پایان هر تیمار بذرها دو بار با آب مقطر شست‌وشو شده و به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق  $24 \pm 1$  سلسیوس خشک گردید. ۲۰ عدد بذر خشک‌شده از هر تیمار به‌علاوه ۲۰ عدد بذر شاهد جهت انجام آزمون‌های جوانه‌زنی بر روی کاغذ صافی واتمن در پتری دیش قرار گرفته و به‌اندازه مرطوب شدن کاغذها روی آن‌ها آب مقطر ریخته شد و در محیط اتاق و دمای  $24 \pm 1$  سلسیوس قرار گرفتند. دیگر بذرها تیمار شده به‌علاوه شاهد در سینی‌های نشاء حاوی ۷۵ درصد کوکوپیت و ۲۵ درصد پیت ماس (EC برابر با ۰/۲۷ مینی موس بر سانتی‌متر و پ‌هاش ۷/۵۶) کشت‌شده و به گلخانه تولید نشاء (به‌صورت میانگین با میزان نور ۱۸۰۰۰ لوکس و دمای  $25 \pm 2$  درجه سلسیوس) منتقل شدند.

یادداشت‌برداری از تعداد بذرها جوانه زده در شرایط پتری یک روز بعد از انجام آزمون جوانه‌زنی به مدت ۷ روز برای محاسبه ویژگی‌های جوانه‌زنی شامل درصد میانگین زمان، سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی صورت گرفت. ملاک جوانه‌زنی بذر، ظهور ریشه‌چه به طول یک میلی‌متر بود. رابطه ۱:

$$\text{میانگین زمان} = n/N \times 100 = \text{درصد جوانه‌زنی بذر}$$

$$\text{رابطه ۲: } \sum (t_x \times n_x) / \sum n = \text{جوانه‌زنی بذر (روز)}$$

$n$  تعداد کل بذرها،  $N$  تعداد کل بذرها،  $t_x$  زمان بر حسب روز از شروع آزمایش جوانه‌زنی و  $n_x$  تعداد بذرها روییده در روز  $x$  است. رابطه ۳:

$$\text{میانگین مدت جوانه‌زنی} = 1 / \text{میانگین سرعت جوانه‌زنی}$$

$$D_{10} - D_{90} = \text{یکنواختی جوانه‌زنی}$$

<sup>3</sup> Bates

<sup>4</sup> Black

<sup>1</sup> Awasthi

<sup>2</sup> Chans and Mahley

فسفر نداشت. همچنین، غوطه‌وری بذر در تیمارهای پرایمینگ مختلف بر تمام صفات بیوشیمیایی مورد بررسی و اثر متقابل تیمار پرایمینگ در مدت‌زمان‌های مختلف برای صفت آنزیم پراکسیداز در سطح یک درصد مؤثر بودند. لازم به ذکر است که اثر متقابل تیمار پرایمینگ در مدت‌زمان‌های مختلف برای میزان سبزیگی و درصد سدیم در سطح پنج درصد معنی‌دار بوده ولی تأثیر معنی‌داری بر دیگر صفات مشاهده نشد.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش (جدول ۴)، بالاترین میانگین زمان جوانه‌زنی در پرایمینگ اسید سالیسیلیک به دست آمد و غوطه‌وری در غلظت ۳ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک بیشترین مدت‌زمان جوانه‌زنی را داشت، ولی خیساندن بذر گوجه‌فرنگی در آب مقطر منجر به کمترین مدت‌زمان جوانه‌زنی شد. تیمار پرایمینگ غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک در مدت‌زمان‌های مختلف اگرچه بر یکنواختی جوانه‌زنی تأثیر معنی‌داری داشت، اما عدم غوطه‌وری بذر و غوطه‌وری در آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت به ترتیب باعث حداکثر و حداقل یکنواختی جوانه‌زنی بذر شد (جدول ۵). تحقیقات نشان داده است که پرایمینگ با اسید سالیسیلیک می‌تواند موجب شکستن خواب بذرهای تازه شود و در نتیجه درصد جوانه‌زنی افزایش می‌یابد. همچنین اسید سالیسیلیک با افزایش فعالیت متابولیکی بذر موجب جوانه‌زنی سریع و یکنواخت در بذرهای می‌گردد (جینی و جوزف<sup>۳</sup>، ۲۰۱۷). اگرچه جوانه‌زنی از مراحل مهم و حساس در چرخه زندگی گیاه و یک فرآیند کلیدی در سبز شدن گیاهچه‌ها می‌باشد، اما مدت‌زمان بین کاشت تا استقرار گیاهچه نیز تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر عملکرد دارد، به طوری که تکوین گیاه و پراکندگی یک گونه در محیط‌زیست جدید را تحت تأثیر قرار می‌دهد (اگبجی<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۳). جوانه‌زنی سریع و یکنواخت برای افزایش عملکرد و کیفیت محصول گوجه‌فرنگی بسیار ضروری است (زنگ<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۱۲).

استاندارد مادری با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر پتاسیم و سدیم به‌دست آمد. پس از تهیه محلول‌های استاندارد از دستگاه شعله سنج برای اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم استفاده گردید (هاور<sup>۱</sup>، ۱۹۶۱). جهت اندازه‌گیری میزان کلسیم نیز ابتدا پنج میلی‌لیتر از عصاره هضم برداشت نموده و چند میلی‌گرم معرف پورپورات آمونیوم به هر یک از نمونه‌ها اضافه گردید. سپس پنج قطره محلول سود چهار نرمال توسط قطره‌چکان اضافه گردید. محلول حاصل با استفاده از EDTA ۰/۰۱ نرمال تیترا گردید. در نهایت با استفاده از رابطه ۴ میزان کلسیم به‌دست‌آمده آمد.

رابطه ۴:

$$Ca = \frac{V_{EDTA} \times N_{EDTA} \times V_1 \times V_2 \times 2}{W}$$

که در این معادله  $V_{EDTA}$ : میزان EDTA مصرفی در تیتراسیون (میلی‌لیتری)؛  $N_{EDTA}$ : نرمالیه EDTA؛  $V_1$ : حجم عصاره تهیه‌شده (میلی‌لیتری)؛  $V_2$ : حجم عصاره برداشت‌شده (میلی‌لیتری)؛  $W$ : وزن نمونه خشک‌شده (گرم) می‌باشد (دردریان<sup>۲</sup>، ۱۹۶۱).

آنالیز واریانس و مقایسه میانگین اثر تیمارها با استفاده از روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در هر مرحله به‌صورت جداگانه با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام گرفت.

## نتایج و بحث

بر اساس جدول ۱ و ۲ اثر متقابل تیمارهای پرایمینگ در مدت‌زمان‌های مختلف بر اکثر صفات مربوط به پارامترهای جوانه‌زنی و مورفولوژیک به‌جز درصد جوانه‌زنی بذر و میانگین زمان و سرعت جوانه‌زنی بذر در سطح یک درصد معنی‌دار بود.

نتایج تجزیه واریانس صفات بیوشیمیایی (جدول ۳) نیز نشان داد که تیمار مدت‌زمان‌های مختلف ۱۲، ۱۸ و ۲۴ ساعت پرایمینگ بذر موجب تفاوت معنی‌دار بر درصد کلسیم در سطح پنج درصد و بر صفات میزان آنزیم پراکسیداز، درصد پتاسیم و درصد سدیم در سطح یک درصد شد، درحالی‌که هیچ تأثیر معنی‌داری بر شاخص سبزیگی، میزان پرولین، درصد نیتروژن کل و درصد

<sup>4</sup> Ogbaji

<sup>5</sup> Zhang

<sup>1</sup> Havre

<sup>2</sup> Derderian

<sup>3</sup> Jinni and Joseph

جدول ۱. تجزیه واریانس اثر مدت‌زمان و پرایمیگ بر پارامترهای جوانه‌زنی گوجه‌فرنگی

منبع تغییرات	S.O.V	درجه آزادی	میانگین مربعات			
			درصد جوانه‌زنی	میانگین زمان جوانه‌زنی	میانگین سرعت جوانه‌زنی	میانگین جوانه‌زنی
df	Germination percentage	Mean germination time	Mean germination rate	Germination uniformity		
پرایمیگ	Priming	4	1.38 <sup>ns</sup>	0.44**	0.006 <sup>ns</sup>	1711.53**
مدت‌زمان	Duration	2	8.88 <sup>ns</sup>	0.07 <sup>ns</sup>	0.0007 <sup>ns</sup>	172.86 <sup>ns</sup>
مدت‌زمان × پرایمیگ	Priming × Duration	8	15.13 <sup>ns</sup>	0.18 <sup>ns</sup>	0.004 <sup>ns</sup>	495.11**
خطا	Error	30	18.33	0.08	0.003	70.53
CV% (درصد)	ضریب تغییرات		4.45	10.76	15.28	13.24

\*\* و ns، به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۱ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد.

\*\* and ns, respectively, indicate a significant level of 1% and no significant

جدول ۲. تجزیه واریانس اثر مدت‌زمان و پرایمیگ بر صفات مورفولوژیکی نشاء گوجه‌فرنگی

منبع تغییرات	S.O.V	درجه آزادی	میانگین مربعات									
			ارتفاع نشاء	طول ریشه	قطر طوقه	Shoot fresh weight	Root fresh weight	وزن تر ریشه	Shoot dry weight	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه	تعداد برگ
df	Transplant height	Root length	Crown diameter	Shoot fresh weight	Root fresh weight	Root dry weight	Shoot dry weight	Shoot dry weight	Root dry weight	Number of leaves	Leaf area	
پرایمیگ	Priming	4	36.93**	89.95**	1.47**	1.58**	0.23**	0.016**	0.0012**	76.18**	513.04**	
مدت‌زمان	Duration	2	6.33**	0.81 <sup>ns</sup>	0.05*	0.29**	0.002**	0.0002 <sup>ns</sup>	12.35 <sup>ns</sup>	14.79*		
مدت‌زمان × پرایمیگ	Priming × Duration	8	2.71**	5.71**	0.04**	0.15**	0.002**	0.0003**	10.43*	30.59**		
خطا	Error	30	0.24	0.37	0.01	0.007	0.0002	0.00008	4.00	4.26		
CV% (درصد)	ضریب تغییرات		4.47	5.01	2.83	3.21	6.81	12.68	6.33	3.93		

\*\* و ns، به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۱ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد.

\*\* , \* and ns respectively indicate a significant level of 5%, 1% and no significant.

جدول ۳. تجزیه واریانس اثر مدت‌زمان و پرایمینگ بر صفات بیوشیمیایی نشاء گوجه‌فرنگی  
**Table 3.** Analysis of variance for duration and priming on biochemical traits of tomato seedlings

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات									
		میزان کلروفیل Chlorophyll content	آنزیم پراکسیداز Peroxidase enzyme	پرولین Proline	کل نیتروژن Total nitrogen	پتاسیم Potassium	فسفر Phosphorus	کلسیم Calcium	سدیم Sodium	ضریب تغییرات (درصد) CV%	ضریب تغییرات (درصد) CV%
پرایمینگ	4	419.68**	29516996 **	9856.46**	0.342**	73.47**	0.192*	0.80**	53.47**		
مدت‌زمان	2	2.64 <sup>ns</sup>	4178867**	543.97 <sup>ns</sup>	0.003 <sup>ns</sup>	8.54**	0.005 <sup>ns</sup>	0.26*	1.49**		
مدت‌زمان × پرایمینگ	8	7.94*	2420265**	292.61 <sup>ns</sup>	0.001 <sup>ns</sup>	0.94 <sup>ns</sup>	0.001 <sup>ns</sup>	0.10 <sup>ns</sup>	0.49*		
خطا	30	2.58	328510	228.67	0.004	0.57	0.002	0.05	0.20		
ضریب تغییرات (درصد)		3.11	8.80	16.69	2.36	10.45	10.19	16.73	9.68		

\*، \*\* و ns به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۵ درصد، ۱ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد.

\*، \*\* and ns respectively indicate a significant level of 5%, 1% and no significant.

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر پرایمینگ بر برخی صفات نشاء گوجه‌فرنگی

**Table 4.** Comparison of the effect of priming on some traits of tomato transplant

پرایمینگ	میانگین زمان جوانه‌زنی Mean germination time	پرولین (میکرومول/گرم وزن تازه) (Proline $\mu$ M/g fresh weight)	کل نیتروژن کل Total nitrogen (%)	پتاسیم Potassium (%)	فسفر Phosphorus (%)	کلسیم Calcium (%)
شاهد	2.53 <sup>b</sup>	56.27 <sup>c</sup>	2.37 <sup>d</sup>	3.42 <sup>d</sup>	0.28 <sup>c</sup>	0.87 <sup>c</sup>
SA 2mg/l	2.8 <sup>ab</sup>	86.42 <sup>b</sup>	2.7 <sup>c</sup>	8.59 <sup>b</sup>	0.53 <sup>b</sup>	1.51 <sup>a</sup>
SA 2.5mg/l	2.97 <sup>a</sup>	97.15 <sup>b</sup>	2.79 <sup>b</sup>	9.36 <sup>a</sup>	0.62 <sup>a</sup>	1.56 <sup>a</sup>
SA 3mg/l	2.99 <sup>a</sup>	142.80 <sup>a</sup>	2.89 <sup>a</sup>	9.81 <sup>a</sup>	0.65 <sup>a</sup>	1.55 <sup>a</sup>
آب مقطر	2.53 <sup>b</sup>	70.18 <sup>c</sup>	2.74 <sup>bc</sup>	4.98 <sup>c</sup>	0.54 <sup>b</sup>	1.25 <sup>b</sup>

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ با هم ندارند.

Means followed by the same letter(s) in each column are not significantly different at the 5% level

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر پرایمینگ بر برخی صفات نشاء گوجه‌فرنگی

Table 4. Comparison of the effect of priming on some traits of tomato transplant

پرایمینگ Priming	میانگین زمان جوانه‌زنی Mean germination time	پرولین (میکرومول/اگرم وزن تازه) (Proline $\mu\text{M/g}$ fresh weight)	نیتروژن کل Total nitrogen (%)	پتاسیم Potassium (%)	فسفر Phosphorus (%)	کلسیم Calcium (%)
شاهد Control	2.55 <sup>b</sup>	56.27 <sup>c</sup>	2.37 <sup>d</sup>	3.42 <sup>d</sup>	0.28 <sup>c</sup>	0.87 <sup>c</sup>
SA 2mg/l	2.8 <sup>ab</sup>	86.42 <sup>b</sup>	2.7 <sup>c</sup>	8.59 <sup>b</sup>	0.53 <sup>b</sup>	1.51 <sup>a</sup>
SA 2.5mg/l	2.97 <sup>a</sup>	97.15 <sup>b</sup>	2.79 <sup>b</sup>	9.36 <sup>a</sup>	0.62 <sup>a</sup>	1.56 <sup>a</sup>
SA 3mg/l	2.99 <sup>a</sup>	142.80 <sup>a</sup>	2.89 <sup>a</sup>	9.81 <sup>a</sup>	0.65 <sup>a</sup>	1.55 <sup>a</sup>
آب مقطر Distilled water	2.53 <sup>b</sup>	70.18 <sup>c</sup>	2.74 <sup>bc</sup>	4.98 <sup>c</sup>	0.54 <sup>b</sup>	1.25 <sup>b</sup>

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ با هم ندارند.

Means followed by the same letter(s) in each column are not significantly different at the 5% level

حاصل می‌توان بیان داشت که افزایش غلظت اسید سالیسیلیک باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع نشاء و سطح برگ شد، ولی در غلظت‌های پایین در مقایسه با آب مقطر، طیف تأثیری بی‌اثر تا کاهش‌دهنده بر صفات ارتفاع نشاء و سطح برگ دارد. غوطه‌وری در مدت‌زمان‌های مختلف پرایمینگ آب مقطر و اسید سالیسیلیک ۲/۵ (۱۲ و ۲۴ ساعت) و ۳ (۱۸ و ۲۴ ساعت) میلی‌گرم بر لیتر باعث تولید بیشترین تعداد برگ گیاه چه شد. کمترین تعداد برگ در تیمار شاهد مشاهده شد، هرچند که با افزایش اسید سالیسیلیک نیز در غلظت و زمان‌های مختلف این کاهش همچنان ادامه داشت. گزارش شده است که گیاهان گندم تیمار شده با اسید سالیسیلیک دارای تعداد برگ بیشتر و وزن تر و خشک بالاتری بودند (حیات<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۵).

محققان بیان کرده‌اند که به احتمال زیاد اسید سالیسیلیک با حفظ سطوح هورمون‌های اکسین و سیتوکینین در بافت‌های گیاه، موجب افزایش تقسیم سلولی در مریستم رأس ریشه و ساقه دانه رست‌ها شده

این مرحله از رشد تحت تأثیر عوامل محیطی به‌ویژه دما و رطوبت خاک قرار می‌گیرد (زرندی و خواجه حسینی<sup>۱</sup>، ۲۰۱۶). یکی از عوامل عمده‌ای که باعث استقرار ضعیف گیاهچه و عملکرد پایین می‌شود، شرایط آب و هوایی نامناسب در زمان جوانه‌زنی و خروج گیاهچه از خاک است. هر عاملی که جوانه‌زنی را تسهیل کند، باعث استقرار موفقیت‌آمیز گیاه نیز خواهد شد. یکی از روش‌های استقرار بهتر، پیش تیمار بذر قبل از کاشت است که شامل خیساندن بذر در آب می‌باشد (هال<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۰).

با توجه به نتایج جدول ۵، بالاترین ارتفاع نشاء در غلظت ۳ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک و مدت‌زمان غوطه‌وری ۱۸ و ۲۴ ساعت مشاهده شد، همچنین غوطه‌وری بذر در پرایمینگ اسید سالیسیلیک ۳ میلی‌گرم بر لیتر در مدت‌زمان ۱۸ و ۲۴ ساعت و آب مقطر در مدت‌زمان ۱۲ ساعت منتج به مشاهده بالاترین سطح برگ شد، اما از نشاء‌های حاصل از بذرهای غوطه‌ور نشده، کمترین ارتفاع و سطح برگ به دست آمد. با توجه به نتایج

<sup>3</sup> Hayat<sup>1</sup> Zarandi and Khajeh Hosseini<sup>2</sup> Hall

نشده می‌باشد (کبیری<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۱۴). در پژوهش حاضر پرایمینگ آب مقطر و اسید سالیسیلیک هر دو در افزایش وزن تر و خشک ریشه نقش دارند، ولی به نظر می‌رسد که در غلظت و مدت‌زمان کم تماس با پیش تیمار به علت جذب ناکافی آب و محلول اسید سالیسیلیک، آنزیم‌ها دیرتر و یا کمتر فعال شده و در نتیجه با تجزیه دیرتر آندوسپرم موجب تأخیر در خروج ریشه می‌گردد.

تأثیر اسید سالیسیلیک ۳ میلی‌گرم بر لیتر در مدت‌زمان ۲۴ ساعت بر وزن تر و خشک اندام هوایی و همچنین این پرایمینگ و پرایمینگ آب مقطر در مدت‌زمان ۱۲ ساعت بر قطر طوقه بسیار چشمگیر بود. درحالی‌که عدم غوطه‌وری بذر تأثیر منفی بر صفات نامبرده داشت. در تحقیقی روی گیاه گلرنگ گزارش شده است که گیاهچه‌های حاصل از بذرهای پیش تیمار شده با محلول اسید سالیسیلیک در غلظت‌های ۰/۴، ۰/۸، ۱/۰، ۱/۶، ۲ و ۲/۴ میلی‌مولار به مدت ۲۴ ساعت، دارای بالاترین وزن خشک در پرایمینگ اسید سالیسیلیک ۲/۴ میلی‌مولار در مقایسه با پرایمینگ شاهد (پرایم نشده) و پرایمینگ آب مقطر بودند. در پژوهش نامبرده وزن خشک اندام هوایی از ۰/۲۱ گرم در پرایمینگ شاهد به ۰/۵۲ گرم در پرایمینگ اسید سالیسیلیک با غلظت ۲/۴ میلی‌مولار رسید (محمدی<sup>۸</sup> و همکاران، ۲۰۱۷). محققان بیان کرده‌اند که افزایش در وزن تر و خشک گیاه نشان‌دهنده وضعیت مناسب روابط آبی گیاه بوده که خود به دلیل افزایش جذب آب توسط سیستم ریشه‌ای گیاه می‌باشد (شکاری<sup>۹</sup> و همکاران، ۲۰۱۰، محمدی و همکاران، ۲۰۱۱، عبداللهی و شکاری<sup>۱۰</sup>، ۲۰۱۳).

همچنین گزارش شده است که پرایمینگ با اسید سالیسیلیک اثر مثبت بر میزان جوانه‌زنی، رشد ریشه و ساقه و وزن خشک گیاه داشته است (محمدی و همکاران، ۲۰۱۱). پرایمینگ گیاه با اسید سالیسیلیک موجب افزایش سطوح اکسین و سیتوکینین در بافت‌های

که در نهایت موجب افزایش رشد گیاه می‌گردد (سخابوت دینوا<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۳).

خیساندن بذر در آب مقطر به مدت ۱۲ و ۲۴ ساعت موجب بالاترین طول ریشه شد و پرایمینگ اسید سالیسیلیک نیز به‌طور معنی‌داری باعث کاهش طول ریشه شد. به‌گونه‌ای که کمترین طول ریشه در پرایمینگ ۲ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک در مدت‌زمان ۱۲ و ۲۴ ساعت مشاهده شد. این در حالی است که افزایش غلظت اسید سالیسیلیک از ۲ به ۳ میلی‌گرم بر لیتر موجب بهبود و افزایش طول ریشه شد. محققان متعددی در طی پژوهش‌های خود روی بذر عدس گزارش نمودند که پرایمینگ بذر با آب مقطر و اسید سالیسیلیک موجب افزایش طول ساقه و ریشه گیاه نسبت به شاهد می‌گردد (محمدی و شکاری<sup>۲</sup>، ۲۰۱۵، آگاه و نبوی‌کلات<sup>۳</sup>، ۲۰۱۳، قاسمی گل‌عدانی<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۰).

بیشترین وزن تر و خشک ریشه در نتیجه تأثیر پرایمینگ آب مقطر در مدت‌زمان ۱۲ و ۲۴ ساعت و اسید سالیسیلیک ۳ میلی‌گرم بر لیتر در مدت‌زمان ۲۴ ساعت حاصل شد. این در حالی است که کمترین میزان این صفات در نمونه غوطه‌ور نشده و اسید سالیسیلیک با کمترین غلظت و زمان پرایمینگ مشاهده شد. در پژوهشی که بر اثر پیش تیمار آب مقطر و اسید سالیسیلیک بر بذرهای عدس انجام شد، بیشترین وزن تر ریشه حاصل پرایمینگ بذر با آب مقطر در مدت ۱۲ ساعت بود و همچنین کمترین وزن خشک ریشه مربوط به کمترین غلظت و زمان پیش تیمار اسید سالیسیلیک بود (آذرنیا<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۱۶). همچنین گزارش شده است که پرایمینگ بذر با آب مقطر نسبت به پرایمینگ با اسید سالیسیلیک و بذرهای پرایم نشده تأثیر بیشتری بر وزن تر و خشک ریشه در شرایط دیم و آبی دارد (عیسوند<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۱۲). در مطالعه‌ای که روی گیاه رازیانه صورت گرفت مشخص شد که پیش تیمار بذر با محلول اسید سالیسیلیک منجر به افزایش طول ریشه، وزن تر و خشک ریشه در مقایسه با بذرهای پیش تیمار

<sup>6</sup> Isvand

<sup>7</sup> Kabiri

<sup>8</sup> Mohammadi

<sup>9</sup> Shekari

<sup>10</sup> Abdolahi and Shekari

<sup>1</sup> Sakhabutdinova

<sup>2</sup> Mohammadi and Shekari

<sup>3</sup> Agah and Nabavi Kalat

<sup>4</sup> Ghassemi-Golezani

<sup>5</sup> Azarnia



فتوسنتز، تعرق و هدایت روزنه‌ای را در گیاهان تحت تنش در مقایسه با گیاهان شاهد افزایش داد. اثر اسید سالیسیلیک روی فعالیت‌های روزنه، میزان سبزیگی، سرعت تعرق و مسیرهای تنفسی این فرض را پیش می‌آورد که اسید سالیسیلیک ممکن است بر سایر اعمال فیزیولوژیکی گیاه از جمله میزان سبزیگی تأثیر بگذارد. احتمالاً اسید سالیسیلیک از طریق سازمان‌دهی مکانیسم‌های دفاعی آنتی‌اکسیدان، به‌عنوان محافظ و نگه‌دارنده سبزیگی گیاه عمل کرده و مانع از تخریب این ماده می‌گردد (گیل و تیوتجا<sup>۴</sup>، ۲۰۱۰).

احمدپور دهکردی و بلوچی<sup>۵</sup> (۲۰۱۲) در مطالعه‌ای روی گیاه سیاه‌دانه گزارش نمودند که میزان آنزیم پراکسیداز و کاتالاز در گیاه‌چه‌های حاصل از بذرهای پرایم شده با اسید سالیسیلیک در غلظت‌های ۰/۲ و ۰/۵ درصد به مدت ۱۲ ساعت، در شرایط تنش خشکی ۳- و ۶- بار، بیشتر از گیاه‌چه‌های پرایمینگ شاهد بود. یانیک<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۱۸) با بررسی تأثیر اسید سالیسیلیک بر جوانه‌زنی گیاه چاودار عنوان کردند که در بذرهای پرایم شده با غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز افزایش یافته است. فعالیت پراکسیداز یک پاسخ عمومی به انواع مختلفی از فاکتورهای تنش اکسیداتیو می‌باشد (وانگ<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۰۴).

اسید سالیسیلیک در غلظت‌های کنترل‌شده موجب کاهش سطوح پراکسید هیدروژن با افزایش میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز شده است. تجمع اسید سالیسیلیک در شرایط تنش زیستی و غیر زیستی نشان‌دهنده نقش این ماده به‌عنوان یک مولکول پیام‌رسان در سامان‌دهی هوموستازی پتانسیل اکسید و احیاء سلولی می‌باشد (اپل<sup>۸</sup> و همکاران، ۲۰۰۴).

در برخی تحقیقات نتایج متضاد با نتایج این تحقیق گزارش گردیده است، به‌طور مثال در پژوهش صورت گرفته روی گیاه ماریتیغال، پرایمینگ بذرها با محلول اسید سالیسیلیک در غلظت‌های ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌مولار، منجر به کاهش میزان آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز در

گیاه شده که با تأثیر بر رشد و تقسیمات سلولی منجر به افزایش رشد گیاه می‌شود (شکیرووا<sup>۱</sup>، ۲۰۰۷).

نتایج جدول مقایسه میانگین صفات بیوشیمیایی (جدول ۴ و ۵) نیز حاکی از آن بود که پرایمینگ بذرها به‌ویژه با اسید سالیسیلیک تأثیر مثبتی بر این صفات داشته به‌طوری‌که عدم تیمار پرایمینگ بذر موجب کمترین مقدار شاخص سبزیگی، آنزیم پراکسیداز، میزان پرولین، درصد نیتروژن کل، پتاسیم، فسفر و کلسیم شد. کمترین درصد سدیم نشاء گوجه‌فرنگی نیز در پرایمینگ ۲/۵ و ۳ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک به مدت ۲۴ ساعت به دست آمد و در نشاء‌های گوجه‌فرنگی حاصل از بذرهای پرایمینگ نشده نیز بالاترین درصد سدیم حاصل گردید. هم‌چنین با افزایش غلظت محلول اسید سالیسیلیک، مقدار صفات بیوشیمیایی مورد بررسی افزایش معنی‌داری یافت به‌گونه‌ای که در بالاترین غلظت یعنی ۳ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک، بالاترین شاخص سبزیگی، آنزیم پراکسیداز، میزان پرولین، درصد نیتروژن کل و پتاسیم به دست آمد. کاربرد غلظت ۲/۵ و ۳ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک موجب افزایش معنی‌دار غلظت فسفر نسبت به بقیه تیمارها شد.

به‌طور کلی می‌توان اظهار داشت که در بین ترکیبات مورد استفاده جهت پرایمینگ بذرها، اسید سالیسیلیک با غلظت سه میلی‌گرم بر لیتر تأثیر بیشتری بر افزایش میزان سبزیگی گیاه داشته است به‌گونه‌ای که با افزایش غلظت و مدت‌زمان پرایمینگ بذرها، سبزیگی بیشتری در برگ‌های نشاء گوجه‌فرنگی تولید شده است. در پژوهشی اثر پرایمینگ بذرها شنبلیله با محلول اسید سالیسیلیک و جیبرلین مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده شد میزان سبزیگی برگ گیاهان حاصل از بذرهای غوطه‌ور شده در اسید سالیسیلیک بیشتر از تیمار جیبرلین و آب مقطر می‌باشد (فرهمند فر و همکاران، ۲۰۱۳).

به‌طور کلی مشخص شده است که اسید سالیسیلیک میزان رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی را افزایش می‌دهد (پاندا<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۷، خوداری<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۴). محققان گزارش دادند که کاربرد اسید سالیسیلیک، سرعت

<sup>5</sup> Ahmadpour Dehkordi and Baluchi

<sup>6</sup> Yanik

<sup>7</sup> Wang

<sup>8</sup> Apel

<sup>1</sup> Shakirova

<sup>2</sup> Panda

<sup>3</sup> Khodary

<sup>4</sup> Gill and tuteja

Table 5. Comparison of the effect of priming and different duration on some traits of tomato transplant

پرایمینگ	زمان (ساعت)	یکنواختی جوانه‌زنی	ارتفاع نشاء (سانتی‌متر)	طول ریشه (سانتی‌متر)	قطر طوقه (میلی‌متر)	وزن تر اندام هوایی (گرم)	وزن تر ریشه (گرم)	وزن خشک اندام هوایی (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)	تعداد برگ	مساحت برگ (سانتی‌متر مربع)	شاخص سبزیگی SPAD	آنزیم پراکسیداز (واحد/گرم/دقیقه)	سدیم Sodium (%)
Priming	Time (h)	Germination uniformity	Transplant height (cm)	Root length (cm)	Crown diameter (mm)	Shoot fresh weight (g)	Root fresh weight (g)	Shoot dry weight (g)	Root dry weight (g)	Number of leaves	Leaf Area (cm <sup>2</sup> )	SPAD	Peroxidase enzyme (unit/g.min <sup>-1</sup> )	Sodium (%)
شاهد	-	87.333 <sup>a</sup>	8.267 <sup>e</sup>	9.833 <sup>ghi</sup>	2.940 <sup>g</sup>	1.987 <sup>g</sup>	0.708 <sup>e</sup>	0.168 <sup>g</sup>	0.056 <sup>de</sup>	27.00 <sup>d</sup>	39.833 <sup>f</sup>	39.850 <sup>f</sup>	5133.00 <sup>d</sup>	8.177 <sup>a</sup>
SA 2mg/l	12	59.333 <sup>bcd</sup>	8.867 <sup>de</sup>	9.433 <sup>i</sup>	3.403 <sup>f</sup>	2.335 <sup>f</sup>	0.806 <sup>cde</sup>	0.212 <sup>f</sup>	0.049 <sup>e</sup>	30.00 <sup>cd</sup>	51.100 <sup>e</sup>	56.013 <sup>bc</sup>	5218.333 <sup>cd</sup>	3.523 <sup>d</sup>
	18	55.333 <sup>cde</sup>	9.533 <sup>d</sup>	10.133 <sup>gh</sup>	3.553 <sup>ef</sup>	2.507 <sup>de</sup>	0.864 <sup>bcd</sup>	0.220 <sup>ef</sup>	0.074 <sup>bc</sup>	31.667 <sup>bc</sup>	52.500 <sup>de</sup>	53.990 <sup>cd</sup>	5219.667 <sup>cd</sup>	3.477 <sup>d</sup>
	24	68.667 <sup>bc</sup>	11.867 <sup>c</sup>	9.700 <sup>hi</sup>	3.610 <sup>de</sup>	2.629 <sup>d</sup>	0.946 <sup>b</sup>	0.224 <sup>def</sup>	0.079 <sup>bc</sup>	30.333 <sup>cd</sup>	53.133 <sup>cde</sup>	50.750 <sup>e</sup>	5903.667 <sup>cd</sup>	2.500 <sup>ef</sup>
SA 2.5mg/l	12	42.667 <sup>ef</sup>	11.233 <sup>c</sup>	12.167 <sup>de</sup>	3.633 <sup>de</sup>	2.372 <sup>ef</sup>	0.810 <sup>cd</sup>	0.218 <sup>ef</sup>	0.070 <sup>cd</sup>	33.667 <sup>abc</sup>	53.900 <sup>cde</sup>	52.413 <sup>de</sup>	6261.667 <sup>c</sup>	3.307 <sup>de</sup>
	18	66.333 <sup>bc</sup>	11.567 <sup>c</sup>	10.600 <sup>gh</sup>	3.573 <sup>ef</sup>	2.517 <sup>de</sup>	0.831 <sup>cd</sup>	0.253 <sup>cd</sup>	0.070 <sup>cd</sup>	30.00 <sup>cd</sup>	55.567 <sup>cd</sup>	53.527 <sup>cde</sup>	7339.00 <sup>b</sup>	2.977 <sup>def</sup>
	24	47.333 <sup>def</sup>	11.900 <sup>c</sup>	10.900 <sup>ig</sup>	3.843 <sup>c</sup>	2.849 <sup>c</sup>	0.768 <sup>de</sup>	0.253 <sup>cd</sup>	0.066 <sup>cd</sup>	34.333 <sup>ab</sup>	53.333 <sup>cde</sup>	52.767 <sup>de</sup>	7905.333 <sup>b</sup>	2.333 <sup>f</sup>
SA 3mg/l	12	41.333 <sup>ef</sup>	11.500 <sup>c</sup>	11.267 <sup>ef</sup>	3.763 <sup>cd</sup>	2.511 <sup>de</sup>	0.900 <sup>bc</sup>	0.234 <sup>def</sup>	0.076 <sup>bc</sup>	30.00 <sup>cd</sup>	52.033 <sup>de</sup>	55.980 <sup>bc</sup>	7278.00 <sup>b</sup>	3.360 <sup>d</sup>
	18	67.333 <sup>bc</sup>	14.167 <sup>a</sup>	14.167 <sup>a</sup>	3.910 <sup>bc</sup>	3.065 <sup>b</sup>	0.887 <sup>bc</sup>	0.266 <sup>bc</sup>	0.076 <sup>bc</sup>	33.333 <sup>abc</sup>	61.133 <sup>a</sup>	57.263 <sup>ab</sup>	10065.333 <sup>a</sup>	3.00 <sup>def</sup>
	24	68.667 <sup>bc</sup>	14.267 <sup>a</sup>	12.367 <sup>d</sup>	4.077 <sup>ab</sup>	3.382 <sup>a</sup>	1.164 <sup>a</sup>	0.314 <sup>a</sup>	0.103 <sup>a</sup>	35.667 <sup>a</sup>	63.600 <sup>a</sup>	59.300 <sup>a</sup>	10873.00 <sup>a</sup>	2.240 <sup>f</sup>
آب مقطر Distilled water	12	72.667 <sup>b</sup>	13.100 <sup>b</sup>	18.140 <sup>b</sup>	4.107 <sup>a</sup>	3.181 <sup>b</sup>	1.249 <sup>a</sup>	0.282 <sup>b</sup>	0.090 <sup>ab</sup>	35.667 <sup>a</sup>	60.00 <sup>ab</sup>	55.433 <sup>bcd</sup>	5693.667 <sup>cd</sup>	5.813 <sup>c</sup>
	18	59.667 <sup>bcd</sup>	11.667 <sup>c</sup>	14.933 <sup>c</sup>	3.817 <sup>c</sup>	2.869 <sup>c</sup>	0.900 <sup>bc</sup>	0.242 <sup>cde</sup>	0.079 <sup>bc</sup>	32.333 <sup>abc</sup>	56.833 <sup>bc</sup>	54.603 <sup>bcd</sup>	5592.00 <sup>cd</sup>	6.813 <sup>b</sup>
24	39.667 <sup>f</sup>	13.067 <sup>b</sup>	19.200 <sup>a</sup>	3.853 <sup>c</sup>	2.947 <sup>c</sup>	1.221 <sup>a</sup>	0.251 <sup>cd</sup>	0.076 <sup>bc</sup>	35.667 <sup>a</sup>	55.100 <sup>cd</sup>	53.177 <sup>cde</sup>	4856.00 <sup>d</sup>	6.337 <sup>bc</sup>	

Means followed by the same letter(s) in each column are not significantly different at the 5% level

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح 5٪ باهم ندارند.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر پرایمینگ و مدت‌زمان‌های مختلف بر برخی صفات نشاء گوجه‌فرنگی

با محلول اسید سالیسیلیک در غلظت ۰/۱ میلی‌مولار، میزان عنصر پتاسیم در اندام هوایی افزایش و میزان سدیم، کاهش پیدا کرد. محققان بیان داشته‌اند که اسید سالیسیلیک موجب کاهش وضعیت تنشی از طریق کم کردن تجمع یونها در درون سلول‌های گیاهان می‌شود. کاربرد اسید سالیسیلیک خارجی موجب افزایش میزان اسید سالیسیلیک داخلی شده و در نتیجه بسیاری از تغییرات فیزیولوژیکی را موجب می‌شود. تیمار با اسید سالیسیلیک موجب افزایش فعالیت و جابجایی مواد ذخیره مورد نیاز برای رشد گیاه می‌شود، زیرا عناصری نظیر کلسیم، پتاسیم، فسفر و نیتروژن برای عملکرد زیستی منظم موجودات زنده حیاتی می‌باشند (جینی و جوزف، ۲۰۱۷).

#### نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که اسید سالیسیلیک در غلظت‌های معین قادر است به بهبود جوانه‌زنی بذرهای گیاه گوجه‌فرنگی از طریق تنظیم فرایندهای فیزیولوژیک و بیوشیمیایی کمک کند. پرایمینگ بذر با اسید سالیسیلیک در غلظت سه میلی‌گرم در لیتر و در زمان‌های طولانی‌تر تأثیر مثبتی بر اغلب صفات داشت، اما در ارتباط با مدت‌زمان پرایمینگ، نتایج مربوط به هر صفت متفاوت بود.

#### سپاسگزاری

این پژوهش با همکاری بخش باغبانی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه خلیج فارس و مرکز تحقیقات زیست‌فناوری دریایی خلیج فارس انجام شده است.

گیاهچه‌های حاصل در شرایط تنش شوری ۱۳/۷ و ۱۲/۸۵ دسی زیمنس بر متر گردید (معصومی زواره‌ای<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۵).

در تحقیق صورت گرفته توسط احمدپور دهکردی و بلوچی (۲۰۱۲) مشاهده شد در شرایط تنش شوری، میزان پرولین تولید شده در گیاهچه‌های حاصل از بذرهای پرایم شده با آب مقطر بیشتر از گیاهچه‌های شاهد بود، اما در شرایط تنش خشکی، پرایمینگ بذر با محلول اسید سالیسیلیک در غلظت ۲ میلی‌مولار، بیشترین میزان پرولین در گیاهچه را به دنبال داشت. الامری<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۸) با پرایمینگ اسید سالیسیلیک در گیاه گندم عنوان کردند که میزان پرولین برگ در گیاهان تحت تنش شوری و شاهد افزایش یافت. افزایش پرولین می‌تواند در نتیجه تأثیر مثبت اسید سالیسیلیک بر میزان سبزیگی، آنزیم روبیسکو و به‌طور کلی فتوسنتز باشد.

محققان بیان کرده‌اند که کاربرد بیرونی اسید سالیسیلیک موجب تغییر قابل‌توجهی در متابولیسم پرولین می‌شود به‌طوری‌که با تجمع میزان بالای پرولین آزاد در سلول‌ها کمک به حفظ فشار تورگر شده است. همچنین دیده شده که در شرایط تنش شوری و با غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک میزان فعالیت آنزیم پرولین اکسیداز به‌شدت کاهش می‌یابد (میسرا و ساکسنا<sup>۳</sup>، ۲۰۰۹).

در برخی از پژوهش‌ها محققین به تأثیر پرایمینگ بذر بر میزان عناصر گیاه اشاره داشته‌اند. به‌عنوان مثال، خان<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۱۰) در آزمایشی دریافتند که کاربرد اسید سالیسیلیک موجب افزایش عناصر فسفر، پتاسیم و کلسیم در گیاه ماش می‌گردد. غلامعلی‌پور<sup>۵</sup> (۲۰۱۰) در مطالعه‌ای روی گیاه کدوی تخمه‌کاغذی گزارش نمود در شرایط تنش شوری، در گیاهچه‌های حاصل از بذرهای پرایم شده با محلول اسید سالیسیلیک در غلظت‌های ۰/۲۵ و ۰/۳۵ مول بر لیتر، میزان عنصر پتاسیم جذب‌شده در اندام هوایی گیاه، افزایش و در مقابل آن، میزان سدیم کاهش یافت. در تحقیق دانشمند و همکاران، (۲۰۱۲) نیز روی گیاه ذرت، در گیاهچه‌های حاصل از بذرهای پرایم شده

<sup>4</sup> Khan

<sup>5</sup> Gholamalipour

<sup>1</sup> Masoumi Zavarian

<sup>2</sup> Alamri

<sup>3</sup> Misra and Saxena

## منابع

- Abdolahi, M. and Shekari, F. 2013. Effect of priming by salicylic acid on the vigor and performance of wheat seedlings at different planting dates. *Cereal Research*, 3(1): 17-32. [In Persian with English Summary].
- Ahmadpour Dehkordi, S. and Baluchi, H.R. 2013. Effect of seed priming on antioxidant enzymes and lipids peroxidation of cell membrane in Black Cumin (*Nigella sativa* L.) Seedling under salinity and drought stress. *Electronic Journal of Plant Production*, 5(4): 63-85. [In Persian with English Summary].
- Alamri, S.A., Siddiqui, M.H., Al-Khaishani, M.Y. and Hayssam, M.A. 2018. Response of salicylic acid on seed germination and physio-biochemical changes of wheat under salt stress. *Acta Scientific Agriculture*, 2(5): 36-42.
- Agah, F. and Nabavi Kalat, S.M. 2013. Study on the effects of priming on improving the germination indices of lentil (*Lens culinaris* Melik.) seeds under salt stress. *Journal of Seed Science and Technology*, 3(2): 53-61. [In Persian with English Summary].
- Apel, K. and Hirt, H. 2004. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Annual Review of Plant Biology*, 55: 373-399. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.55.031903.141701>
- Awasthi, P., Karki, H., Bargali, K. and Bargali, S.S. 2016. Germination and seedling growth of pulse crop (*Vigna* spp.) as affected by soil salt stress. *Current Agriculture Research Journal*, 4(2): 159-170. <https://doi.org/10.12944/CARJ.4.2.05>
- Azarnia, M., Biabani, A., Eisvand, H.R., Gholamalipour Alamdari, E. and Safikhani, S. 2016. Effect of seed priming with gibberellic acid and salicylic acid on germination characteristic and seed and seedlings physiological quality of lentil (*Lens culinaris*). *Iranian Journal of Seed Research*, 3(1): 59-73. [In Persian with English Summary].
- Bates, L.S., Waldren, R.P. and Tevre, I.V. 1973. Rapid determination of free proline for water- stress studies. *Plant and Soil*, 39: 205- 207. <https://doi.org/10.1007/BF00018060>
- Black, C.A. 1982. Method of soil analysis. Vol.2, Chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy, Madison, USA. 995p.
- Chance, A. and Maehly, A. C. 1955. Assay of catalases and proxidase. *Meth. Enzymol*, 2: 764-775. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(55\)02300-8](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(55)02300-8)
- Cavusoglu, K. and Kabar, K. 2010. Effects of hydrogen peroxide on the germination and early seedling growth of barley under NaCl and high temperature stresses. *EurAsian Journal of BioScience*, 4: 70-79. <https://doi.org/10.5053/ejobios.2010.4.0.9>
- Daneshmand, F., Arvin, M. J., Keramat, B. and Momeni, N. 2012. Interactive effects of salt stress and salicylic acid on germination and plant growth parameters of maize (*Zea mays* L.) under field conditions. *Journal of Plant Process and Function*, 1: 57-70
- Delian, E.L.E.N.A., Bădulescu, L., Dobrescu, A., Chira, L. and Lagunovschi-Luchian, V. 2017. A brief overview of seed priming benefits in tomato. *Romanian Biotechnological Letters*, 22(3): 12505-12513.
- Derderian, M.D. 1961. Determination of calcium and magnesium in plant material with EDTA. *Analytical Chemistry*, 33(12): 1796-1798. <https://doi.org/10.1021/ac60180a051>
- Gautam, S. and Singh, P.K. 2009. Salicylic acid induced salinity tolerance in corn grown under NaCl stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, 31: 1185-1190. <https://doi.org/10.1007/s11738-009-0338-8>
- Gill, S.S. and Tuteja, N. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 48(12): 909-930. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2010.08.016>

- Ghassemi-Golezani, K., Chadordooz-jeddi, A., Nasrollahzadeh, S. and Moghaddam, M. 2010. Effects of hydro-priming duration on seedling vigour and grain yield of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 38(1): 109-113.
- Gholamalipour, R. 2010. Effect of seed priming on vegetative growth and salinity tolerance in eggplant seedlings under salinity stress conditions (*Cucurbita pepo* var. *Styriaca*). *Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 6(2): 43-52. [In Persian with English Summary].
- Gunes, A., Inal, A., Alpaslan, M., Eraslan, M., Bagci, F. and Cicek, N. 2007. Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) grown under salinity. *Journal of Plant Physiology*, 164: 728-736. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2005.12.009>
- Hall, J.C., Vaneerd, L.L., Miller, S.D., Owen, M.D.K., Prather, T.S., Shaner, D.L., Singh, M., Vaughn, K.C. and Weller, S.C. 2000. Future research direction for weed science. *Weed Technology*, 14: 647-658. [https://doi.org/10.1614/0890-037X\(2000\)014\[0647:FRDFWS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0890-037X(2000)014[0647:FRDFWS]2.0.CO;2)
- Harris, D., Pathan, A.K., Gothkar, P., Joshi, A., Chivasa, W. and Nyamudeza, P. 2001. On-farm seed priming: using participatory methods to revive and refine a key technology *Agricultural Systems*, 69: 151-164. [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(01\)00023-3](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(01)00023-3)
- Havre, G.N. 1961. The flame photometric determination of sodium, potassium and calcium in plant extracts with special reference to interference effects. *Analytica Chimica Acta*, 25(6): 557-566. [https://doi.org/10.1016/0003-2670\(61\)80134-7](https://doi.org/10.1016/0003-2670(61)80134-7) ; [https://doi.org/10.1016/S0003-2670\(01\)81614-7](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(01)81614-7)
- Hayat, S., Fariduddin, Q., Ali, B. and Ahmad, A. 2005. Effect of salicylic acid on growth and enzyme activities of wheat seedlings. *Acta Agronomica Hungarica*, 53(4): 433-437. <https://doi.org/10.1556/AAgr.53.2005.4.9>
- Hochmuth, G.J. and Hochmuth, R.C. 2013. Production of greenhouse Tomatoes-Florida greenhouse vegetable production handbook. University of Florida. Institute of Food and Agricultural Sciences. Corporate contributor: Florida Cooperative Extension.
- Hus, J.L. and Sung, J.M. 1997. Antioxidant role of glutation associated with accelerated agina and hydration of triploid watermelon seeds. *Physiologia Plantarum*, 100: 967-974. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.1997.1000424.x>
- Isvand, H., Azarnia, M., Nazarian Firoozabadi, F. and Sharafi, R. 2012. Effects of priming by gibberellin and abscisic acid on emergence and some physiological characters of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) seedling under dry and irrigated conditions. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 42(4): 789-797. [In Persian with English Summary].
- Jini, D. and Joseph, B. 2017. Physiological mechanism of salicylic acid for alleviation of salt stress in rice. *Rice Science*, 24(2): 97-108. <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2016.07.007>
- Kabiri, R., Hatami, A. and Naghizadeh, M. 2014. Effect of drought stress and its interaction with salicylic acid on Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) germination and early seedling growth. *Journal of Medicinal Plants and By-Product*, 3(2): 107-116.
- Khan, N., Syeed, S., Masood, A., Nazar, R., and Iqbal, N. 2010. Application of salicylic acid increases contents of nutrients and antioxidative metabolism in mungbean and alleviates adverse effects of salinity stress. *International Journal of Plant Biology*, 1(1): e1-e1. <https://doi.org/10.4081/pb.2010.e1>
- 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(1): 5-8.

- Masoumi Zavarian, A., Yousefi Rad, M. and Asghari, M. 2015. The effect of salicylic acid pre-treatment on the characteristics of sting and biochemical characteristics of Marigold (*Silybum marianum* L.) in salinity. *Journal of Seed Research*, 5(2): 40-48. [In Persian with English Summary].
- McDonald, M.B. 2000. Seed priming. (Black M. and Bewley, J.D. Eds.). Sheffield Academic Press. 287-325.
- Misra, N., and Saxena, P. 2009. Effect of salicylic acid on proline metabolism in lentil grown under salinity stress. *Plant Science*, 177(3): 181-189. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2009.05.007>
- Mohammadi, L. and Shekari, F. 2015. Examination the effects of hydro-priming and priming by salicylic acid on lentil aged seeds. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 8(3): 420-426.
- Mohammadi, L., Shekari, F., Saba, J. and Zangani, E. 2017. Effects of priming with salicylic acid on safflower seedlings photosynthesis and related physiological parameters. *Journal of Plant Physiology & Breeding*, 7(1): 1-13. [In Persian with English Summary].
- Mohammadi, L., Shekari, F., Saba, J. and Zangani, E. 2011. Seed priming by salicylic acid affected vigor and morphological traits of safflower seedlings. *Modern Agricultural Science*, 7(2): 63-72. [In Persian with English Summary].
- Ogbaji, P.O., Shahrajabian, M.H. and Xue, X. 2013. Changes in germination and primarily growth of three cultivars of tomato under diatomite and soil materials in auto-irrigation system. *International Journal of Biology*, 5(3): 80. <https://doi.org/10.5539/ijb.v5n3p80>
- Panda, S.K. and Patra, H.K. 2007. Effect of salicylic acid potentiates cadmium-induced oxidative damage in *Oryza sativa* L. leaves. *Acta Physiologiae Plantarum*, 29(6): 567-575. <https://doi.org/10.1007/s11738-007-0069-7>
- Sakhabutdinova, A.R., Fatkhutdinova, D.R., Bezrukova, M.V. and Shakirova, F.M. 2003. Salicylic acid prevents the damaging action of stress factors on wheat plants. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, 21: 314-319.
- Shakirova, F.M. 2007. Role of hormonal system in the manifestation of growth promoting and anti-stress action of salicylic acid. Pp. 69-89. In: Hayat, S. and Ahmad, A. (eds). *Salicylic Acid. A Plant Hormone*. Springer, Netherlands. [https://doi.org/10.1007/1-4020-5184-0\\_4](https://doi.org/10.1007/1-4020-5184-0_4)
- Shekari, F., Baljani, R., Saba, J., Afsahi, K. and Shekari, F. 2010. Effects of priming by salicylic acid on growth traits of borago (*Borago officinalis*). *Modern Agriculture Science*, 18: 47-53. [In Persian with English Summary].
- Wang, Y.S., Wang, J., Yang, Z.M., Wang, Q.Y., Lu, B., Li, S.Q. and Sun, X. 2004. Salicylic acid modulates aluminum-induced oxidative stress in roots of *Cassia tora*. *Acta Botanica Sinica-English Edition*, 46(7): 819-828.
- Yanik, F., Aytürk, O., Çetinbaş-Genç, A. and Vardar, F. 2018. Salicylic acid-induced germination, biochemical and developmental alterations in rye (*Secale cereale* L.). *Acta Botanica Croatica*, 77(1): 45-50. <https://doi.org/10.2478/botcro-2018-0003>
- Zarandi, M., and Khajeh Hosseini, M. 2016. Influence of weed interaction and priming of seeds on growth indices of different masses of watermelon (*Citrus lanatus*) seed. *Journal of Plant Production Research*, 26(1): 31-51. [In Persian with English Summary].
- Zhang, M., Wang, Z., Yuan, L., Yin, C., Cheng, J., Wang, L. and Zhang, H. 2012. Osmopriming improves tomato seed vigor under aging and salinity stress. *African Journal of Biotechnology*, 11(23): 6305-6311. <https://doi.org/10.5897/AJB11.3740>

Research Article

## Effect of salicylic acid priming on seed germination and morphophysiological and biochemical characteristics of tomato seedling (*Lycopersicon esculentum*)

Leila Karami<sup>1,\*</sup>, Mohammad Hedayat<sup>1</sup>, Somayeh Farahbakhsh<sup>2</sup>

### Extended abstract

**Introduction:** Seed germination is a complex and dynamic stage of plant growth, and seed priming is a technique by which the seeds obtain germination potential physiologically and biochemically before being placed on growth media and facing the ecological conditions of the environment. Seed priming increases yield and antioxidant enzymes in plants by increasing germination and seed vigor and as a result, increases percentage of germination. Several studies have investigated the effect of seed priming with organic materials including salicylic acid on improving seed germination in various plant species. Research results have shown that salicylic acid can be used as a growth regulator to increase the germination of plants. Tomato, with scientific name of *Lycopersicon esculentum* (Mill), belongs to the Solanaceae family and is widely adapted to different climatic and soil conditions. The aim of this study was to evaluate the effect of different concentrations of Salicylic acid on seed germination and some factors of morphophysiological and biochemical traits of tomato seedlings.

**Materials and methods:** This research was conducted as factorial in a completely randomized design, including priming treatment in 3 time frames (12, 18 and 24 hours) with three replications. Priming treatments consisted of salicylic acid (2, 2.5 and 3 mg/l) and distilled water. The measured traits were germination parameters including percentage, time, rate, and uniformity of germination and morphological traits including transplant height, crown diameter, root length, leaf number, and leaf area, shoot and root fresh and dry weight and biochemical traits including chlorophyll, peroxidase enzyme, proline, total nitrogen, potassium, calcium, phosphorus, and sodium.

**Results:** The favorable effect of salicylic acid was obtained at the concentration of 3 mg/l on mean germination time compared to the distilled water. The positive effect of salicylic acid was observed on transplant height and leaf area (at the concentration of 3 mg/l at 18 and 24 hours' time frame), shoot and root fresh and dry weight (at 24 hours) compared to the control. Immersion in distilled water for a period of 12 and 24 hours resulted in the highest root length, while salicylic acid treatment reduced root length significantly. The highest transplant height (14.3 cm), leaf number (34), chlorophyll index (59), peroxidase enzyme (10873 unit/g.min<sup>-1</sup>), total nitrogen (2.89%), potassium (9.81%), and proline content (14.80 μM/g fresh weight) were observed in 24 hours treatment with concentration of 3 mg / l salicylic acid.

**Conclusion:** According to the results of this study, salicylic acid at certain concentration improves seeds germination of tomato plants through the regulation of physiologic and biochemical processes. It seems that salicylic acid led to increase in plant growth and improvement of seed germination and morphophysiological parameters of the tomato via affecting cell growth and division. Seed priming with salicylic acid at the concentration of 3 mg/l and in longer time frames had positive effect on most traits, whereas the results for each trait were different in relation to priming time.

**Keywords:** Seed priming, Salicylic acid, Tomato

### Highlights:

- 1-Priming of tomato seed in distilled water for 18 hours reduces the time of seed germination.
- 2-Salicylic acid can be used as an appropriate pretreatment for producing seedlings with better quantitative and qualitative characteristics by affecting the morpho-physiologic and biochemical properties of tomato seedlings.

<sup>1</sup> Assistant Professor of Horticulture Sciences, Department of Horticulture Resources Faculty of Agriculture and Natural Resources, Persian Gulf University, Bushehr, Iran

<sup>2</sup> Organization of Agriculture Jihad, Bushehr, Iran

\*Corresponding author, E-mail: [leila.karami@pgu.ac.ir](mailto:leila.karami@pgu.ac.ir)

