



علوم و تحقیقات بذر ایران

سال دوازدهم / شماره سوم / ۱۴۰۴ (۸۲-۶۵)

مقاله پژوهشی

DOI: 10.22124/jms.2025.9428



ارزیابی اثر پرایمینگ بذر با اسید سالیسیلیک بر تحمل به تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی و رشد گیاهچه گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) رقم هیبرید بریویو

رضا رضوانی^{۱*}، عباس بیابانی^۲، زهرا تقی‌زاده طبری^۳، معصومه نعیمی^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۹/۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۱۹

چکیده

مرحله جوانه‌زنی نقش کلیدی در رشد و استقرار اولیه گیاه دارد و تکنیک پرایمینگ بذر با ایجاد تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی، بذر را پیش از قرارگیری در بستر کاشت برای جوانه‌زنی مؤثر آماده می‌سازد. این پژوهش در سال ۱۴۰۴ با هدف بررسی تأثیر پرایمینگ بذر گوجه‌فرنگی رقم هیبرید بریویو با اسید سالیسیلیک بر شاخص‌های جوانه‌زنی و پارامترهای رشدی گوجه‌فرنگی تحت تنش شوری، در دو آزمایش مجزا (آزمایشگاه و گلخانه) به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس اجرا گردید. فاکتورهای آزمایش شامل اسید سالیسیلیک در چهار سطح (۰، ۲، ۵/۲ و ۳ میلی‌گرم بر لیتر) و شوری در پنج سطح (۰، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) بودند. نتایج حاصل از آزمون جوانه‌زنی ۱۴ روزه در آزمایشگاه نشان داد که پرایمینگ بذر با اسید سالیسیلیک در شرایط تنش شوری موجب بهبود صفات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه گوجه‌فرنگی از جمله درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول گیاهچه، وزن خشک، شاخص بنیه بذر و همچنین محتوای کلروفیل‌های a و b و کل گردید. به‌طوری‌که بیشترین سرعت جوانه‌زنی (۸/۲۲ بذر در روز) و شاخص بنیه گیاهچه (۹/۸۰) در تیمار ۳ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک و در شرایط غیر شوری مشاهده گردید. در آزمایش گلخانه نتایج حاکی از آن بود که کاربرد اسید سالیسیلیک به‌مدت پنج هفته پس از کشت بذرهای گوجه‌فرنگی در سینی‌های نشاء، سبب بهبود صفات رشدی شامل وزن خشک گیاه و محتوای کلروفیل‌های a و b و کل گردید. برهمکنش اثر اسید سالیسیلیک و شوری نشان داد که استفاده از این ماده به‌ویژه در غلظت‌های ۵/۲ و ۳ میلی‌گرم بر لیتر، اثرات منفی تنش شوری بر محتوای کلروفیل کل را تعدیل نمود؛ به‌طوری‌که تا سطح شوری ۶۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، تغییری معنی‌داری در این صفت مشاهده نشد. در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که پرایمینگ بذر گوجه‌فرنگی با اسید سالیسیلیک، به‌عنوان یک رویکرد مقرون‌به‌صرفه، قابل دسترس و کاربردی، می‌تواند تحمل گیاه به تنش شوری را تقویت کرده و به پایداری تولید این محصول در مناطق با خاک شور که حدود ۲۵ درصد از اراضی ایران را شامل می‌شود، کمک نماید.

واژه‌های کلیدی: بستر کشت، پیش‌تیمار، سرعت جوانه‌زنی، صیفی‌جات، شاخص بنیه گیاهچه، کلروفیل، ویژگی‌های رویشی

- ۱- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران.
reza.rezvani.stu@gonbad.ac.ir
 - ۲- استاد، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران.
abbas.biabani@gonbad.ac.ir
 - ۳- دکترای اکولوژی گیاهان زراعی و پژوهشگر پسادکتری بنیاد علم ایران، تهران، ایران.
zt.tabari@gmail.com
 - ۴- استادیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران.
naeemi_701@gmail.com
- *نویسنده مسئول: reza.rezvani.stu@gonbad.ac.ir

مقدمه

گوجه‌فرنگی با نام علمی *Solanum lycopersicum* L. از خانواده Solanaceae، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین صیفی‌جات در دنیا، از جایگاه ویژه‌ای در کشاورزی و امنیت غذایی برخوردار است؛ به‌گونه‌ای که با سطح زیر کشت و حجم تولید بالا، در صدر صیفی‌جات پرمصرف قرار گرفته و به‌واسطه دارا بودن مقادیر قابل توجهی از ویتامین‌ها، به‌ویژه ویتامین C، آنتی‌اکسیدان‌ها، لیکوپن و مواد معدنی ضروری؛ نقش بسزایی در تأمین نیازهای تغذیه‌ای انسان ایفا می‌کند (Mohammadi et al., 2010). این گیاه، علفی، یک‌ساله و خودبارور است که با داشتن برگ‌هایی متناوب و گل‌هایی کامل و دوجنسی، در زمهره سبزی‌های روز خنثی فصل گرم قرار می‌گیرد و به‌دلیل برخورداری از دامنه سازگاری و سیع با شرایط مختلف اقلیمی و خاکی، امکان کشت موفق آن در طیف گسترده‌ای از مناطق جغرافیایی فراهم شده است (Hochmuth and Hochmuth, 2013). مرحله جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه گوجه‌فرنگی، یکی از مراحل بحرانی چرخه رشد محسوب می‌شود که در مواجهه با تنش‌های محیطی نظیر شوری و خشکی از حساسیت بالایی برخوردار است (Foolad et al., 2003). تنش‌های غیر زیستی با ایجاد محدودیت در جذب آب، اختلال در فرآیند تجزیه ترکیبات ذخیره‌ای بذر و همچنین برهم زدن تعادل در سنتز پروتئین‌های ذخیره‌ای، سبب کاهش توانایی جوانه‌زنی بذر می‌شوند (Zamani et al., 2018). تنش شوری به‌عنوان یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیر زیستی، با ایجاد فشار اسمزی و تجمع یون‌های سدیم و کلر، تعادل عناصر غذایی و فعالیت متابولیکی گوجه‌فرنگی را مختل می‌کند. این تنش با کاهش کلروفیل و هدایت روزنه‌ای، ظرفیت فتوسنتزی گیاه را کاهش داده و از طریق تولید گونه‌های فعال اکسیژن، تنش اکسیداتیو و آسیب غشایی ایجاد می‌کند. در نتیجه، شاخص‌های رشد اولیه شامل طول ریشه و وزن خشک اندام‌های هوایی کاهش می‌یابند (Abdoli et al., 2021). از طرفی دیگر، خیساندن بذر در محلول‌هایی حاوی غلظت‌های مناسب از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی تحت عنوان تکنیک پرایمینگ یکی از راهکارهای مؤثر پیش‌کاشت به شمار می‌رود که می‌تواند با بهبود ویژگی‌های فیزیولوژیکی بذر، موجب ارتقای جوانه‌زنی، افزایش رشد اولیه و در نهایت

بهبود عملکرد گیاه در شرایط محیطی مطلوب یا تنش‌زا شود (Vijay et al., 2012). پرایمینگ بذر، یکی از روش‌های مؤثر فیزیولوژیکی پیش از کاشت است که با بهره‌گیری از ترکیبات طبیعی یا مصنوعی، موجب بهبود جوانه‌زنی در شرایط نامساعد می‌گردد. این فرایند با فعال‌سازی تدریجی مسیرهای متابولیکی، بذر را پیش از کاشت برای مواجهه با شرایط اکولوژیکی آماده می‌سازد و آن را به مرحله‌ای از آمادگی فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی می‌رساند که منجر به بهبود توان جوانه‌زنی می‌شود (Delian et al., 2017). اسید سالیسیلیک به‌عنوان یکی از ترکیبات تنظیم‌کننده رشد در گیاهان، به دلیل عملکردهای چندگانه در فرآیندهای فیزیولوژیکی و پاسخ‌های دفاعی، به‌عنوان یک شبه هورمون گیاهی مهم شناخته می‌شود. مطالعات متعددی نشان داده‌اند که اسید سالیسیلیک در شرایط تنش، با فعال‌سازی سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی گیاه، نقش مؤثری در افزایش مقاومت فیزیولوژیکی ایفا می‌کند. این ترکیب همچنین پس از رفع تنش قادر است عملکرد طبیعی گیاه را تا حدودی بازبانی کند (Ahmad et al., 2020; Chen et al., 2023). برخی محققین اظهار داشتند پرایمینگ بذر خیار (*Cucumis sativus*) با اسید سالیسیلیک در شرایط تنش شوری، موجب بهبود شاخص‌هایی از جمله درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و شاخص بنیه بذر شد (Taheri et al., 2017).

با توجه به گستردگی اراضی متأثر از تنش شوری در کشور؛ بهره‌گیری از فناوری‌های نوین در آماده‌سازی بذر، به‌عنوان روشی کارآمد برای افزایش تحمل گیاهان نسبت به تنش‌های محیطی، اهمیت زیادی دارد. این پژوهش با هدف بررسی اثر پرایمینگ بذر با اسید سالیسیلیک بر کاهش اثرات منفی شوری و بهبود ویژگی‌های جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه گوجه‌فرنگی، در محیط آزمایشگاه و گلخانه طراحی و اجراء شد تا با استفاده اصولی از اسید سالیسیلیک به‌عنوان نهاده‌های آلی در سطوح مختلف شوری، زمینه لازم برای دستیابی به تولید پایدار و بهبود کمیت و کیفیت محصول گوجه‌فرنگی فراهم گردد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌صورت فاکتوریل دو عاملی در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در دو محیط مجزا شامل

در زمان‌های مشخص انجام شد (Shumye Adilu and Gedamu Gebre, 2021). معیار جوانه‌زنی، ظهور ریشه‌چه با طول دو میلی‌متری از پوسته بذر بود (Miller and Chapman, 1978). در پایان دوره آزمایش، درصد جوانه‌زنی نهایی (GP^1) برای هر پتری محاسبه شد (Ghasemi Arian et al., 2016). سرعت جوانه‌زنی (GR^2) و میانگین مدت زمان جوانه‌زنی (MTG^3) از رابطه ۲ (Ikic et al., 2012) و ۳ (Salehzade et al., 2009) تعیین گردید.

$$GP = \frac{N'}{N} \times 100 \quad \text{رابطه ۱:}$$

GP: درصد جوانه‌زنی نهایی، N' : تعداد بذور جوانه زده تا روز آخر، N : تعداد کل بذر

$$GR = \sum_{i=1}^n \frac{Si}{Di} \quad \text{رابطه ۲:}$$

GR: سرعت جوانه‌زنی، Si : تعداد بذور جوانه‌زده در هر روز، Di : تعداد روزهای سپری شده تا شمارش ln .

$$MTG = \frac{\sum(n_i \times d_i)}{\sum n_i} \times 100 \quad \text{رابطه ۳:}$$

MTG: میانگین مدت زمان جوانه‌زنی، d_i : روز پس از کشت، n_i : تعداد بذر جوانه‌زده در روز d_i : کل تعداد بذور جوانه‌زده

ضریب سرعت جوانه‌زنی (CVG^4) که مشخصه سرعت و شتاب جوانه‌زنی بذرها می‌باشد به روش Maguire (۱۹۶۲) تعیین شد (رابطه ۴).

$$CVG = \frac{G_1 + G_2 + G_3 + \dots + G_n}{(1 \times G_1) + (2 \times G_2) + (3 \times G_3) + \dots + (n \times G_n)} \quad \text{رابطه ۴:}$$

CVG: ضریب سرعت جوانه زده، $G_1 - G_n$: تعداد بذورهای جوانه‌زده از روز اول تا پایان روز چهاردهم از آزمایش.

متوسط جوانه‌زنی روزانه (MDG^5) که شاخصی از سرعت جوانه‌زنی روزانه است از رابطه ۵ (Hunter et al., 1984) تعیین گردید.

$$MDG = \frac{GP}{D} \times 100 \quad \text{رابطه ۵:}$$

GP: درصد جوانه‌زنی، D : تعداد روز تا رسیدن به حداکثر جوانه‌زنی نهایی (طول دوره آزمایش).

در انتهای آزمایش، به‌منظور ارزیابی صفات رشد گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی، تعداد ۱۰ گیاهچه به‌صورت تصادفی از هر تیمار انتخاب و طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و

آزمایشگاه و گلخانه دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس با طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۱۲ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۶ دقیقه شمالی و با ارتفاع ۴۵ متری از سطح دریا در سال ۱۴۰۴ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل اسید سالیسیلیک در چهار سطح (صفر، ۲، ۵/۲ و ۳ میلی‌گرم بر لیتر) و شوری در پنج سطح (صفر، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار) بودند. برای سطوح ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار شوری به ترتیب ۱/۷۵، ۳/۵۱، ۵/۲۶ و ۷/۰۱ گرم کلرید سدیم در ۱۰۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل گردید. برای انجام آزمایش، بذر گوجه‌فرنگی (رقم بریویو از نوع هیبرید، زودرس و تولیدی شرکت سیمینیس سال ۱۴۰۳) از شرکت آکام تجارت سبزاوران الوند تهیه شد. ابتدا بذرها جهت ضدعفونی در محلول هیپوکلریت سدیم سه درصد به مدت دو دقیقه غوطه‌ور و سپس سه مرتبه با آب دیونیزه شسته شدند.

شرایط آزمایشگاه

برای انجام آزمون جوانه‌زنی، تعداد ۲۵ بذر به‌طور جداگانه در پتری‌دیش‌های شیشه‌ای به قطر ۱۰ سانتی‌متر قرار گرفتند و روی کاغذ صافی واتمن شماره یک گذاشته شدند که پیش از آزمایش با اتوکلاو در دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۰ دقیقه ضدعفونی شده بود (Ahn and Chung, 2000). جهت اعمال تیمارهای اسید سالیسیلیک، بذرها به مدت ۲۴ ساعت در سطوح معین از اسید سالیسیلیک غوطه‌ور شدند. سپس در دمای اتاق ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند (Karami et al., 2020). به‌منظور تأمین رطوبت یکنواخت در طول جوانه‌زنی، یک لایه کاغذ صافی واتمن شماره یک روی بذرها قرار داده شد و سپس پتری‌ها به دستگاه ژرمیناتور (مدل 1 CH'RH) منتقل شدند که در آن شرایط دمایی روز و شب به ترتیب ۲۵ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد و چرخه نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی تنظیم شده بود (Kim et al., 2023). محلول‌های آماده شده به حجم یک سوم ظرفیت پتری جهت پرایمینگ روی بذرها ریخته شد و درب پتری‌ها به وسیله پارافیلیم بسته شد. روند شمارش بذورهای جوانه‌زده از روز دوم پس از کاشت آغاز و به مدت ۱۴ روز (براساس دستورالعمل‌های استاندارد آزمون جوانه‌زنی ایستا)

⁴Coefficient of Velocity of Germination

⁵Mean daily germination

¹Germination Percentage

²Germination Rate

³Mean germination time

شفاف بخش فوقانی جدا و میزان جذب محلول در طول موج‌های ۶۶۳ نانومتر برای رنگیزه کلروفیل a، ۶۴۵ نانومتر برای رنگیزه کلروفیل b با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر (UNICO, 2000, Germany) اندازه‌گیری شد (Arnon, 1967).

$$\text{Chl } a = 12.7 (A_{663}) - 2.69 (A_{645}) \times V/100$$

$$\text{Chl } b = 22.9 (A_{645}) - 4.68 (A_{663}) \times V/100$$

$$\text{Chl } T = 20.2 (A_{645}) + 8.02 (A_{663}) \times \frac{V}{1000} W$$

 در این معادلات؛ Cl a: کلروفیل a، Cl b: کلروفیل b، Cl T: کلروفیل کل، V: حجم محلول صاف شده از سانتریفیوژ برحسب میلی‌لیتر، A: جذب نور در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر و W: وزن تر نمونه بر حسب گرم است.

قبل از انجام آنالیز داده‌های آزمایش، نرمال بودن توزیع داده‌ها بوسیله نرم‌افزار Mini tab 21.4 ارزیابی شد. داده‌های درصدی تحت تبدیل زاویه‌ای (Arcsin) قرار گرفتند اما نیازی به اصلاح آن‌ها مشاهده نشد. تجزیه واریانس داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS^v 9.4 انجام گرفت و نمودارهای مربوطه با استفاده از نرم‌افزار Excell 2021 pro plus ترسیم گردید. مقایسه میانگین تیمارها، به‌روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌داری پنج درصد محاسبه شدند.

نتایج و بحث

آزمایشگاه

درصد و سرعت جوانه‌زنی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اسید سالیسیلیک و شوری بر درصد و سرعت جوانه‌زنی گیاه گوجه‌فرنگی، از نظر آماری در سطح احتمال یک درصد ($P < 0.01$) معنی‌دار بود (جدول ۱).

بررسی مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک، میزان جوانه‌زنی بذر گوجه‌فرنگی افزایش یافت؛ به‌نحوی که درصد جوانه‌زنی از ۷۵/۱۶ درصد در تیمار شاهد، به ۸۸/۵ درصد در تیمار ۳ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک رسید که افزایش ۱۷/۸ درصدی را نسبت به تیمار شاهد داشت (جدول ۲). همچنین اسید سالیسیلیک موجب بهبود سرعت جوانه‌زنی نیز شد؛

گیاهچه به‌وسیله خط‌کش بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. همچنین، نسبت طول ساقه‌چه به طول ریشه‌چه و نسبت طول ریشه‌چه به طول ساقه‌چه نیز محاسبه گردید. نمونه‌ها پس از جداسازی درون پاکت‌های کاغذی مشخص شده با کد تیمار و تکرار، قرار داده شدند و به‌مدت ۱۲ ساعت در دستگاه آون با دمای ثابت ۴۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن وزن ثابت خشک شدند. سپس وزن خشک ریشه‌چه، و گیاهچه با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم تعیین شد. درنهایت شاخص بنیه گیاهچه (VI^6) از طریق حاصل‌ضرب درصد جوانه‌زنی در طول گیاهچه محاسبه شد (Abdulkaki and Anderson, 1973).

$$VI = \frac{(SL \times GP)}{100}$$

رابطه ۶:

VI: شاخص بنیه بذر، SL: طول گیاهچه (طول ریشه‌چه + طول ساقه‌چه)، GP: درصد جوانه‌زنی نهایی

شرایط گلخانه

جهت انجام آزمایش گلخانه، بذره‌های پرایم شده گوجه‌فرنگی با غلظت‌های معین از اسید سالیسیلیک، درون سینی‌های نشاء یونولیتی کشت شدند. بستر کشت شامل ترکیبی از ۷۵ درصد کوکوپیت و ۲۵ درصد پیت ماس بود که دارای هدایت الکتریکی (EC) برابر با ۰/۲۷ میلی‌موس بر سانتی‌متر و pH برابر ۷/۵۶ بود. تنش شوری به‌صورت تدریجی با استفاده از آب شور در سطوح مختلف اعمال گردید. سینی‌های نشاء در گلخانه هوشمند با شرایط دمایی کنترل شده (دمای روزانه 25 ± 2 و دمای شبانه 18 ± 2 درجه سانتی‌گراد) و نور طبیعی نگهداری شدند (Azarmi et al., 2018). پنج هفته پس از کاشت بذور و رشد آن‌ها در سینی‌های نشاء (در مرحله چهار تا پنج برگگی)؛ صفات طول ساقه، طول ریشه، طول گیاهچه، وزن خشک ریشه و ساقه و وزن خشک گیاهچه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. برای سنجش محتوی رنگیزه‌های فتوسنتزی، ابتدا میزان نیم گرم از برگ تازه گیاه گوجه‌فرنگی انتخاب و در هاون چینی با کمک نیتروژن مایع کاملاً خرد و آسیاب شد تا به‌صورت یکنواخت پودر شود. سپس ۲۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد به نمونه افزوده و مخلوط حاصل در دستگاه سانتریفیوژ (مدل Eppendorf 5810R) با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱۰ دقیقه قرار داده شد. سپس مایع

7- Statistical analysis system

6 - Vigor index

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده گوجه فرنگی تحت تأثیر اسید سالیسیلیک و شوری در آزمایشگاه

Table 1. Analysis of variance for the measured traits of *Solanum lycopersicum* under the influence of salicylic acid and salinity treatment in a laboratory environment

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	درصد جوانه زنی Germination percentage	سرعت جوانه زنی Germination rate	طول ریشه چه Radicle length	طول ساقه چه Plumule length	طول گیاهچه Seedling length	شاخص بنیه گیاهچه Seedling vigor index	وزن خشک ریشه- چه Radicle dry weight	وزن خشک ساقه چه Plumule dry weight	وزن خشک کل گیاهچه Seedling dry weight
اسید سالیسیلیک Salicylic acid	3	520.11**	22.15*	4.29**	4.10**	16.36**	27.48**	0.000002 ^{ns}	0.00001*	0.00002**
شوری Salinity	4	688.21**	81.95**	17.89**	1.61**	30.01**	48.59**	0.000016**	0.00008**	0.00017**
شوری × سالیسیلیک Salinity × Salicylic	12	18.96 ^{ns}	8.24 ^{ns}	0.31 ^{ns}	0.10**	0.64*	0.59 ^{ns}	0.0000002 ^{ns}	0.000001 ^{ns}	0.000003 ^{ns}
خطا Error	30	80.03	4.77	0.21	0.02	0.25	0.97	0.000001	0.000002	0.000003
ضریب تغییرات (%) CV (%)	-	7.56	7.42	6.63	4.72	4.90	11.63	11.04	15.81	10.06

ns, * و ** به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

ns, * and ** are non-significant, significant at the five percent and one percent probability levels, respectively

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده گوجه فرنگی تحت تأثیر اسید سالیسیلیک و شوری در شرایط آزمایشگاه

Table 2. Comparative analysis of mean measured traits of *Solanum lycopersicum* under the influence of Salicylic acid and salinity treatment in a laboratory environment

تیمارها Treatments	درصد جوانه زنی (%) Germination percentage (%)	سرعت جوانه زنی (بذر در روز) Germination rate (seed per day)	طول ریشه چه (سانتی متر) Radicle length (cm)	طول ساقه چه (سانتی متر) Plumule length (cm)	طول گیاهچه (سانتی متر) Seedling length (cm)	شاخص بنیه گیاهچه Seedling vigor index	وزن خشک ریشه چه (گرم) Radicle dry weight (g)	وزن خشک ساقه چه (گرم) Plumule dry weight (g)	وزن خشک کل (گرم) Seedling dry weight (g)
اسید سالیسیلیک (mg/ L ⁻¹) Salicylic acid									
0	75.16 ^c	7.9 ^{ab}	6.74 ^b	3.15 ^c	11.26 ^c	8.46 ^c	0.008 ^b	0.008 ^b	0.017 ^c
2	79.5 ^{bc}	7.17 ^b	8.63 ^a	4.08 ^b	12.71 ^b	10.10 ^b	0.009 ^{ab}	0.009 ^b	0.018 ^{bc}
2.5	84.83 ^{ab}	9.56 ^a	8.70 ^a	4.78	13.48 ^a	11.44 ^a	0.009 ^{ab}	0.01 ^{ab}	0.019 ^{ab}
3	88.5 ^a	9.72 ^a	8.82 ^a	4.76 ^a	13.58 ^a	12.09 ^a	0.009 ^a	0.01 ^a	0.020 ^a
شوری (mM) Salinity									
0 (Control)	93.16 ^a	11.86 ^a	9.83 ^a	5.82 ^a	13.65 ^a	11.71 ^a	0.01 ^a	0.01 ^a	0.024 ^a
30	84 ^b	8.49 ^b	9.33 ^b	5.00 ^b	12.83 ^b	10.77 ^b	0.009 ^b	0.01 ^b	0.020 ^b
60	82.33 ^b	9.64 ^{ab}	8.25 ^c	4.89 ^b	12.14 ^c	10.00 ^b	0.008 ^{bc}	0.009 ^{bc}	0.018 ^c
90	77.33 ^{bc}	8.05 ^b	7.88 ^d	4.58 ^c	10.97 ^d	8.48 ^c	0.007 ^{cd}	0.009 ^c	0.017 ^c
120	73.16 ^c	4.63 ^c	6.74 ^e	4.38 ^d	9.63 ^e	7.05 ^d	0.006 ^d	0.008 ^d	0.014 ^d

میانگین های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح معنی داری پنج درصد فاقد تفاوت معنی داری می باشند.

Means with common letters according to Duncan test at a significant level of five percent have no significant difference.

به نحوی که تفاوت میان تیمار شاهد و بالاترین سطح مصرف این ماده (۳ میلی گرم بر لیتر)، افزایشی برابر با ۲۳/۱ درصد در سرعت جوانه زنی را نشان داد (جدول ۲). در مقابل اعمال تنش شوری، اثر منفی بر فرآیند جوانه زنی داشت؛ به نحوی که درصد جوانه زنی از ۹۳/۱۶ درصد در شرایط بدون شوری، به ۷۳/۱۶ درصد در سطح ۱۲۰ میلی مولار کلرید سدیم کاهش پیدا کرد که تفاوت ۲۱/۵ درصدی را به همراه داشت. (جدول ۲). همچنین شوری در این سطح (۱۲۰ میلی مولار کلرید سدیم) منجر به کاهش ۶۱ درصدی سرعت جوانه زنی شد (جدول ۲).

شواهد علمی نشان می دهد که پیش تیمار بذرهای فلفل دلمه ای (*Capsicum annuum* L.) که از خانواده سولاناسه است با اسید سالیسیلیک قبل از نشاء، می تواند در شرایط تنش شوری با شکستن خواب فیزیولوژیک بذرهای تازه، درصد و سرعت جوانه زنی را افزایش دهد (Barwal et al., 2023). این ترکیب با تحریک مسیرهای متابولیکی درون بذری، فرآیند جوانه زنی را تسریع کرده و موجب یکنواختی در رویش گیاهچه ها می شود (Barwal et al., 2023). با توجه به این که فرآیند جوانه زنی، مرحله ای حیاتی در آغاز چرخه زندگی گیاه محسوب می شود، بازه زمانی بین کاشت تا استقرار کامل گیاهچه تأثیر بسزایی در موفقیت استقرار، رشد اولیه، سازگاری گونه با شرایط اکولوژیکی جدید و عملکرد نهایی دارد (Agah and Nabavi Kalat, 2013). در این میان، گوجه فرنگی به عنوان یکی از محصولات حساس به شرایط اولیه رشد، نیازمند جوانه زنی سریع و یکنواخت است؛ چرا که این ویژگی، تأثیر مستقیمی بر افزایش عملکرد و بهبود کیفیت نهایی محصول دارد (Zhang et al., 2012). براساس گزارش های موجود، درفشی و همکاران (Darafshi et al., 2025) در مطالعه ای اعلام کردند که درصد و سرعت جوانه زنی گیاه گوجه فرنگی تحت تأثیر غلظت ۰/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک در محیط مزرعه، به ترتیب ۱۶ و ۲۸ درصد نسبت به شاهد (عدم کاربرد اسید سالیسیلیک) افزایش یافت.

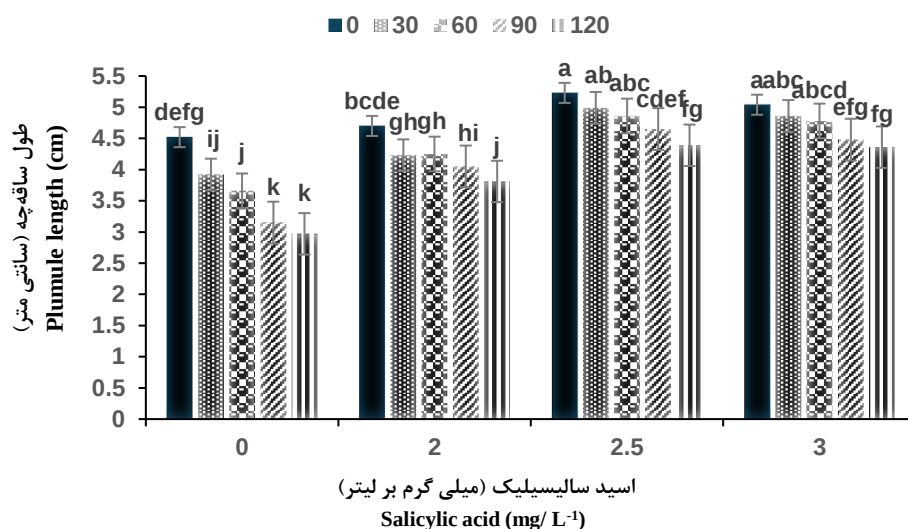
طول ریشه چه، ساقه چه و گیاهچه

نتایج بررسی داده ها نشان داد که اثر مستقل عامل اسید سالیسیلیک و شوری بر صفات طول ریشه چه، طول ساقه چه و طول گیاهچه گوجه فرنگی در سطح احتمال یک درصد ($P < 0/01$) معنی دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین

تیمارها نشان داد که با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک، افزایش معنی داری در طول ریشه چه، طول ساقه چه و طول گیاهچه گوجه فرنگی مشاهده شد. به نحوی که تیمار ۳ میلی گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک، موجب افزایش ۳۰/۹ درصدی طول ریشه چه و ۵۱/۱ درصدی طول ساقه چه نسبت به شاهد شد (جدول ۲). با اعمال بالاترین سطح تنش شوری (۱۲۰ میلی مولار کلرید سدیم) رشد اولیه گیاهچه گوجه فرنگی تحت تأثیر قرار گرفت؛ به نحوی که طول ریشه چه و ساقه چه به ترتیب ۳۱/۸ و ۲۴/۷ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. برهمکنش اثر عامل اسید سالیسیلیک و شوری روی صفت طول ساقه چه در سطح یک درصد ($P < 0/01$) معنی دار شد (شکل ۱)، در حالی که برهمکنش اثر آن ها روی طول ریشه چه از نظر آماری معنی دار نبود. بررسی مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک، طول گیاهچه گوجه فرنگی افزایش یافت، اما بین دو سطح ۲/۵ و ۳ میلی گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک تفاوت معنی داری مشاهده نشد. با این حال؛ این دو سطح بیشترین طول گیاهچه را به خود اختصاص دادند و به ترتیب افزایشی معادل ۱۹/۷۲ و ۲۰/۶۰ درصدی نسبت به شاهد داشتند. همچنین با افزایش شدت تنش شوری، طول گیاهچه گوجه فرنگی به طور معنی داری کاهش پیدا کرد. به نحوی که در سطح ۱۲۰ میلی مولار شوری، کمترین طول گیاهچه ثبت گردید (جدول ۲). برهمکنش اثر دو عامل اسید سالیسیلیک و شوری نشان داد که کاربرد اسید سالیسیلیک به صورت پرایمینگ، موجب تضعیف اثرات مضر شوری بر رشد گیاه گوجه فرنگی شد. اگرچه تفاوت معنی داری بین غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک مشاهده نگردید (شکل ۲). برخی محققان اعلام کردند که به احتمال زیاد اسید سالیسیلیک با تنظیم و پایدار سازی سطح هورمون های رشد از جمله اکسین و سیتوکینین در بافت های گیاهی، موجب افزایش فرآیند تقسیم سلولی در مریستم های انتهایی ریشه و ساقه شده که این امر در نهایت به افزایش رشد رویشی گیاه منجر می شود (Sakhabutdinova et al., 2003).

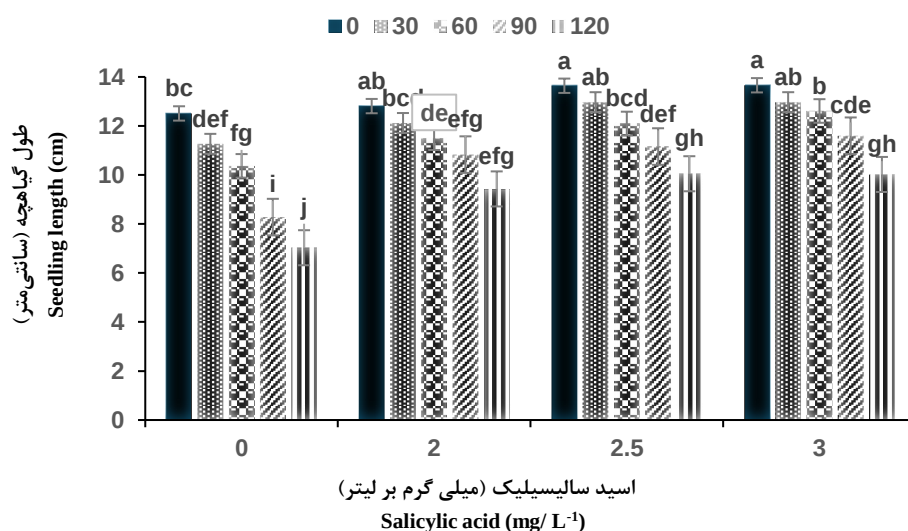
شاخص بنیه گیاهچه

بر اساس داده های بدست آمده در این آزمایش مشخص شد که اثر مستقل عامل اسید سالیسیلیک و شوری در سطح احتمال یک درصد ($P < 0/01$) بر شاخص بنیه طولی



شکل ۱- برهمکنش اثر اسید سالیسیلیک و شوری بر طول ساقچه گیاهچه

Figure 1- The interaction effect of salicylic acid and salinity on the plumule length of *Solanum lycopersicum*



شکل ۲- برهمکنش اثر اسید سالیسیلیک و شوری بر طول گیاهچه (مجموع طول ساقچه و ریشه‌چه) گیاهچه

Figure 2- The interaction effect of salicylic acid and salinity on the seedling length of *Solanum lycopersicum*

بیشترین میزان شاخص بنیه طولی گیاهچه در غلظت ۳ میلی گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد، افزایش ۴۲/۹ درصدی داشت. از سوی دیگر، افزایش سطوح تنش شوری سبب کاهش معنی دار در بنیه گیاهچه گیاهچه‌ها شد. به نحوی که بیشترین مقدار شاخص بنیه طولی گیاهچه (۱۱/۷۱) در شرایط بدون تنش ثبت شد و در تیمار با شوری ۱۲۰ میلی مولار، این مقدار با ۳۹/۸ درصد کاهش همراه بود (جدول ۲). اثر

گیاهچه گیاهچه‌ها معنی دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که افزایش غلظت اسید سالیسیلیک تا ۲/۵ میلی گرم بر لیتر منجر به افزایش قابل توجه شاخص بنیه طولی گیاهچه‌ها شد؛ شاخصی که ترکیبی از درصد جوانه زنی نرمال و طول گیاهچه را در بر می گیرد. با این حال، افزایش غلظت اسید سالیسیلیک به ۳ میلی گرم بر لیتر، تفاوت آماری معنی داری نسبت به غلظت ۲/۵ میلی گرم بر لیتر ایجاد نکرد. در این بین،

سالیسیلیک) موجب بهبود فرآیند جوانه‌زنی و افزایش صفات رشد اولیه و وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و کل گیاهچه فلفل دلمه‌ای تحت شرایط تنش شوری گردید (Barwal et al., 2023).

گلخانه

طول ریشه، ساقه و گیاهچه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که طول ریشه، طول ساقه و طول گیاه گوجه‌فرنگی به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ($P < 0.01$) تحت تأثیر دو عامل مستقل اسید سالیسیلیک و شوری قرار گرفت (جدول ۳)، اما برهمکنش اثر آن‌ها بر این صفت از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۳).

براساس نتایج مقایسه میانگین تیمارها، بالاترین غلظت اسید سالیسیلیک (۳ میلی گرم بر لیتر) منجر به افزایش ۲۰/۵۷ درصدی طول ساقه نسبت به شاهد شد، در حالی که بالاترین سطح تنش شوری (۱۲۰ میلی مولار) با کاهش ۹/۷۵ درصدی طول ساقه نسبت به شاهد همراه بود (جدول ۴). همچنین مشاهده شد که اعمال تنش شوری باعث کاهش طول ریشه شد، اما بین سطوح مختلف شوری به‌جز سطح شاهد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴). استفاده از اسید سالیسیلیک با غلظت ۳ میلی گرم بر لیتر منجر به افزایش ۱۳/۵ درصدی طول گیاهچه نسبت به شاهد شد، هرچند این افزایش نسبت به غلظت ۲/۵ میلی گرم بر لیتر تفاوت معنی‌داری نداشت و هر دو سطح بیشترین مقدار طول گیاه را نشان دادند (جدول ۴).

همچنین تنش شوری موجب کاهش طول گیاه گردید. اما تفاوت قابل توجهی بین سطوح ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی مولار شوری مشاهده نشد (جدول ۴). در مطالعه‌ای با ارزیابی اثر پرایمینگ اسپرمیدین و هیدرو پرایمینگ (آب مقطر) بذر خیار (*Cucumis sativus* L.) تحت تنش شوری گزارش کردند که با افزایش سطوح تنش شوری، طول ریشه و طول ساقه در بذور پرایم شده نسبت به شاهد (عدم پرایمینگ) به‌طور قابل توجهی کاهش یافت و مشخص شد که بذور پرایم اسپرمیدین نسبت به بذور هیدروپرایمینگ در برابر اثرات تنش شوری خیار از حساسیت بیشتری برخوردار بود (Javedanipour and Feizi, 2022).

منفی تنش شوری بر بنیه گیاهچه، احتمالاً ناشی از کاهش توانایی بذر در جذب آب و همچنین اختلال در سنتز پروتئین‌های جنینی است (Hampson and Simposon, 1990).

وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و کل

نتایج تجزیه واریانس بدست آمده از داده‌های این آزمایش نشان داد که اثر عامل مستقل شوری از نظر آماری تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ($P < 0.01$) بر صفت وزن خشک ریشه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه داشت. همچنین عامل اسید سالیسیلیک، اثر معنی‌داری بر صفت وزن خشک ساقه‌چه در سطح احتمال پنج درصد ($P < 0.05$) داشت. با این حال؛ برهمکنش اثر دو عامل اسید سالیسیلیک و شوری بر صفات مذکور، تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۱). بررسی مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک تا ۳ میلی گرم بر لیتر، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه گوجه‌فرنگی به‌ترتیب ۱۲/۵ و ۲۵ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت (جدول ۲). در مقابل، افزایش غلظت شوری تا ۱۲۰ میلی مولار کلرید سدیم، منجر به کاهش وزن خشک ریشه‌چه (۴۰ درصد) و ساقه‌چه (۲۰ درصد) نسبت به شاهد گردید. البته با سطوح ۹۰ میلی مولار کلرید سدیم، تفاوت آماری معنی‌داری در وزن خشک ریشه‌چه مشاهده نشد (جدول ۲). همچنین نتایج بیانگر آن بود که اثر عامل مستقل اسید سالیسیلیک و شوری در سطح احتمال یک درصد ($P < 0.01$)، تأثیر معنی‌داری بر صفت وزن خشک کل گیاهچه گوجه‌فرنگی داشت (جدول ۱). بررسی داده‌ها نشان داد که با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک، مقدار وزن خشک کل گوجه‌فرنگی افزایش یافت (جدول ۲). بیشترین مقدار این صفت در تیمار ۳ میلی گرم بر لیتر مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد، افزایشی معادل ۱۷/۷ درصد نشان داد (جدول ۲). البته بین تیمارهای ۲/۵ و ۳ میلی گرم بر لیتر، تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). از سوی دیگر، بالاترین سطح شوری (۱۲۰ میلی مولار کلرید سدیم) منجر به کاهش ۴۱/۷ درصد وزن خشک کل گیاهچه گوجه‌فرنگی نسبت به شاهد شد (جدول ۲). برخی محققان در مطالعه‌ای با بررسی تأثیر پیش تیمار بذر فلفل دلمه‌ای شیرین (*apsicum annuum* L.) با اسید سالیسیلیک در شرایط تنش شوری گزارش کردند که پیش تیمار کردن بذر توسط این ماده (اسید

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده گوجه فرنگی تحت تأثیر اسید سالیسیلیک و شوری در گلخانه

Table 3- Analysis of variance for the measured traits of *Solanum lycopersicum* under the influence of salicylic acid and salinity treatment in a greenhouse environment

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	طول ریشه Root length	طول ساقه Stem length	طول گیاهچه Plant length	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن خشک ساقه Stem dry weight	وزن خشک کل total dry weight	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total Chlorophyll
اسید سالیسیلیک Salicylic acid	3	1.20**	3.19**	7.23**	0.000002**	0.000001**	0.000006**	0.051**	0.004**	0.042**
شوری Salinity	4	3.22**	1.55**	8.78**	0.000010**	0.000003**	0.000023**	0.016**	0.014**	0.061**
شوری × سالیسیلیک Salinity × Salicylic	12	0.67 ^{ns}	0.24 ^{ns}	1.16 ^{ns}	0.0000007*	0.000001**	0.000002**	0.001**	0.001 ^{ns}	0.0017**
خطا Error	30	0.49	0.21	1.07	0.0000003	0.000002	0.000006	0.0003	0.0005	0.0004
ضریب تغییرات (%) CV (%)	-	15.00	11.12	11.28	10.56	4.86	5.23	4.95	18.86	4.16

ns, * و ** به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

ns, * and ** are non-significant, significant at the five percent and one percent probability levels, respectively

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده گوجه‌فرنگی تحت تأثیر اسید سالیسیلیک و شوری در گلخانه
Table 4. Comparative analysis of mean measured traits of *Solanum lycopersicum* under the influence of Salicylic acid and salinity treatment in a greenhouse environment

تیمارها Treatments	طول ریشه (سانتی‌متر) Root length (cm)	طول ساقه (سانتی‌متر) Stem length (cm)	طول گیاه (سانتی‌متر) Plant length (cm)	وزن خشک ریشه (گرم) Root dry weight (g)	وزن خشک ساقه (گرم) Stem dry weight (g)	کل (گرم) Total dry weight (g)	بر گرم وزن تر Chlorophyll a (mg/ g FW)	بر گرم وزن تر Chlorophyll b (mg/ g FW)	کل (گرم) Total Chlorophyll (mg/ g FW)
اسید سالیسیلیک Salicylic acid (mg/ L ⁻¹)									
0	7.10b	6.22c	10.82b	0.0053c	0.0094b	0.014c	0.33c	0.17a	0.50d
2	7.26ab	6.64b	11.40b	0.0056bc	0.010a	0.015b	0.39b	0.18a	0.57c
2.5	7.74a	6.95b	12.20a	0.0062a	0.010a	0.016a	0.45a	0.15b	0.60b
3	7.47ab	7.5a	12.28a	0.0059ab	0.009ab	0.015b	0.45a	0.18a	0.63a
شوری Salinity (mM)									
0 (Control)	8.19a	7.28a	15.47a	0.0071a	0.010a	0.017a	0.46a	0.20a	0.66a
30	7.49b	7.01a	14.5b	0.0063b	0.010a	0.016b	0.42b	0.20a	0.62b
60	6.97b	6.41b	13.38c	0.0054c	0.009b	0.014c	0.41b	0.18b	0.59c
90	7.41b	6.62b	14.03bc	0.0053c	0.009b	0.014c	0.38c	0.16b	0.54d
120	6.9b	6.57b	13.47c	0.0047d	0.009b	0.014c	0.36d	0.10c	0.46e

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح معنی‌داری پنج درصد فاقد تفاوت معنی‌داری می‌باشند.

Means with common letters according to Duncan test at a significant level of five percent have no significant difference

وزن خشک ریشه، ساقه و کل

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر عامل مستقل شوری و اسید سالیسیلیک از نظر آماری تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ($P < 0.01$) بر صفت وزن خشک ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و وزن خشک کل گیاه گوجه‌فرنگی داشت (جدول ۱). همچنین برهمکنش اثر دو عامل اسیدسالیسیلیک و شوری بر صفات وزن خشک ریشه در سطح احتمال پنج ($P < 0.05$) و وزن خشک ساقه و کل در سطح احتمال یک درصد ($P < 0.01$)، تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۱). بررسی مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک تا ۳ میلی گرم بر لیتر، وزن خشک ریشه و ساقه گوجه‌فرنگی به ترتیب ۱۱/۳ و ۴/۳ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت (جدول ۲). در مقابل، افزایش غلظت شوری تا ۱۲۰ میلی مولار کلرید سدیم، منجر به کاهش وزن خشک ریشه (۳۳/۸ درصد) و ساقه (۱۰ درصد) نسبت به شاهد گردید (جدول ۲). البته در وزن خشک ساقه بین سطح ۱۲۰ میلی مولار و سطوح ۶۰ و ۹۰ میلی مولار کلرید سدیم تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). همچنین مشخص شد که افزایش غلظت اسید سالیسیلیک تا ۲/۵ میلی گرم بر لیتر، موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک کل گیاه گوجه‌فرنگی (۱۴/۳ درصد نسبت به شاهد) گردید. از سوی دیگر، تنش شوری ۱۲۰ میلی مولار کلرید سدیم، وزن خشک کل گوجه‌فرنگی را ۱۷/۶۴ درصد نسبت به شاهد کاهش داد (جدول ۴). با این وجود، تفاوت آماری معنی‌داری بین این سطح شوری و سطوح ۶۰ و ۹۰ میلی مولار کلرید سدیم از نظر وزن خشک ساقه مشاهده نگردید (جدول ۴). همچنین بررسی برهمکنش اثر دو عامل اسید سالیسیلیک و شوری نشان داد که کاربرد اسید سالیسیلیک توانست تا حد قابل توجهی از کاهش وزن خشک ناشی از تنش شوری جلوگیری نماید و به بهبود این صفت کمک کند (جدول ۵). در پژوهشی با ارزیابی اثرات اسید سالیسیلیک بر خصوصیات رشدی و ساختمانی گیاه بادمجان (*Solanum melongena* L.) در شرایط تنش شوری اعلام کردند که با افزایش غلظت شوری (NaCl)، ارتفاع بوته و وزن خشک اندام‌های هوایی (ریشه، ساقه و برگ) گیاه بادمجان کاهش یافت، در حالی که کاربرد اسید سالیسیلیک موجب کاهش اثرات منفی شوری

و بهبود صفات اندازه‌گیری شده در این گیاه گردید (Mady et al., 2023).

محتوای کلروفیل a، b و کل

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر عامل مستقل اسید سالیسیلیک و شوری و نیز برهمکنش اثر این دو عامل، تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد ($P < 0.01$) بر کلروفیل a داشتند (جدول ۳). بررسی مقایسه میانگین تیمارها حاکی از آن بود که بیشترین سطح اسید سالیسیلیک (۳ میلی گرم بر لیتر) و سطح شوری (۱۲۰ میلی مولار کلرید سدیم)، به ترتیب منجر به افزایش ۳۶/۴ و ۲۱/۷ درصدی در میزان کلروفیل a نسبت به شاهد گردید. البته تفاوت آماری معنی‌داری میان تیمارهای اسید سالیسیلیک با غلظت‌های ۲/۵ و ۳ میلی گرم بر لیتر مشاهده نشد (جدول ۴). برهمکنش اثر عامل اسید سالیسیلیک و شوری نشان داد که استفاده از اسید سالیسیلیک در غلظت‌های ۲/۵ میلی گرم بر لیتر و بالاتر، توانست از کاهش میزان کلروفیل a در شرایط تنش شوری جلوگیری کند. به نحوی که در این سطوح، شوری تا غلظت ۶۰ میلی مولار کلرید سدیم تأثیر معنی‌داری بر کاهش کلروفیل a نداشت (جدول ۵). بیشترین میزان کلروفیل a در تیمارهای فاقد شوری همراه با کاربرد اسید سالیسیلیک در سطوح ۲/۵ و ۳ میلی گرم بر لیتر ثبت شد (جدول ۵). همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که اثر عامل مستقل اسید سالیسیلیک و شوری مشابه کلروفیل a، در سطح احتمال یک درصد ($P < 0.01$) بر کلروفیل b معنی‌دار بود. اما برهمکنش اثر این دو عامل (اسید سالیسیلیک و شوری) از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۳). بررسی مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که غلظت ۳ میلی گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک موجب افزایش ۵/۹ درصدی کلروفیل b نسبت به شاهد شد. در مقابل، اعمال بیشترین سطح شوری (۱۲۰ میلی مولار کلرید سدیم) باعث کاهش ۵۰ درصدی این صفت نسبت به شرایط بدون شوری گردید (جدول ۴). نتایج نشان داد که اثر مستقل عامل اسید سالیسیلیک و شوری و همچنین برهمکنش اثر آن‌ها بر کلروفیل کل از نظر آماری در سطح یک درصد معنی‌دار ($P < 0.01$) بود (جدول ۳). در سطوح مختلف اسید سالیسیلیک، بیشترین میزان کلروفیل کل مربوط به غلظت ۳ میلی گرم بر لیتر به میزان ۰/۶۳ میلی گرم بر گرم وزن تر

جدول ۵- مقایسه میانگین برهمکنش اثر اسید سالیسیلیک و شوری بر صفات اندازه‌گیری شده گوجه‌فرنگی در گلخانه

Table 5. Comparative analysis of the mean interaction effect of salicylic acid and salinity on the measured traits of *Solanum lycopersicum* in a greenhouse

تیمارها Treatments		نسبت ریشه به ساقه Root to stem ratio	ضریب آلومتری Allometric coefficient	وزن خشک ریشه Root dry weight (g)	وزن خشک ساقه Stem dry weight (g)	وزن خشک کل total dry weight (g)	وزن تر ساقه Stem fresh weight (g)	وزن تر کل total fresh weight (g)	کلروفیل a Chlorophyll a (mg/ g FW)	کلروفیل کل Total Chlorophyll mg/ g FW)(
اسید سالیسیلیک Salicylic acid (mg/ L ⁻¹)	شوری Salinity (mM)									
0	0	1.31ab	0.79de	0.0070abcd	0.010abc	0.017ab	0.18a	0.20a	0.37e	0.53cd
0	30	1.25abc	0.83cde	0.0062cdef	0.010abcde	0.018bcde	0.16bcd	0.18bcde	0.31hi	0.46fgh
0	60	1.24abcd	0.84cde	0.0054fgh	0.008f	0.014gh	0.15cde	0.17def	0.28i	0.41ij
0	90	1.29abc	0.80de	0.0056efgh	0.009e	0.016def	0.14e	0.16fg	0.23j	0.34l
0	120	1.14bcde	0.91bcde	0.0036i	0.009e	0.014h	0.14e	0.15g	0.21j	0.29m
2	0	1.19abcde	0.87bcde	0.0075ab	0.011a	0.020a	0.18a	0.20a	0.39bcde	0.55bc
2	30	1.05cdef	1.00bcd	0.0067abcd	0.010abcde	0.018bc	0.16abc	0.18abcd	0.33gh	0.49ef
2	60	1.23abcd	0.84cde	0.0052fgh	0.009cde	0.016def	0.15cde	0.17def	0.34fg	0.48efg
2	90	1.16abcde	0.89bcde	0.0049fgh	0.010bcde	0.016efg	0.16bcde	0.17def	0.32gh	0.45gh
2	120	1.19abcde	0.86bcde	0.0048h	0.009de	0.016fgh	0.15de	0.16fg	0.29i	0.40jk
2.5	0	1.22abcde	0.86bcde	0.0077a	0.010abcde	0.019ab	0.16bcd	0.18abcd	0.43a	0.59a
2.5	30	1.21abcde	0.85bcde	0.0070abcd	0.010ab	0.019ab	0.17abc	0.19abc	0.42ab	0.56ab
2.5	60	1.39a	0.75e	0.0059defgh	0.009de	0.017cdef	0.15de	0.16efg	0.42abc	0.53cd
2.5	90	1.12bcde	0.92bcde	0.0055fgh	0.0098cde	0.017cdef	0.15cde	0.17def	0.39cde	0.47fgh
2.5	120	1.08bcdef	0.96bcde	0.0063cdef	0.010abc	0.018bc	0.17abc	0.19abcd	0.37ef	0.38k
3	0	1.13bcde	0.92bcde	0.009abc	0.010abc	0.019ab	0.17ab	0.19ab	0.43a	0.59a
3	30	0.98ef	1.08ab	0.0064bcdef	0.010bcde	0.018bcde	0.15cde	0.17cdef	0.41abc	0.56abc
3	60	0.89f	1.23a	0.0061cdef	0.010abcd	0.018bcd	0.17ab	0.19abc	0.40abcd	0.55bc
3	90	1.27abc	0.82cde	0.0060cdefg	0.008f	0.016fgh	0.16bcd	0.18bcde	0.38de	0.51de
3	120	1.01def	1.05abc	0.007fgh	0.009cde	0.016def	0.15cde	0.17def	0.36ef	0.44hi

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح معنی‌داری پنج درصد فاقد تفاوت معنی‌داری می‌باشند.

Means with common letters according to Duncan test at a significant level of five percent have no significant difference.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی یافته‌های این مطالعه نشان داد که تنش شوری، اثر معنی‌داری بر اغلب صفات جوانه‌زنی و رشدی گیاه گوجه‌فرنگی از جمله درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول گیاهچه، وزن خشک کل، شاخص بنیه گیاهچه و محتوای کلروفیل کل داشت. با افزایش سطوح شوری، کاهش قابل توجهی در این صفات مشاهده شد؛ به‌طوری‌که سطح ۱۲۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، طول و وزن خشک ریشه گوجه‌فرنگی به ترتیب ۱۵/۸ و ۳۳/۸ درصد و طول و وزن خشک ساقه آن به ترتیب ۹/۸ و ۱۰ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. به عبارتی نسبت طول ریشه به ساقه کاهش پیدا کرد که حاکی از حساسیت بیشتر ریشه نسبت به شوری بود. در مقابل، استفاده از اسید سالیسیلیک در غلظت‌های مختلف باعث افزایش ارتفاع گیاه، رشد ریشه، وزن خشک کل و میزان کلروفیل a، b و کل شد و توانست اثرات منفی تنش شوری را کاهش دهد. براساس نتایج بدست آمده از این پژوهش و اینکه کشت گوجه‌فرنگی در مناطقی که آب آبیاری آن شور است توصیه نمی‌شود به نظر می‌رسد که بتوان با کاربرد نسبتاً راحت پرایمینگ بذر گوجه‌فرنگی با اسید سالیسیلیک، به‌ویژه در غلظت‌های ۲/۵ و ۳ میلی‌گرم بر لیتر، اثرات منفی شوری را تعدیل کرد. البته برای ارائه توصیه‌های علمی و دقیق‌تر، بررسی‌های جامع‌تری روی صفات بیوشیمیایی از جمله فعالیت آنزیم‌های دفاعی، تکرار آزمایشات و تعیین دقیق‌تر غلظت‌های بهینه اسید سالیسیلیک ضروری است. لذا در صورت تأیید نهایی این نتایج در مطالعات تکمیلی، این رویکرد می‌تواند به عنوان یک فناوری کم هزینه و مؤثر به کشاورزان پیشنهاد شود تا بهره‌وری تولید گوجه‌فرنگی در گلخانه‌ها و مزارع بهبود یابد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله نویسندگان مراتب سپاس خود را از دانشگاه گنبد کاووس جهت حمایت از این پژوهش اعلام می‌دارند.

بود که نسبت به تیمار شاهد (۵/۰ میلی‌گرم برگرم وزن تر)، ۲۶ درصد افزایش یافت (جدول ۴). همچنین مشاهده شد که بیشترین سطح شوری (۱۲۰ میلی‌مولار کلرید سدیم)، سبب کاهش ۳۰/۳ درصدی کلروفیل کل نسبت به شاهد شد (جدول ۴). برهمکنش اثر عامل اسید سالیسیلیک و شوری همانند کلروفیل a نشان داد که اسید سالیسیلیک توانست اثرات منفی ناشی از شوری را بر کلروفیل کل تعدیل کند. بیشترین مقدار کلروفیل کل در تیمارهای بدون شوری همراه با کاربرد ۲/۵ و ۳ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک مشاهده شد (جدول ۵). برخی محققان در مطالعه‌ای مشابه اعلام کردند که محلول پاشی اسید سالیسیلیک، می‌تواند اثرات منفی شوری بر محتوای کلروفیل در گیاه عروسک پشت پرده (*Physalis peruviana* L.) که از خانواده Solanaceae است را کاهش دهد. (Siahmansour et al., 2020) از مهم‌ترین پیامدهای تنش شوری در گیاهان، بروز آسیب‌های اکسیداتیو از جمله تخریب ساختار کلروفیل است. کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی تحت تأثیر شوری می‌تواند ناشی از اختلال در سنتز کمپلکس‌های اصلی کلروفیلی، تخریب نوری کمپلکس‌های پروتئینی محافظت‌کننده رنگدانه‌های a و b، آسیب اکسیداتیو به لیپیدهای غشای کلروپلاست و همچنین تخریب رنگدانه‌ها و پروتئین‌های همراه باشد. علاوه بر این، افزایش فعالیت آنزیم کلروفیل‌از نیز ممکن است به عنوان یکی از عوامل تخریب رنگدانه‌ها در شرایط شوری مطرح باشد (Egert and Tevini, 2002). اسید سالیسیلیک با تقویت پایداری بافت‌های فتوسنتزکننده و با اعمال اثرات مثبت فیزیولوژیکی، از جمله بهبود متابولیسم سلول‌های گیاهی، افزایش جذب مواد مغذی و تقویت فعالیت آنزیم‌های مرتبط با فتوسنتز، موجب افزایش میزان کلروفیل برگ می‌گردد (Hafeznia et al., 2014). این فرآیند به گیاه کمک می‌کند تا کارایی فتوسنتزی بالاتری داشته باشد و در نتیجه رشد و عملکرد آن بهبود یابد (Hafeznia et al., 2014).

منابع

- Abdulkaki, A. A. and Anderson, J. D. 1973. Vigor determination in soybean by multiple criteria. Journal of Crop Sciences, 13: 630-633. <https://doi.org/10.2135/cropsci1973> (In Persian) (**Journal**)
- 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) (**Journal**)

- Ahmad, F., Kamal, A., Singh, A., Ashfaq, F., Alamri, S., and Siddiqui, M. H. 2020. Salicylic acid modulates antioxidant system, defense metabolites, and expression of salt transporter genes in *Pisum sativum* under salinity stress. *Journal of Plant Growth Regulation*, 41(4): 1905– 1918. <https://doi.org/10.1007/s00344-020-10271-5> (**Journal**)
- Ahn, J. and Chung, I. 2000. Allelopathic potential of rice hull on germination and seedling growth of barnyardgrass. *Journal of Agronomy*. 92(6): 1162-1167. <https://doi.org/10.2134/agronj2000.9261162x> (**Journal**)
- Arnon, A. N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy*. 23: 112-121. (**Journal**)
- Azarmi, R., Tabatabaei, J. and Chaparzadeh, N. 2018. Effects of Mg^{2+} and root zone temperature on growth, yield and physiological properties of greenhouse cucumber (*Cucumis sativus* L.) in hydroponics. *Journal of Soil and Plant Interactions Isfahan University of Technology*, 9(2): 11-22. <https://doi.org/10.29252/ejgcst.9.2.11> (In Persian) (**Journal**)
- Abdoli, A. Ramezani Moghadam, J., Hosseini, Y., Nikpour, M. R. and Dehghan, H. 2021. The Effect of Salinity Stress on Tomato Root Characteristics (Saint Pierre) and its Yield under Irrigation Time Management. *Journal of Horticultural Science*, 35(2): 233-234. (In Persian) (**Journal**)
- Barwal, S. K., Goutam, C., Chauhan, C., Vimala, Y., Alyemeni, M. N., Ahmad, P., and Siddique, K. H. M. 2023. Salicylic acid alleviates salt-induced phytotoxicity by modulating physiochemical attributes and upregulating the AsA-GSH cycle and glyoxalase system in *Capsicum annum* L.. *South African Journal of Botany*, 161, 222–237. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.07.061> (**Journal**)
- Chen, S., Zhao, C. B., Ren, R. M., and Jiang, J. H. (2023). Salicylic acid has the potential to enhance tolerance in horticultural crops against abiotic stress. *Frontiers in Plant Science*, 14: Article 1141918. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1141918> (**Journal**)
- Darafshi, H. R., Arvin, S. M. J. and Nejadalmoradi, F. 2025. Investigating the priming with salicylic acid on seed germination, seedling growth, and fruit quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L. cv. Tina) in the field. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 14(2): 1-13. <https://doi.org/10.22092/ijssst.2024.364903.1515>
- Delian, E. N. A., Badulescu, L., Dobrescu, A., Chira, L. and Lagunovschi-Luchian, V. 2017. A brief overview of seed priming benefits in tomato. *Journal of Romanian Biotechnological Letters*, 22(3): 12505-12513. (**Journal**)
- Egert, M., and Tevini, M. 2002. Influence of drought on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress in leaves of chives (*Allium schoenoprasum*). *Journal of Environmental and Experimental Botany*: 48(1): 43–49. [https://doi.org/10.1016/S0098-8472\(02\)00008-4](https://doi.org/10.1016/S0098-8472(02)00008-4) (**Journal**)
- Foolad, M. R., Subbiah, P., Kramer, C., Hargrave, G. and Lin, G. Y. 2003. Genetic relationship among cold, salt and drought tolerance during seed germination in an interspecific cross of tomato. *Journal of Euphytica*, 130:199-206. (**Journal**)
- Ghasemi Arian, A., Ghorbani, R., Nasripour Yazdi, M. and Mesdaghi, M. 2016. Effect of temperature on seed germination characteristics of *Dorema ammoniacum*. *Iranian Journal of Biology*, 29(3): 686-693. <https://doi.org/20.1001.1.23832592.1395.29.3.20.6> (In Persian) (**Journal**)
- Hampson, C. R., and Simposon, D. M. 1990. Effect of temperature, salt and osmotic potential on early growth of wheat. II. Early seedling growth. *Canadian Journal of Botany*, 68(1): 524-528. <https://doi.org/10.1139/b90-073> (**Journal**)
- Hafeznia, M., Mashayekhi, K., Ghaderifar, F. and Mousavizadeh, S. J. 2014. The effect of salicylic acid spraying time on some pigment content and morphological traits of tomato fruit. *Journal of Plant Production*, 22(2): 203–217 (In Persian) (**Journal**)
- 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. (**Book**)
- Hunter, E. A., Glasbey, C. A. and Naylor, R. E. L. 1984. The analysis of data from germination tests. *The Journal of Agricultural Science*. 102: 207-213. (**Journal**)
- ISTA (International Seed Testing Association), 2025. International Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland.
- Ikic, I., Maricevic, M., Tomasovic, S., Gunjaca, J., Sarcevic, Z. and Arcevic, H. 2012. The effect of germination temperature on seed dormancy in creation grown winter wheats. *Journal of Euphytica*, 188: 25-34. <https://doi.org/10.1007/s10681-012-0735-8> (**Journal**)

- Javedanipour, E. and Feizi, H. 2022. Role of Spermidine and γ -Aminobutyric Acid and Hydro priming on alleviation of salinity effect in germination and growth parameters of cucumber (*Cucumis sativus* L. cv. Beit Alpha) seed. Iranian Journal of Seed Science and Technology, 10(4): 103-118. <https://doi.org/10.22092/ijssst.2020.351728.1362> (In Persian) **(Journal)**
- Karami, L., Hedayat, M. and Farahbakhsh, S. 2020. Effect of salicylic acid priming on seed germination and morphophysiological and biochemical characteristics of tomato seedling (*Lycopersicon esculentum*). Journal of Seed Research, 7(1): 165-179. <https://doi.org/10.29252/yujs.7.1.165> (In Persian) **(Journal)**
- Kim, Y. H., Yang, H. C., Bae, Y. H., Hyeon, S. J., Hwang, S. J., Kim, D. H. and Jang, D. C. 2023. Preventing overgrowth of cucumber and tomato seedlings using difference between day and night temperature in a plant factory with artificial lighting. Journal of Plant, 12(17): 3164. <https://doi.org/10.3390/plants12173164> **(Journal)**
- Mady, E., Abd El-Wahed, A. H. M., Awad, A. H., Asar, T. O., Al-Farga, A., Abd El-Raouf, H. S., Randhir, R., Alnuzaili, E. S., El-Taher, A. M., and Randhir, T. O. 2023. Evaluation of salicylic acid effects on growth, biochemical, yield, and anatomical characteristics of eggplant (*Solanum melongena* L.) plants under salt stress conditions. Agronomy, 13: 2213. <https://doi.org/10.3390/agronomy13092213> **(Journal)**
- Maguire, J. D. 1962. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Journal of Crop Science, 2(2): 176-177. <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x> **(Journal)**
- Miller, T. R. and Chapman, S. R. 1978. Germination responses of three forage grasses to different concentration of six salts. Journal of Range Management, 31(2): 123-124. <https://doi.org/10.2307/3897659> **(Journal)**
- Mohammadi, M., Liaghat, A. and Molavi, H. 2010. Optimization of water use and determination of tomato sensitivity coefficients under combined salinity and drought stress in Karaj. Journal of Water and Soil, 24(3): 583-593. <https://doi.org/10.22067/jsw.v0i0.3629> (In Persian) **(Journal)**
- Rezvani, R., Kamkar, B. and Jabbari Badkhor, Z. 2025. Investigating the role of priming with humic acid on modulating the effect of salinity stress on the germination and growth indices of cucumber (*Cucumis sativus* L. cv. Saba hybrid) seed. Iranian Journal of Seed Science and Technology, 14(3): 43-60. <https://doi.org/10.22092/ijssst.2024.364534.1511> (In Persian) **(Journal)**
- 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. **(Journal)**
- Salehzade H., Izadkhah Shishvan, M. and Chiyasi, M. 2009. Effect of seed priming on germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Biological Sciences, 4(5): 629-631. <https://doi.org/rjbsci.2009.629.631> (In Persian) **(Journal)**
- Shafazadeh Shahreabaki, M. K., Hosseini Farahi, M., Mohammadineia, G. 2020. Improvement of Salt Tolerance and Nutrient Absorption in Pepper (*Capsicum annum*) through application of salicylic acid and humic acid. Journal of Horticultural Science, 34(1): 91-106. (In Persian) **(Journal)**
- Shumye Adilu, G and Gedamu Gebre, Y. 2021. Effect of salinity on seed germination of some tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) varieties. Journal of Aridland Agriculture, 7: 76-82. <https://doi.org/10.25081/jaa.2021.v7.6588> **(Journal)**
- Siahmansour, S., Ehteshamnia, A. and Rezaeinejad, A. 2020. Effect of salicylic acid foliar application on Morpho- physiological and biochemical traits of Goldenberry (*Physalis peruviana* L.) under salinity stress condition. Journal of Plant production research, 27(1): 167-178. <https://doi.org/10.22069/jopp.2020.16087.2448> (In Persian) **(Journal)**
- Taheri, S., Barzeghar, T. and Zoeam zadeh, F. 2017. Effect of salicylic acid pre-treatment on cucumber and watermelon seeds germination under salinity stress. Iranian Journal of Seed Science and Research, 3(4): 15-27. (In Persian) **(Journal)**
- Vijay, C. R., Thriveni, M. C. and Shivamurthy, G. R. 2012. Effect of growth regulators on seed germination and its significance in the management of *Aeginetia indica* L. A root holoparasite. American Journal of Plant Sciences, 3: 1490-1494. <https://doi.org/10.4236/ajps.2012.310179> **(Journal)**
- Zamani, S., Ghasemnezhad, A., Alizadeh, M. and Alami, M. 2018. Effect of salinity and salicylic acid on morphological and photosynthetic pigments changes of callus of artichoke (*Cynara scolymus* L.).

- Journal of Crop Breeding, 10(26): 128-138. <https://doi.org/10.29252/jcb.10.26.128> (In Persian)
(Journal)
- Zhang, M., Wang, Z., Yuan, L., Yin, C., Chang, G., 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> **(Journal)**



Evaluation of seed priming with salicylic acid on salt stress tolerance during germination and seedling growth stages of tomato (*Solanum lycopersicum* L. cv. Brivio hybrid)

Reza Rezvani^{1*}, Abbas Biabani², Zahra Taghizadeh Tabari³, Masoumeh Naeemi⁴

Received: November 22, 2025

Accepted: February 8, 2026

Abstract

The germination is crucial for the early growth and establishment of the plant and the seed priming technique, by inducing physiological and biochemical changes, prepares seed for effective germination prior to placement the planting medium. This study, conducted in 2025, aimed to assess the influence of salicylic acid pretreatment on the germination indices and growth parameters of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) under salt stress. Two experiments, one in the laboratory and the other in a greenhouse, were performed using a factorial design based on a completely randomized design with three replications at the Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University. The experimental factors included salicylic acid priming at four concentrations (0, 2, 2.5, and 3 mg/l⁻¹) and salinity at five levels (0, 30, 60, 90, and 120 mM NaCl). The results of a 14-day germination test under laboratory conditions indicated that seed priming with salicylic acid under salt stress conditions, in comparison to the control, resulted in enhancements in germination and growth traits of tomato plants, including germination percentage and rate, seedling length, dry weight, seed vigor index, and the contents of chlorophyll a, b and total chlorophyll. The highest germination rate (8.22 seeds per day) and seedling vigor index (9.80) were observed in the treatment with 3 mg/l⁻¹ salicylic acid under without saline conditions. In the greenhouse experiment, application of salicylic acid for five weeks after sowing tomato seeds in seedling trays enhanced growth traits, including plant dry weight and chlorophyll a, b, and total chlorophyll content. The interaction between salicylic acid and salinity indicated that the application of this compound, particularly at concentrations of 2.5 and 3 mg/l⁻¹, mitigated the negative effects of salt stress on total chlorophyll content, such that no significant changes were observed at salinity levels up to 60 mM NaCl. In conclusion priming tomato seeds with salicylic acid, as a cost-effective, accessible, and practical approach, can enhance plant tolerance to salt stress and contribute to the sustainability of tomato production in saline soils, which account for approximately 25% of Iran's arable lands.

Keywords: Chlorophyll, Culture medium, Germination rate, Pretreatment, Seedling vigor index, Vegetables, Vegetative traits

How to cite this article

Rezvani, R, Biabani, A., Taghizadeh Tabari, Z. and Naeemi, M. 2025. Evaluation of seed priming with salicylic acid on salt stress tolerance during germination and seedling growth stages of tomato (*Solanum lycopersicum* L. cv. Brivio hybrid). Iranian Journal of Seed Science and Research, 12(3): 65-82. (In Persian)(Journal)

DOI: 10.22124/jms.2025.9428

COPYRIGHTS

Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to the Iranian Journal of Seed Science and Research

The content of this article is distributed under Iranian Journal of Seed Science and Research open access policy and the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY4.0) License. For more information, please visit <http://jms.guilan.ac.ir/>

1. Ph.D. Student in Crop Physiology, Department of Plant Production, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran. reza.rezvani.stu@gonbad.ac.ir
 2. Professor, Department of Plant Production, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran. abbas.biabani@gonbad.ac.ir
 3. Ph.D. in Crop Ecology and Postdoctoral Researcher, Iran National Science Foundation (INSF), Tehran, Iran. zt.tabari@gmail.com
 4. Assistant Professor, Department of Plant Production, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran. naeemi_701@gmail.com
- *Corresponding author: reza.rezvani.stu@gonbad.ac.ir