

مقاله کوتاه پژوهشی

تعیین مناسب‌ترین مدت‌زمان و غلظت پیش‌ تیمار با تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر پروانش (*Catharanthus roseus*)

مرضیه عباپاف^۱، حشمت امیدي^{۲*}، عبدالمهدی بخشنده^۳

چکیده مبسوط

مقدمه: پروانش یکی از گیاهان دارویی-زینتی است که امروزه به‌عنوان گیاه دارویی در جهان مورد توجه قرار گرفته است. استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی مانند اسید سالیسیلیک در زمان آبنوشی و پیش‌ تیمار، فعالیت بذر و در نتیجه جوانه‌زنی و رشد گیاهچه را در بسیاری از گیاهان افزایش می‌دهد. اسید جاسمونیک نیز از تنظیم‌کننده‌های درونی رشد گیاه است که در جوانه زدن بذر، دانه‌گرده و رشد گیاه نقش دارد. با توجه به دوره رشد طولانی گیاه پروانش و کوچک بودن بذر و عدم استقرار مناسب آن در مزرعه با خاک‌هایی با بافت نیمه‌سنگین و سنگین، این تحقیق با هدف بررسی اثر پیش‌ تیمار بذر با تنظیم‌کننده‌های رشد اسید سالیسیلیک و اسید جاسمونیک در غلظت‌ها و مدت‌زمان‌های متفاوت بر بهبود درصد و شاخص‌های جوانه‌زنی بذر پروانش انجام شد. مواد و روش‌ها: این پژوهش به صورت فاکتوریل دو عاملی در قالب طرح کاملاً تصادفی، در سه تکرار در آزمایشگاه علوم و تکنولوژی بذر دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه شاهد تهران در سال ۱۳۹۶ انجام شد. فاکتورهای مورد آزمایش شامل: غلظت اسید سالیسیلیک در پنج سطح (صفر، ۰/۰۱، ۰/۱، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار) و غلظت اسید جاسمونیک در چهار سطح (صفر، ۱، ۱۰ و ۱۰۰ میکرومولار) در زمان‌های (صفر، ۶، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ساعت) بودند. در پایان آزمایش صفاتی چون درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی، متوسط جوانه‌زنی روزانه، ارزش جوانه‌زنی، شاخص طولی و وزنی بنیه بذر محاسبه شد. همچنین صفات وزن خشک کل گیاهچه، وزن خشک ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و طول کل گیاهچه اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: نتایج تحقیق نشان داد که اثر اسید سالیسیلیک، اسید جاسمونیک و زمان بر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، میانگین زمان جوانه‌زنی، متوسط جوانه‌زنی روزانه، ارزش جوانه‌زنی، طول گیاهچه، شاخص وزنی بنیه بذر، شاخص طولی بنیه بذر و وزن خشک ریشه‌چه معنی‌دار بودند. بهترین مدت‌زمان برای پیش‌ تیمار با اسید سالیسیلیک در این آزمایش ۲۴ و ۴۸ ساعت بود. در بین غلظت‌های کاربردی اسید سالیسیلیک، غلظت‌های ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار بهترین نتایج را نشان دادند. همچنین بهترین مدت‌زمان و غلظت برای پیش‌ تیمار با اسید جاسمونیک در این آزمایش ۱۲ و ۲۴ ساعت و ۱۰ میکرومولار بود.

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که استفاده از اسید سالیسیلیک و اسید جاسمونیک برای پیش‌ تیمار بذر موجب بهبود مؤلفه‌های جوانه‌زنی بذر می‌شود. علاوه بر غلظت پیش‌ تیمار با اسید سالیسیلیک و اسید جاسمونیک، مدت‌زمان تماس بذر با این تنظیم‌کننده‌های رشد نیز حائز اهمیت است. مشاهده شد بین مدت‌زمان‌های مختلف پیش‌ تیمار اختلاف معنی‌داری وجود دارد، بنابراین می‌توان بیان نمود که مدت‌زمان پیش‌ تیمار بذر یکی از عوامل مهم پیش‌ تیمار بذر هست و تعیین زمان مناسب پیش‌ تیمار موجب جلوگیری از تأثیر منفی آن بر ویژگی‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه بذرهای پیش‌ تیمار شده می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پروانش، پیش‌ تیمار، اسید جاسمونیک، اسید سالیسیلیک
جنبه‌های نوآوری:

- ۱- مطلوب‌ترین غلظت اسید سالیسیلیک و مدت‌زمان پیش‌ تیمار بذر پروانش مشخص شد.
- ۲- غلظت مناسب اسید جاسمونیک و مدت‌زمان مطلوب برای پیش‌ تیمار بذر پروانش تعیین شد.
- ۳- تأثیر تنظیم‌کننده‌های رشد اسید سالیسیلیک و اسید جاسمونیک بر درصد و شاخص‌های جوانه‌زنی بذر پروانش بررسی شد.

<http://dorl.net/dor/20.1001.1.23831251.1399.7.2.7.6>

DOI: 10.29252/yujs.7.2.191



CrossMark

^۱ دانشجوی دکترا، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی و مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، دانشگاه شاهد، تهران
^۲ دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی و مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، دانشگاه شاهد، تهران
^۳ استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رامین، ملاتانی، خوزستان

* رایانامه نویسنده مسئول: omidi@shahed.ac.ir

مقدمه

پروانش یکی از گیاهان دارویی-زینتی است که امروزه به‌عنوان گیاه دارویی در جهان مورد توجه قرار گرفته است. پروانش با اسم علمی *Catharanthus roseus* (L.) G. Don یک گیاه چندساله، بوته‌ای و متعلق به خانواده خرزهره (آپوسیناسه^۱) است. این گیاه بومی مناطق ماداگاسکار بوده و اکنون به‌طور وسیع در چین، هند، اندونزی، استرالیا و شمال و جنوب آمریکا کشت می‌گردد. پروانش دارای خصوصیات ضد سرطان، فشارخون، دیابت و میکروب است (نجات^۲ و همکاران، ۲۰۱۵). پروانش دوره رویشی نسبتاً طولانی دارد. رشد اولیه آن بسیار کند است و از ابتدای رویش بذر تا رسیدن و کامل شدن میوه، ۱۸۰ تا ۲۰۰ روز به طول می‌انجامد (امیدبیگی^۳، ۲۰۰۶). دوره رشد طولانی این گیاه یکی از محدودیت‌های کشت آن در مقیاس وسیع است.

جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه گیاهچه دو مرحله مهم برای استقرار محصولات هستند (هوبارد^۴ و همکاران، ۲۰۱۲). پیش‌تیمار بذر یک فرآیند فیزیولوژیکی است و از روش‌های شناخته شده جهت جوانه‌زنی سریع بذر و بهبود استقرار گیاهچه است (پاپارلا^۵ و همکاران، ۲۰۱۵) هم‌چنین یک ابزار مهم برای بهبود عملکرد محصول است. در واقع روش پیش‌تیمار بذر یک تیمار پیش‌کاشت است. هیدراتاسیون^۶ بذر در طی پیش‌تیمار بذر مهار می‌شود. بذر در یک دوره معین در معرض محلول‌های خاص قرار می‌گیرند که اجازه می‌دهد هیدراتاسیون جزئی رخ داده، اما ظهور ریشه اتفاق نمی‌افتد (ابراهیم^۷، ۲۰۱۶). پیش‌تیمار بذر با کاهش طول دوره رشد موجب افزایش بهره‌وری زمین‌های زراعی شده به‌طوری‌که کشاورزان هندی توانستند سه محصول در یک سال برداشت کنند (هریس^۸ و همکاران، ۲۰۰۱). پیش‌تیمار بذر موجب افزایش جوانه‌زنی یکسان، درصد و سرعت

جوانه‌زنی بذر می‌شود (سانتینی و مارتورل^۹، ۲۰۱۳). القای افزایش درصد جوانه‌زنی بذر همراه با شروع فرآیندهای مربوط به جوانه‌زنی و فرآیندهای ترمیم است (وزیریمهر^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۴). اسید سالیسیلیک یک ترکیب فنلی است و به تنظیم فرآیندهای رشد و نمو، به‌ویژه جوانه‌زنی بذر، فتوسنتز، تنفس و گل‌دهی کمک می‌کند (ریواس و پلاسنیکا^{۱۱}، ۲۰۱۱). استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی مانند اسید سالیسیلیک در زمان آبنوشی و پیش‌تیمار، فعالیت‌های فیزیولوژیکی بذر، مانند فعال شدن آنزیم آلفا آمیلاز را در بسیاری از گیاهان افزایش می‌دهد. در تحقیقات انجام شده، نتایج مختلفی در مورد اثر اسید سالیسیلیک بر روی جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه وجود دارد که نشان می‌دهد این ماده می‌تواند جوانه‌زنی بذر را کاهش یا افزایش دهد. نتایج متناقض مربوط به این واقعیت است که خود اسید سالیسیلیک ممکن است تنش اکسیداتیو را در سلول‌های تیمار شده القا کند، بنابراین کارایی و اثر اسید سالیسیلیک در القای سازوکارهای دفاعی گیاه بستگی به غلظت و نحوه کاربرد آن دارد (هانگ^{۱۲} و همکاران، ۲۰۱۶) هم‌چنین اسید سالیسیلیک از طریق خنثی کردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن جوانه‌زنی بذر را بهبود می‌بخشد. در حقیقت گروه‌های هیدروکسیل موجود در ترکیبات فنلی مانند اسید سالیسیلیک به عنوان جمع‌آوری‌کننده در تجزیه گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) نقش دارند (کوزنیاک و یوربانیک^{۱۳}، ۲۰۰۰). آذرینیا^{۱۴} و همکاران (۲۰۱۶) در آزمایشی به بررسی اثر مدت زمان و غلظت‌های مختلف پیش‌تیمار با اسید جیبرلیک و اسید سالیسیلیک پرداختند و گزارش کردند که اثر متقابل مدت زمان و غلظت پیش‌تیمار بر سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار بود.

اسید جاسمونیک (JA) و متیل جاسمونات (MeJA)، از تنظیم‌کننده‌های دورنی رشد گیاه هستند که نقش مهمی در تنظیم رشد گیاه دارند (کریلمن و

¹ Apocynaceae² Nejat³ Omidbeigi⁴ Hubbard⁵ Paparella⁶ Hydration⁷ Ibrahim⁸ Harris⁹ Santini and Martorell¹⁰ Vazirimehr¹¹ Rivas-San Vicente and Plasencia¹² Huang¹³ Kuźniak and Urbanek¹⁴ Azarnia

با آب مقطر شسته شدند (طاها^۵ و همکاران، ۲۰۰۹). بذرهای در تیمارهای زمان (۶، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ساعت) در دمای ۲۰ درجه سلسیوس در تاریکی در ۱۰ میلی لیتر از محلول تیمارهای مورد نظر قرار گرفتند، سپس با آب مقطر شسته شده و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۲۵ درجه سلسیوس قرار گرفتند تا به رطوبت اولیه بذر رسیدند (اقبال و اشرف^۶، ۲۰۰۷). پتری‌ها و کاغذ واتمن اتوکلاو شده و تعداد ۵۰ عدد بذر در هر پتری قرار گرفت و پنج میلی لیتر آب مقطر به آن‌ها اضافه شد. به منظور جلوگیری از کاهش رطوبت، در پتری‌ها با پارافیلیم بسته شد و در ژرمیناتور در دمای 25 ± 1 درجه سلسیوس با رطوبت ۷۰ درصد و فتوپریود ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی قرار گرفتند (اسلام^۷ و همکاران، ۲۰۰۸). شمارش بذرهای جوانه زده با طول ریشه‌چه دو میلی متر از روز دوم به صورت روزانه در ساعت مشخصی انجام شد. در پایان آزمایش (۹ روز) صفاتی چون درصد جوانه زنی، سرعت جوانه زنی (باگتر^۸ و همکاران، ۲۰۰۹)، متوسط زمان لازم برای جوانه زنی (الیس و روبرت^۹، ۱۹۸۱)، متوسط جوانه زنی روزانه (هوگنبووم^{۱۰} و همکاران، ۱۹۸۷)، ارزش جوانه زنی (قاسمی گلعدانی و دلایل^{۱۱}، ۲۰۱۱)، شاخص طولی و وزنی گیاهچه (عبدالباکی و اندرسون^{۱۲}، ۱۹۷۳) طبق روابط ارائه شده در جدول ۱ محاسبه شد. هم‌چنین صفات وزن تر کل گیاهچه، وزن تر ساقه‌چه، وزن تر ریشه‌چه، وزن خشک کل گیاهچه، وزن خشک ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه، (با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم)، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول کل گیاهچه اندازه‌گیری شد. قبل از انجام تجزیه واریانس، نرمال بودن توزیع خطای آزمایشی (با استفاده از آزمون کولموگوروف-اسمیرنوف^{۱۳}) بررسی گردید و فرضیات مورد نیاز برای تجزیه واریانس برآورده شد و داده‌های حاصل از هر آزمایش جداگانه با استفاده

مولت^۱، ۱۹۹۷). جاسموناتها از طریق بیان ژن‌ها در تنظیم چند فرآیند فیزیولوژیک ایفای نقش می‌کند. از جمله این فرآیندها می‌توان به جوانه زنی بذر و دانه گرده و ذخیره پروتئین در اندام‌های رویشی و رشد و نمو ریشه اشاره کرد. نقش اسید جاسمونیک و مشتقات آن در جوانه زدن بذر و رشد گیاه یکی از اثرات شناخته شده جاسموناتها است. مطالعات اخیر نشان داده‌اند که کاربرد جاسموناتها یا متیل جاسمونیک باعث افزایش توانایی آنتی‌اکسیدانی گیاهان می‌شود (بندورسکا^۲ و همکاران، ۲۰۰۳).

با توجه به دوره رشد طولانی گیاه پروانش و کوچک بودن بذر و عدم استقرار مناسب آن در مزرعه با خاک‌هایی با بافت نیمه‌سنگین و سنگین، این تحقیق با هدف بررسی اثر پیش تیمار بذر با تنظیم‌کننده‌های رشد اسید سالیسیلیک و اسید جاسمونیک در غلظت‌ها و مدت زمان‌های متفاوت بر بهبود شاخص‌های جوانه زنی بذر پروانش انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور تعیین مناسب‌ترین زمان و غلظت‌های تنظیم‌کننده‌های رشد جهت پیش تیمار بذر پروانش آزمایش‌هایی به طور جداگانه در قالب طرح کاملاً تصادفی، در سه تکرار در آزمایشگاه علوم و تکنولوژی بذر دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه شاهد در سال ۱۳۹۶ انجام شد. فاکتورهای مورد آزمایش شامل: غلظت اسید سالیسیلیک در پنج سطح (صفر، ۰/۰۱، ۰/۱، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار) و غلظت اسید جاسمونیک در چهار سطح (صفر، ۱، ۱۰ و ۱۰۰ میکرومولار) در زمان‌های (صفر، ۶، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ساعت) بود. اسید سالیسیلیک و اسید جاسمونیک به ترتیب از شرکت مرک^۳ و سیگما^۴ و بذرهای نیز از شرکت مزرعه سبز نمین تهیه شد.

قبل از انجام آزمایش، ابتدا بذرهای به مدت ۳۰ ثانیه در اتانول ۷۰٪ غوطه‌ور شده و سپس سه مرتبه با آب مقطر شسته شدند. پس از آن با هیپوکلریت سدیم تجاری (۲/۵ درصد) به مدت ۱۵ دقیقه ضدعفونی شده و دوباره

⁵ Taha

⁶ Iqbal & Ashraf

⁷ Aslam

⁸ Pagter

⁹ Ellis & Roberts

¹⁰ Hoogenboom

¹¹ Ghasemi Golezani and Dalil

¹² Abdul-Baki and Anderson

¹³ Kolmogorov-Smirnov

¹ Creelman and Mullet

² Bandurska

³ Merck

⁴ Sigma Aldrich

جدول ۱. روابط محاسباتی مورد مطالعه در آزمایش پیش‌تیمار بذر

Table 1. The calculated relationships of the parameters studied in seed priming experiment

درصد جوانه‌زنی (Germination Percentage)	$GP = (n/N) \times 100$
سرعت جوانه‌زنی (Germination rate)	$GS = \sum ni/ti$
متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی (Mean Germination Time)	$MTG = \sum (niti) / \sum N$
متوسط جوانه‌زنی روزانه (Mean of Daily Germination)	$MDG = N/ti$
ارزش جوانه‌زنی (Germination Value)	$GV = GP \times MDG$
میانگین طول گیاهچه \times قابلیت جوانه‌زنی (Seed Length Vigor Index) $SVI (1) =$	
وزن خشک گیاهچه \times قابلیت جوانه‌زنی $SVI (2) =$	

n : مجموع کل بذرهای جوانه‌زده در پایان آزمایش، N : کل بذرهای کاشته شده، t_i : مدت‌زمان از ابتدای آزمایش تا مشاهده در روز i ام، n_i : تعداد بذرهای جوانه‌زده تا روز i ام، N : مجموع بذرهای جوانه‌زده در پایان آزمایش، T_i : طول دوره جوانه‌زنی

سالیسیلیک بر جوانه‌زنی گزارش شده که با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک از ۰/۱ تا ۱ میلی‌مولار درصد جوانه‌زنی افزایش یافت و پس از آن، افزایش غلظت منجر به کاهش درصد جوانه‌زنی شد (خرم‌دل و همکاران، ۲۰۱۲). از آنجاکه اسید سالیسیلیک یک تنظیم‌کننده رشد گیاهان است اثرات متفاوتی در غلظت‌های مختلف نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود با افزایش غلظت پیش‌تیمار از ۰/۵ میلی‌مولار صفات درصد و سرعت جوانه‌زنی روزانه بذرهای پروانش افزایش معنی‌داری نشان نداد که این روند با افزایش مدت‌زمان پیش‌تیمار نیز دیده شد.

نتایج آزمایش دوم نشان داد غلظت اسید جاسمونیک، مدت‌زمان و برهمکنش غلظت و مدت‌زمان پیش‌تیمار بر درصد و سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار بود (جدول ۵). با افزایش مدت‌زمان پیش‌تیمار تا ۲۴ ساعت، درصد جوانه‌زنی در غلظت‌های ۱۰ و ۱۰۰ میکرومولار اسید جاسمونیک به بیش‌ترین میزان خود (۹۸/۳۳ درصد) رسید و در ۴۸ ساعت در هر دو تیمار غلظت اسید جاسمونیک کاهش نشان داد (جدول ۶). سرعت جوانه‌زنی نیز در تیمار ۱۰ میکرومولار اسید جاسمونیک با ۱۲ و ۲۴ ساعت پیش‌تیمار و ۱۰۰ میکرومولار با ۲۴ ساعت پیش‌تیمار بیش‌ترین افزایش را نشان داد (جدول ۶). گزارش شده است که پیش‌تیمار با اسید جاسمونیک از طریق تحریک متابولیت‌های مختلف منجر به افزایش درصد جوانه‌زنی گردید (مقبلی و آروین^۳، ۲۰۱۳). در آزمایش دیگری مشخص شد که

از نرم‌افزار SAS 9.2 تجزیه و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت و رسم شکل‌ها با استفاده از اکسل انجام شد.

نتایج و بحث

درصد و سرعت جوانه‌زنی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر غلظت اسید سالیسیلیک و زمان بر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و متوسط جوانه‌زنی روزانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. هم‌چنین برهمکنش مدت‌زمان و غلظت اسید سالیسیلیک بر سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد پیش‌تیمار بذرهای در غلظت ۱ و ۰/۵ میلی‌مولار و شاهد به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین درصد جوانه‌زنی را نسبت به شاهد (بدون پرایم) داشت. بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی ۸۴/۶۶ درصد بود که نسبت به تیمار شاهد افزایش ۲۲/۶ درصدی نشان داد. علاوه بر این بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی در ۲۴ ساعت پیش‌تیمار مشاهده شد، که اختلاف معنی‌داری با ۴۸ ساعت نداشت (جدول ۳). اثرات متقابل بیش‌ترین سرعت جوانه‌زنی (۱۷/۰۹ جوانه در روز) را در ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۴۸ ساعت پیش‌تیمار نشان داد (جدول ۴). مطالعات پیشین بیان کرده‌اند که اسید سالیسیلیک محرک مناسبی برای جوانه‌زنی بذر است (کوماری^۱ و همکاران، ۲۰۱۷). در بررسی‌های انجام شده بر غلظت‌های مختلف اسید

² Khoramdel

³ Moghbeli and Arvin

¹ Kumari

هورمون پیش‌تیمار باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های هیدرولیزی مانند آمیلاز، پروتئاز و لیپاز شده که نقش مهمی در رشد جنین دارند، و به علت قابلیت دسترسی آسان گیاهچه به مواد غذایی در طول جوانه‌زنی، دانه‌های پیش‌تیمار شده قادر به کامل کردن فرآیند جوانه‌زنی در زمان کوتاه‌تر می‌شوند و باعث کاهش میانگین زمان جوانه‌زنی می‌شود (بابایی^۳ و همکاران، ۲۰۱۶). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تیمار شاهد با متوسط زمان جوانه‌زنی ۴/۷ روز بیش‌ترین میانگین زمان جوانه‌زنی را داشت (جدول ۴). در این آزمایش با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک از ۰/۱ میلی‌مولار میانگین جوانه‌زنی افزایش یافت (جدول ۴). شاکيرووا^۴ و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند، تأثیرات هورمونی اسید سالیسیلیک در غلظت‌های مختلف متفاوت است و با افزایش آن تا مقدار مشخصی اثرات مثبت و از آن به بعد اثر منفی بر پارامترهای جوانه‌زنی دارد.

در آزمایش دوم مشاهده شد اثر غلظت اسید جاسمونیک، مدت‌زمان پیش‌تیمار و برهمکنش هر دو تیمار بر متوسط زمان جوانه‌زنی و متوسط جوانه‌زنی روزانه معنی‌دار بود (جدول ۵). با افزایش سطوح غلظت اسید جاسمونیک و مدت زمان پیش‌تیمار میانگین زمان جوانه‌زنی به حداکثر رسید به طوری بیش‌ترین میانگین زمان جوانه‌زنی در بذره‌های پرایم شده در مدت‌زمان ۴۸ ساعت و در سطح ۱۰۰ میکرومولار اسید جاسمونیک مشاهده شد. در غلظت ۱۰ میکرومولار به جز تیمار ۶ ساعت در همه زمان‌های پیش‌تیمار میانگین جوانه‌زنی کمتری نسبت به غلظت ۱۰۰ میکرومولار نشان داد. کم‌ترین میانگین جوانه‌زنی در تیمار ۱۰ میکرومولار با ۱۲ ساعت پیش‌تیمار مشاهده شد. بیش‌ترین میانگین جوانه‌زنی روزانه در هر دو غلظت ۱۰ و ۱۰۰ میکرومولار در مدت‌زمان ۲۴ ساعت مشاهده شد (جدول ۶). به نظر می‌رسد زمان بیش از غلظت بر میانگین جوانه‌زنی روزانه تأثیرگذار است.

پیش‌تیمار بذر با اسید جاسمونیک منجر به بهبود جوانه‌زنی بذر می‌شود (مقبلی و آروین، ۲۰۱۳) که با یافته‌های این پژوهش مطابقت دارد. هم‌چنین گزارش‌شده است که با افزایش غلظت هورمون‌های گیاهی به بالاتر از حد آستانه به دلیل ایجاد حالت سمیت برای بذر، شاخص‌های جوانه‌زنی کاهش می‌یابند (انصاری و شریفزاده^۱، ۲۰۱۲).

متوسط زمان جوانه‌زنی و متوسط جوانه‌زنی روزانه

متوسط زمان جوانه‌زنی و متوسط جوانه‌زنی روزانه از نظر آماری تحت تأثیر تیمارهای پیش‌تیمار (غلظت اسید سالیسیلیک) و مدت‌زمان در سطح احتمال یک درصد قرار گرفتند (جدول ۲). هم‌چنین برهمکنش تیمار پیش‌تیمار و مدت‌زمان بر متوسط زمان جوانه‌زنی اثر معنی‌داری داشت. به طوری که حداقل متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی (۲/۶۸ روز) در تیمار پیش‌تیمار با غلظت ۰/۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک به مدت ۴۸ ساعت حاصل شد که ۴۴/۶ درصد نسبت به تیمار شاهد بهبود یافت (جدول ۴). حداکثر متوسط جوانه‌زنی روزانه (۹/۴ و ۹/۱۲ درصد در روز) به ترتیب در تیمار پیش‌تیمار با غلظت ۱ و ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک حاصل شد (جدول ۳). در تیمار مدت زمان، حداکثر متوسط جوانه‌زنی روزانه در ۲۴ ساعت پیش‌تیمار مشاهده شد که ۳۸/۲ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داشت، اگرچه نسبت به تیمار ۴۸ ساعت اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول ۳).

میانگین مدت‌زمان جوانه‌زنی بذر صفت بسیار مهمی در استقرار گیاهچه و استفاده مفید و مؤثر از شرایط محیطی است. کاهش میانگین زمان جوانه‌زنی در بذره‌های پرایم شده با اسید سالیسیلیک به افزایش احتمالی سرعت تقسیم سلولی که در اثر سنتز DNA، RNA و پروتئین‌های کروی مثل پروتئامین‌ها و هیستون‌ها در طی پیش‌تیمار رخ می‌دهد و هم‌چنین بسیاری از مراحل فیزیولوژیکی که در فرآیند جوانه‌زنی کامل شده و بذر در آستانه جوانه‌زنی می‌گیرد، نسبت داده شده است (برانکالیون^۲ و همکاران، ۲۰۰۸). هم‌چنین

³ Babaei Qaqlstany

⁴ Shakirova

¹ Ansari and Sharifzadeh

² Brancalion

عبابف و همکاران: تعیین مناسب‌ترین مدت‌زمان و غلظت پیش‌تیمار با تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی...

جدول ۲. تجزیه واریانس اثر اسید سالیسیلیک و مدت‌زمان پیش‌تیمار بر درصد و شاخص‌های جوانه‌زنی بذر پروانش

Table 2. Analysis of variance the effect of salicylic acid and priming time on percentage and *Catharanthus* seed germination indices

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	میانگین زمان جوانه‌زنی	متوسط جوانه‌زنی روزانه	ارزش جوانه‌زنی
Sources of variation	df	Germination percentage	Germination rate	Mean time of germination	Mean of daily germination	Germination value
اسید سالیسیلیک	4	1281**	90.26**	3.07**	15.82**	10867**
Salicylic acid						
زمان پیش‌تیمار	4	1124**	120.71**	3.52**	13.87**	12344**
Priming time						
اسید سالیسیلیک×زمان پیش‌تیمار	16	130.58 ^{ns}	8.98**	0.28**	1.61 ^{ns}	1342**
Salicylic ×Priming time acid						
خطا	50	78.77	2.10	0.04	0.97	420.51
Error						
ضریب تغییرات (%)	-	11.90	12.39	5.12	11.89	22.21
Coefficient of variation (%)						

ns و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

ns, and ** non-significant, Significant at 1% probability level, respectively

ادامه جدول ۲.

Table 2. Continued

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		طول گیاهچه	طول ساقه‌چه	طول ریشه‌چه	شاخص وزنی بنیه	شاخص طولی بنیه	وزن خشک گیاهچه	وزن خشک ساقه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه
Sources of variation	df	Seedling length	Shoot length	Radicle length	Seed weight vigor index	Seed length vigor index	Seedling dry weight	Shoot dry weight	Radicle dry weight
اسید سالیسیلیک	4	1.26**	0.07 ^{ns}	0.4 ^{ns}	3824**	31156**	0.16**	0.071**	0.03**
Salicylic acid									
زمان پیش‌تیمار	4	1.59*	0.16*	0.15 ^{ns}	1432**	16864**	0.01 ^{ns}	0.011 ^{ns}	8.1×10 ^{-3**}
Priming time									
اسید سالیسیلیک×زمان پیش‌تیمار	16	0.37 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.26 ^{ns}	288.45 ^{ns}	4478**	0.02 ^{ns}	0.007 ^{ns}	3.2×10 ^{-3**}
Priming time Salicylic acid×									
خطا	50	35.02	0.04	0.21	180.09	1991	0.021	0.02	1.2×10 ⁻³
Error									
ضریب تغییرات (%)	-	14.00	11.63	18.64	19.43	14.17	16.06	18.36	17.74
Coefficient of variation (%)									

ns, * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, * and ** non-significant, Significant at 5% and 1% probability level, respectively

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف اسید سالیسیلیک و مدت‌زمان پیش‌تیمار بر درصد و شاخص‌های جوانه‌زنی بذر پروانش
Table 3. Mean comparison of the effect different levels of SA and priming time on percentage and *Catharanthus* seed germination indices

تیمارها	جوانه‌زنی (درصد)	میانگین جوانه‌زنی روزانه (روز)	شاخص وزنی بنیه	طول گیاهچه (سانتی‌متر)	طول ساقچه (سانتی‌متر)	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)	وزن خشک ساقچه (میلی‌گرم)	وزن خشک گیاهچه (میلی‌گرم)
Treatments	Germination percentage (%)	Mean of daily germination (day)	Seed weight vigor index	Seedling length (cm)	Shoot length (cm)	Radicle length (cm)	Shoot dry weight (mg)	Seedling dry weight (mg)
اسید سالیسیلیک (میلی‌مولار)								
Salicylic acid (mM)								
0	62±2 ^c	6.88±0.22 ^c	54±3.71 ^c	4.55±0.18 ^a	1.77±0.04 ^{ab}	2.44±0.12 ^a	0.66±0.04 ^b	0.86±0.04 ^b
0.01	69.6±3.18 ^b	7.73±0.35 ^b	54.03±2.73 ^c	3.94±0.18 ^b	1.73±0.07 ^b	2.27±0.14 ^a	0.62±0.03 ^b	0.78±0.03 ^b
0.1	74.53±3.08 ^b	8.28±0.34 ^b	66.09±3.21 ^b	4.04±0.17 ^b	1.75±0.04 ^{ab}	2.31±0.11 ^a	0.7±0.03 ^{ab}	0.88±0.03 ^b
0.5	82.13±3.77 ^a	9.12±0.42 ^a	83.57±5.62 ^a	4.57±0.12 ^a	1.91±0.05 ^a	2.59±0.1 ^a	0.78±0.03 ^a	1±0.04 ^a
1	84.66±3.51 ^a	9.4±0.39 ^a	87.7±5.39 ^a	4.18±0.19 ^{ab}	1.78±0.07 ^{ab}	2.64±0.13 ^a	0.76±0.03 ^a	1.02±0.03 ^a
زمان پیش‌تیمار (ساعت)								
Priming time (hour)								
0	62±2 ^c	6.88±0.22 ^c	54±3.71 ^c	4.55±0.18 ^a	1.77±0.04 ^{bc}	2.45±0.12 ^a	0.66±0.04 ^a	0.86±0.04 ^a
6	70.53±3.04 ^b	7.84±0.34 ^b	66±5.04 ^b	4.55±0.11 ^a	1.94±0.05 ^a	2.57±0.08 ^a	0.72±0.03 ^a	0.92±0.04 ^a
12	75.47±3.84 ^b	8.39±0.43 ^b	70.35±5.31 ^{ab}	3.8±0.18 ^c	1.84±0.07 ^{ab}	2.34±0.09 ^a	0.73±0.03 ^a	0.92±0.04 ^a
24	82.67±3.68 ^a	9.19±0.41 ^a	78.09±6.26 ^a	4.33±0.19 ^{ab}	1.73±0.04 ^{bc}	2.53±0.2 ^a	0.71±0.03 ^a	0.93±0.05 ^a
48	82.27±3.41 ^a	9.14±0.38 ^a	76.97±5.58 ^a	4.06±0.15 ^{bc}	1.68±0.05 ^c	2.38±0.1 ^a	0.71±0.03 ^a	0.93±0.05 ^a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند.
 Means with the same letters in each column are not significantly different by using Duncan's multiple range test at 5% probability level.

Table 4. Mean comparison of the interaction of SA and priming time on *Catharanthus* seed germination indices

اسید سالیسیلیک (میلی مولار) Salicylic acid (mM)	زمان پیش‌تیمار (ساعت) Priming time (hour)	سرعت جوانه زنی (بذر در روز) Germination rate (Seed/day)	میانگین زمان جوانه زنی (روز) Mean time of germination (day)	ارزش جوانه زنی (درصد) Germination value (%)	شاخص طولی بینه بذر Seed length vigor index	وزن خشک ریشه‌چه (میلی گرم) Radicule dry weight (mg)
0	0	7.47±0.79 ^f	4.7±0.07 ^a	57.6±12.65 ^f	279.72±26.4 ^{cde}	0.17±0.01 ^{ef}
	6	10.26±1.5 ^{ef}	3.67±0.12 ^{cdef}	60.09±14.48 ^f	288.76±42.44 ^{cde}	0.14±0 ^f
	12	11.62±1.65 ^{de}	3.34±0.13 ^{fg}	60.91±19.06 ^f	206.44±27.19 ^e	0.14±0.02 ^f
	24	14.32±0.46 ^{bcd}	3.21±0.06 ^g	105.81±9.63 ^{bcd}	294.2±22.9 ^{cde}	0.13±0.02 ^f
	48	16.15±0.81 ^{ab}	2.68±0.01 ^h	100.42±9.18 ^{cde}	288.4±17.63 ^{cde}	0.2±0.02 ^{def}
	6	10.95±0.66 ^e	3.76±0.05 ^{bcd}	66.09±8.78 ^{ef}	320.61±26.17 ^{cd}	0.19±0.03 ^{def}
0.1	12	12.01±0.98 ^{de}	3.92±0.12 ^{bc}	78.41±12.6 ^{def}	272.04±72.6 ^{de}	0.17±0.01 ^{ef}
	24	14.24±0.98 ^{bcd}	3.39±0.19 ^{fg}	104.57±16.4 ^{bcd}	297.71±29.09 ^{cd}	0.19±0.04 ^{def}
	48	16.06±0.33 ^{ab}	3.22±0.23 ^g	140.17±8.5 ^{ab}	316.35±29.65 ^{cd}	0.17±0.02 ^{ef}
	6	12.6±1.07 ^{cde}	3.51±0.08 ^{def}	85.75±13.84 ^{def}	364.16±22.44 ^{bc}	0.24±0.02 ^{bcd}
	12	12.9±0.56 ^{cde}	3.79±0.22 ^{bcd}	99.53±8.15 ^{cde}	348.15±15.7 ^{bcd}	0.21±0.03 ^{cde}
	24	16.77±0.21 ^{ab}	3.43±0.08 ^{efg}	164.64±7.35 ^a	456.41±37.79 ^a	0.27±0.02 ^{abc}
0.5	48	17.09±0.69 ^a	3.29±0.06 ^g	166.17±8.35 ^a	424.11±10.77 ^{ab}	0.29±0.05 ^{ab}
	6	11.95±0.69 ^{de}	4.06±0.15 ^b	105.99±17.3 ^{bcd}	348.13±35.75 ^{bcd}	0.22±0.01 ^{cde}
	12	15.06±0.08 ^{bhc}	3.85±0.11 ^{bcd}	132.23±2.12 ^{abc}	310.37±3.73 ^{cd}	0.25±0.01 ^{bcd}
	24	16.68±0.57 ^{ab}	3.35±0.05 ^{fg}	157.6±3.26 ^a	466.85±15.18 ^a	0.32±0.03 ^a
	48	16.16±0.84 ^{ab}	3.28±0.23 ^g	161.91±6.43 ^a	351.36±25.82 ^{bcd}	0.29±0.03 ^{ab}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای داکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال 5٪ ندارند. Means with the same letters in each column are not significantly different by using Duncan's multiple range test at 5% probability level.

جدول ۴. مقایسه میانگین برهمکنش سطوح مختلف اسید سالیسیلیک و مدت‌زمان پیش‌تیمار بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر پروانش

جدول ۵. تجزیه واریانس اثر اسید جاسمونیک و مدت زمان پیش تیمار بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر پروانش

Table 5. Analysis of variance of the effect of jasmonic acid and priming time on *Catharanthus* seed germination indices

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	میانگین زمان جوانه‌زنی	میانگین جوانه‌زنی روزانه	ارزش جوانه‌زنی
Sources of variation	df	Germination percentage	Germination rate	Mean time of germination	Mean of daily germination	Germination value
اسید جاسمونیک Jasmonic acid	2	801.67**	2.32**	0.17*	9.91**	8790**
زمان پیش تیمار Priming time	4	438.89**	1.17**	0.39**	5.42**	3838**
اسید جاسمونیک × زمان پیش تیمار Jasmonic × Priming time acid	8	136.39**	0.35**	0.13*	1.69**	1314**
خطا Error	30	20.00	0.03	0.04	0.25	133.02
ضریب تغییرات (%) Coefficient of variation (%)	-	5.48	5.11	4.56	5.47	10.19

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

* and **, Significant at 5 and 1% probability level, respectively

ادامه جدول ۵.

Table 5. Continued

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		طول گیاهچه	طول ساقه‌چه	طول ریشه‌چه	شاخص وزنی بنیه	شاخص طولی بنیه	وزن خشک ساقه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه	وزن خشک گیاهچه
Sources of variation	df	Seedling length	Shoot length	Radicle length	Seed weight vigor index	Seed length vigor index	Shoot dry weight	Radicle dry weight	Seedling dry weight
اسید جاسمونیک Jasmonic acid	2	2.9**	0.89**	0.78**	5489**	31433**	16.0**	0.04**	0.35**
زمان پیش تیمار Priming time	4	0.47**	0.25**	0.06 ^{ns}	2053**	16105**	0.04**	0.01**	0.1**
اسید جاسمونیک × زمان پیش تیمار × Priming time Jasmonic acid	8	0.16**	0.1*	0.06 ^{ns}	568.07**	4523**	0.01 ^{ns}	0.003**	0.03**
خطا Error	30	0.016	0.037	0.044	65	299.58	0.007	0.001	0.007
ضریب تغییرات (%) Coefficient of variation (%)	-	3.38	14.25	8.8	10.79	5.33	11.84	18.29	9.85

ns, * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, * and ** non-significant, Significant at 5% and 1% probability level, respectively

عبابف و همکاران: تعیین مناسب‌ترین مدت‌زمان و غلظت پیش‌تیمار با تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی...

جدول ۶. مقایسه میانگین برهمکنش سطوح مختلف پیش‌تیمار با اسیدجاسمونیک و مدت‌زمان برای شاخص‌های جوانه‌زنی پروانش

Table 6. Mean comparison of the interaction of different levels of priming with JA and time for *Catharanthus* seed germination indices

تیمارها Treatment		درصد جوانه‌زنی (درصد)	سرعت جوانه‌زنی (جوانه در روز)	میانگین زمان جوانه‌زنی (روز)	میانگین جوانه‌زنی روزانه (روز)	ارزش جوانه‌زنی (درصد)
زمان پیش‌تیمار (ساعت)	اسیدجاسمونیک (میکرومولار)	Germination percentage (%)	Germination rate (Seed/day)	Mean time of germination (day)	Mean of daily germination (day)	Germination value (%)
Priming time (hour)	JA (μ M)					
صفر	صفر	73.33±1.66 ^c	3.22±0.01 ^d	4.74±0.12 ^{bc}	8.15±0.19 ^c	85.45±3.84 ^f
6		80±7.64 ^{de}	3.66±0.34 ^{bc}	4.52±0.09 ^{bcd}	8.89±0.85 ^{de}	103.44±20.18 ^{ef}
12	10	95±2.89 ^{ab}	4.64±0.12 ^a	4.12±0.03 ^c	10.56±0.32 ^{ab}	177.44±5.37 ^a
24		98.33±1.67 ^a	4.55±0.05 ^a	4.45±0.11 ^{bcde}	10.93±0.19 ^a	161.53±2.8 ^{ab}
48		88.33±1.67 ^{bc}	3.81±0.03 ^b	4.85±0.07 ^b	9.81±0.19 ^{bc}	123.94±4.63 ^{cd}
6		73.33±1.67 ^c	3.45±0.05 ^{cd}	4.31±0.12 ^{de}	8.15±0.19 ^c	112.69±6.31 ^{de}
12	100	85±0 ^{cd}	3.97±0 ^b	4.35±0 ^{cde}	9.44±0 ^{cd}	133.8±0 ^c
24		98.33±1.67 ^a	4.53±0.05 ^a	4.49±0.08 ^{bcde}	10.93±0.19 ^a	153.57±5.16 ^b
48		93.33±1.67 ^{ab}	3.74±0.18 ^{bc}	5.21±0.26 ^a	10.37±0.19 ^{ab}	132.39±5.51 ^{cd}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

Means with the same letters in each column are not significantly different by using Duncan's multiple range test at 5% probability level.

ادامه جدول ۶.

Table 6. Continued

تیمارها		شاخص وزنی بنبه	شاخص طولی بنبه	طول گیاهچه (سانتی‌متر)	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)	وزن خشک ریشه‌چه (میلی‌گرم)	وزن خشک گیاهچه (میلی‌گرم)
Treatment	Seed weight vigor index	Seed length vigor index	Seedling length (cm)	Shoot length (cm)	Radicle dry weight (mg)	Seedling dry weight (mg)	
زمان پیش‌تیمار (ساعت)	اسیدجاسمونیک ک (میکرومولار)						
Priming time (h)	JA (μ M)						
0	0	53.4±3.99 ^c	238.87±11.76 ^f	3.25±0.09 ^e	1.1±0.04 ^c	0.13±0.01 ^c	0.73±0.04 ^c
	6	81.42±5.99 ^d	324.93±31.8 ^d	4.06±0.01 ^{bc}	1.71±0.3 ^a	0.19±0.03 ^{cde}	1.02±0.05 ^a
10	12	106.03±3.13 ^{ab}	393.9±11.49 ^b	4.15±0.02 ^b	1.81±0.1 ^a	0.25±0.01 ^{abc}	1.12±0.02 ^a
	24	112±4.16 ^a	439.43±4.83 ^a	4.47±0.04 ^a	1.71±0.08 ^a	0.28±0.03 ^a	1.14±0.05 ^a
	48	97.67±0.47 ^{abc}	361.87±6.81 ^c	4.1±0.01 ^{bc}	1.56±0.16 ^{ab}	0.28±0.03 ^a	1.11±0.03 ^a
	6	62.83±3.81 ^c	286±12.38 ^e	3.9±0.09 ^{cd}	1.22±0.07 ^{bc}	0.19±0.02 ^{de}	0.86±0.07 ^{bc}
100	12	88.4±7.41 ^{cd}	347.65±4.25 ^{cd}	4.09±0.05 ^{bc}	1.54±0.06 ^{ab}	0.21±0.01 ^{bcd}	1.04±0.09 ^a
	24	108.7±5.47 ^a	431.93±7.26 ^a	4.39±0.06 ^a	1.76±0.13 ^a	0.26±0.04 ^{ab}	1.11±0.06 ^a
	48	92.2±7.22 ^{bcd}	375.53±3.51 ^{bc}	4.03±0.09 ^{bc}	1.49±0.15 ^{ab}	0.22±0.02 ^{abcd}	0.99±0.07 ^{ab}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

Means with the same letters in each column are not significantly different by using Duncan's multiple range test at 5% probability level.

ارزش جوانه‌زنی

مشاهده شد (جدول ۶). اسید جاسمونیک به‌عنوان یک تنظیم‌کننده رشد درونی بر جوانه‌زنی و بازدارندگی آن تأثیرگذار است به‌طوری‌که گزارش شده بذره‌های پرایم شده با اسیدجاسمونیک بیش‌ترین میزان انرژی جوانه‌زنی را نسبت به تیمار شاهد داشت (زارعی و همکاران، ۲۰۱۶). اسیدجاسمونیک می‌تواند نقش بازدارندگی و تحریک‌کنندگی داشته باشد که به نظر می‌رسد با توجه به مدت‌زمان پیش‌تیمار تأثیرات متفاوتی بر بذر دارد. افزایش انرژی جوانه‌زنی بذر در شرایط پیش‌تیمار می‌تواند مربوط به حرکت ذخایر غذایی، فعالیت و سنتز مجدد بعضی آنزیم‌ها و رشد سریع جنین به دنبال برطرف شدن موانع جوانه‌زنی در پیش‌تیمار باشد (بسرا^۴ و همکاران، ۲۰۰۳).

طول گیاهچه، ساقه‌چه و ریشه‌چه

اثر غلظت اسید سالیسیلیک و مدت‌زمان پیش‌تیمار بر طول گیاهچه و مدت‌زمان پیش‌تیمار بر طول ساقه‌چه معنی‌دار بود ولی هیچ‌کدام از تیمارها بر صفت طول ریشه‌چه تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۲). بیش‌ترین طول گیاهچه و ساقه‌چه در تیمار ۰/۵ میلی‌مولار مشاهده شد و مطلوب‌ترین زمان پیش‌تیمار در هر دو صفت ۶ ساعت بود (جدول ۳).

نتایج نشان داد غلظت اسید جاسمونیک، مدت‌زمان پیش‌تیمار و اثرمتقابل هر دو تیمار بر طول گیاهچه و ساقه‌چه معنی‌داری بود. طول ریشه‌چه نیز تحت تأثیر غلظت اسید جاسمونیک قرار گرفت (جدول ۵). بیش‌ترین طول گیاهچه در غلظت ۱۰ میکرومولار در مدت‌زمان ۲۴ ساعت پیش‌تیمار مشاهده شد و بیش‌ترین طول ساقه‌چه در تیمار ۱۲ ساعت با غلظت ۱۰ میکرومولار اسید جاسمونیک مشاهده شد (جدول ۶) که نشان‌دهنده اهمیت مدت‌زمان پیش‌تیمار در غلظت‌های این آزمایش است. هم‌چنین در تمام تیمارهای زمان غلظت ۱۰ میکرومولار نسبت به ۱۰۰ میکرومولار نتایج بهتری را نشان داد (جدول ۶). مقایسه میانگین برهمکنش غلظت اسید جاسمونیک و مدت‌زمان پیش‌تیمار، نشان داد روند افزایش طول گیاهچه و

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که ارزش جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تیمارهای مختلف پیش‌تیمار با اسید سالیسیلیک و مدت‌زمان قرارگرفته است (جدول ۲). پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک بر شاخص ارزش جوانه‌زنی بذر پروانش اثر مثبت داشت و افزایش غلظت سبب افزایش این صفت نسبت به تیمار شاهد (بدون پرایم) شد، اگرچه در بین غلظت‌های ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بیش‌ترین میانگین ارزش جوانه‌زنی (۱۶۶/۲) در تیمار ۴۸ ساعت پیش‌تیمار با اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار حاصل شد (جدول ۴). گزارش‌های متعدد نشان داده‌اند که پیش‌تیمار بذر در غلظت‌های مناسب تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی مانند اسید سالیسیلیک منجر به بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی در شرایط تنش و عدم تنش خواهد شد (آریابو^۱ و همکاران، ۲۰۱۵). اسید سالیسیلیک، با افزایش سطوح هورمون‌های اکسین و سیتوکنین در بذرها که در تحریک جوانه‌زنی مؤثرند، موجب بهبود خصوصیات جوانه‌زنی می‌شود (کبیری^۲ و همکاران، ۲۰۱۴). به‌طوری‌که در جدول ۴ دیده می‌شود با افزایش زمان پیش‌تیمار از ۲۴ به ۴۸ ساعت به‌جز در تیمار ۰/۱ میلی‌مولار در دیگر غلظت‌ها تغییر معنی‌داری در ارزش جوانه‌زنی بذره‌های پروانش دیده نشد.

نتایج آزمایش دوم معنی‌دار بودن اثر غلظت اسید جاسمونیک، مدت‌زمان پیش‌تیمار و اثرمتقابل هر دو تیمار را بر ارزش جوانه‌زنی نشان داد (جدول ۵). مشاهده شد بذره‌های پرایم شده با اسید جاسمونیک نسبت به بذره‌های بدون پرایم بیش‌ترین میزان ارزش جوانه‌زنی را داشتند. نتایج بیش‌ترین افزایش معنی‌دار ارزش جوانه‌زنی را در مدت‌زمان پیش‌تیمار ۱۲ ساعت در غلظت ۱۰ میکرومولار اسیدجاسمونیک نشان داد (جدول ۶). در این آزمایش مشاهده شد در غلظت ۱۰ میکرومولار با افزایش مدت‌زمان پیش‌تیمار پس از ۱۲ ساعت ارزش جوانه‌زنی کاهش یافت. این کاهش در غلظت ۱۰۰ میکرومولار پس از ۲۴ ساعت

³ Zarei⁴ Basra¹ Arbaoui² Kabiri

ریشه‌چه را در غلظت ۱ میلی‌مولار و مدت‌زمان پیش‌تیمار ۲۴ ساعت نشان داد (جدول ۴).

در آزمایش دوم مشاهده شد غلظت اسیدجاسمونیک و مدت‌زمان پیش‌تیمار بر وزن خشک گیاهچه، ساقه‌چه و ریشه‌چه و برهمکنش غلظت و مدت‌زمان نیز بر وزن خشک ریشه‌چه و وزن خشک کل گیاهچه معنی‌دار بود (جدول ۵).

نتایج مقایسه میانگین اثرمتقابل غلظت و زمان پیش‌تیمار روند افزایشی وزن خشک گیاهچه را در هر دو غلظت تا زمان ۲۴ ساعت نشان داد و پس از آن در ۴۸ ساعت کاهش جزئی مشاهده شد (جدول ۶). وزن خشک ریشه‌چه در غلظت ۱۰ میکرومولار با افزایش مدت‌زمان پیش‌تیمار افزایش یافت ولی در غلظت ۱۰۰ میکرومولار این افزایش تا تیمار ۲۴ ساعت پیش‌تیمار ادامه داشت و سپس کاهش یافت (جدول ۶). در این رابطه نیز محققان دیگر گزارش کرده‌اند که منحنی عکس‌العمل گیاه به همه هورمون‌های شناخته‌شده زنگوله‌ای شکل است، احتمال می‌رود نقش جاسمونات‌ها به‌عنوان ممانعت‌کننده‌های جوانه‌زنی مربوط به غلظت بالای آنها باشد. به‌طوری‌که در غلظت‌های پایین اثر تحریک‌کنندگی دارند. در مطالعات مربوط به پتانسیل تنظیم‌کننده‌های رشد مانند جاسمونات‌ها می‌بایست اختلاف بین غلظت‌های فیزیولوژیکی و فرابیهینه مشخص شود. (آذرنیا و همکاران، ۲۰۱۶).

شاخص‌های طولی و وزنی بنبه بذر

غلظت اسید سالیسیلیک و مدت‌زمان پیش‌تیمار اثر معنی‌داری بر شاخص وزنی و طولی بنبه بذر داشت. برهمکنش هر دو تیمار فقط بر شاخص طولی معنی‌دار بود (جدول ۲). مشاهده شد که مطلوب‌ترین تیمار برای شاخص‌های وزنی بنبه بذر ۰/۵ میلی‌مولار است که ۵۴/۶ درصد نسبت به شاهد افزایش داشتند (جدول ۳). علاوه بر این نتایج مقایسه میانگین بیش‌ترین افزایش شاخص‌های بنبه بذر را در زمان ۲۴ ساعت پیش‌تیمار را نشان داد و با افزایش زمان پیش‌تیمار در تیمار ۴۸ ساعت کاهش جزئی نشان داده شد که با ۲۴ ساعت اختلاف معنی‌دار نبود (جدول ۳).

ساقه‌چه، در غلظت‌های ۱۰ و ۱۰۰ میکرومولار تا زمان ۲۴ ساعت مثبت است و در ۴۸ ساعت روند کاهشی بود (جدول ۶). ناواز^۱ و همکاران (۲۰۱۷) گزارش داد که متیل جاسمونات با افزایش غلظت می‌تواند مانع جوانه‌زنی و رشد گیاهچه برنج در مقایسه با غلظت‌های پایین شود. به‌طوری‌که تیمار پیش‌تیمار با ۲/۵ میلی‌مولار اسید جاسمونیک باعث بهبود طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در مقایسه با بذرهای بدون پرایم شد. ولی پیش‌تیمار با متیل جاسمونات در غلظت ۵ میلی‌مولار طول ریشه‌چه و ساقه‌چه را تحت تنش اسمزی کاهش داد (ناواز و همکاران، ۲۰۱۷). نتایج بیش‌ترین طول ریشه‌چه را در تیمار ۱۰۰ میکرومولار اسید جاسمونیک نشان داد که ۲۰/۹ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داشت (جدول ۷). مطالعات نشان داده که فعالیت آلفا-آمیلاز (آنزیم کلیدی برای جوانه‌زنی بسیاری از بذرهای) با افزایش غلظت متیل جاسمونات کاهش می‌یابد. با محدود شدن سوبسترا برای تنفس تولید انرژی کاهش می‌یابد. تولید محدود انرژی، به نوبه خود باعث فعالیت پایین آنزیم $H^+ - ATPase$ واقع در غشا پلاسمایی و کمتر اسیدی شدن دیواره سلولی می‌شود که نتیجه آن توقف یا کند شدن افزایش رشد سلول‌های ریشه‌چه و ساقه‌چه خواهد شد که در نتیجه آن طول گیاهچه و ساقه‌چه کاهش می‌یابد (نوراستنیا^۲ و همکاران، ۲۰۰۷).

وزن خشک گیاهچه، ساقه‌چه و ریشه‌چه

پیش‌تیمار با اسید سالیسیلیک بر وزن خشک گیاهچه، ساقه‌چه و ریشه‌چه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. هم‌چنین مدت‌زمان پیش‌تیمار و برهمکنش هر دو تیمار بر وزن خشک ریشه‌چه معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین افزایش وزن خشک گیاهچه و ساقه‌چه را پس از غلظت ۰/۵ میلی‌مولار نشان داد (جدول ۳). مشاهده شد با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک از سطح ۰/۵ میلی‌مولار وزن خشک گیاهچه و ساقه‌چه افزایش معنی‌داری یافت و در دیگر سطوح پیش‌تیمار اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳) هم‌چنین مقایسه میانگین بالاترین مقدار وزن خشک

¹ Nawaz

² Norastenia

میکرومولار اسید جاسمونیک مشاهده شد (جدول ۷). نتایج این پژوهش با نتایج پژوهش پراور و همکاران (۲۰۱۵) که گزارش کردند با افزایش مدت‌زمان پیش‌ تیمار میزان شاخص بنیه بذر افزایش یافت مطابقت دارد. در بررسی اثر پیش تیمار اسید جاسمونیک بر شاخص بنیه گزارش شده است که پیش‌ تیمار با اسید جاسمونیک تأثیر مثبتی بر بنیه داشت و باعث افزایش شاخص بنیه در بذرهای پرایم شده نسبت به بذرهای شاهد شد (زارعی^۴ و همکاران، ۲۰۱۵). در شرایط تنش غلظت‌های ۰/۱ و ۱ میکرومولار اسید جاسمونیک مؤثرترین پیش تیمار برای افزایش شاخص بنیه بذر در غلظت‌های ۳، ۴ و ۵٪ کلرید سدیم بودند (زمانی و روشندل^۵، ۲۰۱۷).

جدول ۷. مقایسه میانگین سطوح مختلف پیش‌ تیمار با اسید جاسمونیک برای طول ریشه‌چه پروانه

Table 7. Mean comparison of the effect of different levels of priming by JA for radicle length of *Catharanthus* germination indices

تیمارها Treatment	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر) Radicle length (cm)
اسید جاسمونیک (میکرومولار) Jasmonic acid (mM)	
صفر	2.15±0.02 ^c
10	2.42±0.08 ^b
100	2.6±0.05 ^a

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

Means followed by the same letters are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% probability level.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که استفاده از اسید سالیسیلیک و اسید جاسمونیک برای پیش تیمار بذر موجب بهبود مؤلفه‌های جوانه‌زنی بذر می‌شود. علاوه بر غلظت پیش تیمار با اسید سالیسیلیک و اسید جاسمونیک، مدت‌زمان تماس بذر با این تنظیم کننده‌های رشد نیز حائز اهمیت است. مشاهده شد بین

نتایج اثر متقابل تیمارها نشان داد که شاخص طولی بنیه بذر در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و مدت‌زمان ۴۸ ساعت پیش تیمار به حداکثر مقدار خود رسید (جدول ۴).

از آنجایی که شاخص طولی بنیه بذر از حاصل ضرب درصد جوانه‌زنی و طول گیاهچه به دست می‌آید و با هر دو مؤلفه ارتباط دارد، بنابراین هر تیماری که این دو مؤلفه را افزایش دهد شاخص بنیه بذر را نیز افزایش می‌دهد به همین دلیل افزایش بنیه بذر با استفاده از تیمارهای پیش تیمار می‌تواند با افزایش فعالیت آنزیم‌های دخیل در جوانه‌زنی و در نتیجه افزایش مصرف مواد ذخیره‌ای بذر و طول شدن گیاهچه در اثر افزایش انرژی در بذرهای پرایم شده در ارتباط باشد (انصاری^۱ و همکاران، ۲۰۱۳). گزارش شده است که اسید سالیسیلیک تعادل هورمونی را در گیاه تغییر داده و سبب افزایش اکسین، اسید آبسزیک و مانع از کاهش سیتوکنین می‌شود (کبیری و همکاران، ۲۰۱۴). گزارش شده پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک در غلظت‌های ۰/۵ تا ۱ میلی‌مولار سبب بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی و بنیه بذر در هر دو شرایط تنش و غیر تنش در گیاه سیاه‌دانه (کبیری و همکاران، ۲۰۱۴)، همیشه‌بهار (قاسمی جوبشهر و خرمی وفا^۲، ۲۰۱۳) و رازیانه (کبیری و همکاران، ۲۰۱۴) شد. آذرنیا و همکاران (۲۰۱۶) گزارش دادند که اثر اصلی مدت‌زمان و غلظت پیش تیمار هورمونی در سطح یک درصد بر بنیه بذر عدس معنی‌دار بوده و مؤثرترین طول مدت پیش تیمار جهت افزایش بنیه بذر ۱۲ ساعت است.

نتایج آزمایش اثر غلظت اسید جاسمونیک و مدت‌زمان پیش تیمار نشان داد هر دو تیمار و اثر متقابل غلظت اسید جاسمونیک و مدت‌زمان پیش تیمار بر شاخص وزنی و طولی بنیه گیاهچه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). نتایج افزایش معنی‌دار شاخص طول و وزنی بنیه بذر را با افزایش مدت‌زمان پیش تیمار و سطوح غلظت اسید جاسمونیک نشان داد به طوری که بیش‌ترین میزان شاخص طولی و وزنی بنیه بذر در مدت‌زمان ۲۴ ساعت در غلظت‌های ۱۰ و ۱۰۰

³ Paravr

⁴ Zarei

⁵ Zamani and Roshandel

¹ Ansari

² Ghasemi Jobshahr and Khoramivafa

میلی‌مولار بهترین نتایج را نشان دادند. در آزمایش با اسیدجاسمونیک با افزایش غلظت اسید جاسمونیک در مدت‌زمان‌های بیشتر پیش‌تیمار تأثیر مهارکنندگی این ماده بر جوانه‌زنی بذر پروانش در اکثر صفات افزایش می‌یابد. بهترین مدت‌زمان برای پیش‌تیمار در این آزمایش ۱۲ و ۲۴ ساعت بود. هم‌چنین در بین غلظت‌های کاربردی اسیدجاسمونیک، غلظت ۱۰ میکرومولار نتایج بهتری را نشان داد.

مدت‌زمان‌های مختلف پیش‌تیمار در صفاتی چون درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، میانگین زمان جوانه‌زنی، متوسط جوانه‌زنی روزانه، اختلاف معنی‌داری وجود دارد. در این آزمایش مشخص شد که هر چه مدت‌زمان پیش‌تیمار اسید سالیسیلیک افزایش می‌یابد، در اکثر موارد موجب بهبود مؤلفه‌های جوانه‌زنی می‌شود. بهترین مدت‌زمان برای پیش‌تیمار با اسید سالیسیلیک در این آزمایش ۲۴ و ۴۸ ساعت بود. در بین غلظت‌های کاربردی اسید سالیسیلیک، غلظت‌های ۰/۵ و ۱

منابع

- Abdul-Baki, A.A. and Anderson, J.D. 1973. Vigour determination in soybean by multiple criteria 1. *Crop Science*, 13(6): 630-633. <https://doi.org/10.2135/cropsci1973.0011183X001300060013x>
- Ansari, O. and Sharif-Zadeh, F. 2012. Does Gibberellic acid (GA), Salicylic acid (SA) and Ascorbic acid (ASc) improve mountain Rye (*Secale montanum*) seeds germination and seedlings growth under cold stress? *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 3(8): 1651-1657.
- Ansari, O., Tavakkol Afshari, R., Sharif-Zadeh, F. and Shayanfar, A. 2013. The role of priming on seed reserve utilization and germination of mountain rye (*Secale montanum*) seeds under salinity stress. *Iranian Journal Field Crop Science*, 44(2): 181-189. [In Persian with English Summary].
- Arbaoui, M., Yahia, N. and Belkhodja, M. 2015. Germination of the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in response to salt stress combined with hormones. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 7(3): 14-24.
- Aslam, J., Mujib, A., Fatima, S. and Sharma, M. 2008. Cultural conditions affect somatic embryogenesis in *Catharanthus roseus* L. (G.) Don. *Plant Biotechnology Reports*, 2(3): 179-189. <https://doi.org/10.1007/s11816-008-0060-9>
- Azarnia, M., Biabani, A., Eisvand, H.R., Gholamalipour, 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* L.). *Iranian Journal of Seed Research*, 3(1): 59-73. [In Persian with English Summary].
- Babaei Qaqlstany, A., Asadi Gakiyeh, M., Fallahi, N. and Hatami Ghare Ghoyini, N. 2016. Osmopriming effect on germination of wheat under allelopathic conditions of foxtail extract. *Seed Research*, 6(18): 11-19. [In Persian with English Summary].
- Bandurska, H., Stroński, A. and Kubiś, J. 2003. The effect of jasmonic acid on the accumulation of ABA, proline and spermidine and its influence on membrane injury under water deficit in two barley genotypes. *Acta Physiologiae Plantarum*, 25(3): 279-285. <https://doi.org/10.1007/s11738-003-0009-0>
- Basra, S. M., Ullah, E., Warraich, E., Cheema, M., and Afzal, I. 2003. Effect of storage on growth and yield of primed canola (*Brassica napus*) seeds. *International Journal of Agriculture and Biology*, 5(2): 117-120.
- Brancalion, P., Novembre, A., Rodrigues, R. and Tay, D. 2008. Priming of *Mimosa bimucronata* seeds-a tropical tree species from Brazil. *Acta Horticulturae*, 782: 163-168. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.782.18>
- Creelman, R. and Mullet, J.E. 1997. Biosynthesis and action of jasmonate in plant. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 48(1): 355-381. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.48.1.355>

- Ellis, R.H. and Roberts, E.H. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Science and Technology*, 9: 377-409.
- Ghasemi Golezani, K. and Dalil, B. 2011. Germination and Seed Vigor Tests. Ferdowsi University of Mashhad. P.104
- Ghasemi Jobshahr, E., and Khoramivafa. M. 2013. Effect of pretreatment of salicylic acid on germination and seedling properties *Callendulla officinalis* in salt stress condition. *Journal of Plant Production Technology*, 12(2): 57-70. [In Persian with English Summary].
- Harris, D., Pathan, A., 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(1-2): 151-164. [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(01\)00023-3](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(01)00023-3)
- Hoogenboom, G., Huck, M., and Peterson, C. M. 1987. Root growth rate of soybean as affected by drought stress. *Agronomy Journal*, 79(4): 607-614. <https://doi.org/10.2134/agronj1987.00021962007900040004x>
<https://doi.org/10.2134/agronj1987.00021962007900040003x>
- Huang, C., Wang, D., Sun, L. and Wei, L. 2016. Effects of exogenous salicylic acid on the physiological characteristics of *Dendrobium officinale* under chilling stress. *Plant Growth Regulation*, 79(2): 199-208. <https://doi.org/10.1007/s10725-015-0125-z>
- Hubbard, M., Germida, J. and Vujanovic, V. 2012. Fungal endophytes improve wheat seed germination under heat and drought stress. *Botany*, 90(2): 137-149. <https://doi.org/10.1139/b11-091>
- Ibrahim, E.A. 2016. Seed priming to alleviate salinity stress in germinating seeds. *Journal of Plant Physiology*, 192: 38-46. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2015.12.011>
- Iqbal, M. and Ashraf, M. 2007. Seed treatment with auxins modulates growth and ion partitioning in salt-stressed wheat plants. *Journal of Integrative Plant Biology*, 49(7): 1003-1015. <https://doi.org/10.1111/j.1672-9072.2007.00488.x>
- 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-Products*, 2: 107-116.
- Khoramdel, S., Rezvani Moghadam, P., Amin Ghafari, A. and Shabahang. J. 2012. Study the germination characteristics of black seed (*Nigella sativa* L.) under drought stress condition in different salicylic acid levels. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 10(4): 709-725.
- Kumari, N., Rai, P.K., Bara, B.M. and Singh. I. 2017. Effect of halo priming and hormonal priming on seed germination and seedling vigor in maize (*Zea mays* L.) seeds. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(4): 27-30.
- Kuźniak, E. and Urbanek, H. 2000. The involvement of hydrogen peroxide in plant responses to stresses. *Acta Physiologiae Plantarum*, 22(2):195-203. <https://doi.org/10.1007/s11738-000-0076-4>
- Moghbeli, T. and Arvin, J. 2013. Effect of seed preparation with growth regulators on germination, growth and yield characteristics of (*Cucumis melo* L.). *Journal of Crop Production and Processing*, 4: 23-33.
- Nawaz, A., Sheteiwy, M.S., Khan, S.M., Bukhari, S.A.H., Dawood, M., Guan, Y. and Hu, J. 2017. Exploring the mechanism of exogenous applied methyl jasmonate for germination inhibition in hybrid rice. *Pakistan Journal of Life & Social Sciences*, 15(1): 60-71.
- Nejat, N., Valdiani, A., Cahill, D., Tan, Y.H., Maziah, M. and Abiri, R. 2015. Ornamental exterior versus therapeutic interior of Madagascar periwinkle (*Catharanthus roseus*): the two faces of a versatile herb. *The Scientific World Journal*, 2015: 1-19. <https://doi.org/10.1155/2015/982412>
- Norastehnia, A., Sajedi, R. & Nojavan-Asghari, M. 2007. Inhibitory effects of methyl jasmonate on seed germination in maize (*Zea mays*): effect on α -amylase activity and ethylene production. *General and Applied Plant Physiology*, 33: 13-23.
- Omidbeigi, R. 2006. Production and Processing of Medicinal Plants. Astane Ghodse Razaviee Publication. 419p. [In Persian].
- Pagter, M., Bragato, C., Malagoli M. and Brix, H. 2009. Osmotic and ionic effects of NaCl and Na₂SO₄ salinity on *Phragmites australis*. *Aquatic Botany*, 90(1): 43-51. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2008.05.005>

- Paparella, S., Araújo, S., Rossi, G., Wijayasinghe, M., Carbonera, D. and Balestrazzi, A. 2015. Seed priming: state of the art and new perspectives. *Plant Cell Reports*, 34(8): 1281-1293. <https://doi.org/10.1007/s00299-015-1784-y>
- Paravr, A., Omid, H., Esanejad, N. and Amirzadeh, M. 2015. Effect hydropriming seed germination and seedling growth coneflower (*Echinacea purpurea*) under salt stress. *Journal Seed Ecophysiology*, 1(1): 57-69. [in Persian with English Summary].
- Rivas-San Vicente, M. and Plasencia, J. 2011. Salicylic acid beyond defence: its role in plant growth and development. *Journal of Experimental Botany*, 62(10): 3321-3338. <https://doi.org/10.1093/jxb/err031>
- Santini, B.A. and Martorell, C. 2013. Does retained seed priming drive the evolution of serotiny in drylands? An assessment using the cactus *Mammillaria hernandezii*. *American Journal of Botany*, 100(2): 365-373. <https://doi.org/10.3732/ajb.1200106>
- Shakirova, F.M., Sakhabutdinova, A.R., Bezrukova, M.V., Fatkhutdinova, R.A. and Fatkhutdinova, D.R. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. *Plant Science*, 164(3): 317-322. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(02\)00415-6](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(02)00415-6)
- Taha, H., El-Bahr, M. and Seif-El-Nasr, M. 2009. In vitro studies on Egyptian *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. IV: manipulation of some amino acids as precursors for enhanced of indole alkaloids production in suspension cultures. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(4): 3137-3144.
- Vazirimehr, M., Ganjali, H., Rigi, K. and Keshtehgar, A. 2014. Effect of seed priming on quantitative traits corn. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, 4(2):134-140.
- Zamani, N., and Roshandel, P. 2018. The effect of jasmonic acid on seed germination of halophytes species in high levels of salinity. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 7(2): 29-42. [In Persian, with English Summary].
- Zarei, B., Taghipour, Z. and Fazeli, A. 2016. The effect of seed priming with different concentrations of jasmonic acid on germination and early growth of (*Nigella sativa* L.) seedling under salinity stress. *Journal of Seed Research*, 6(2): 67-76. [In Persian, with English Summary].

Short Research Paper

Determination of Optimum Concentration and Time of Pre-Treatment with Plant Growth Regulators on Germination Indices of *Catharanthus roseus* SeedMarzieh Ababaf¹, Heshmat Omid^{2,*}, Abdul Mehdi Bakhshandeh³**Extended Abstract**

Introduction: *Catharanthus roseus* is regarded as a medicinal ornamental plant. This plant has anti-cancer, anti-hypertensive, anti-diabetes, and antimicrobial properties. *Catharanthus* has a fairly long vegetative period due to its slow initial growth. The long growth period of the plant is considered one of the limitations in its cultivation on a larger scale. By using plant growth regulators such as salicylic acid (SA) in the imbibition phase and pre-treatment, an increase in seed activity and the seedling growth of many crops is observable. Also, jasmonic acid (JA) plant growth regulators play an important role in seed germination and plant growth. Regarding the long growth period of this plant, the small size of the seed, and poor establishment in the field with semi-heavy and heavy textured soils, the present study aimed to evaluate the effect of seed priming with SA and JA in different concentrations and periods on improving *Catharanthus roseus* seed germination indices.

Materials and Methods: The studies were conducted as a factorial experiment based on a completely randomized design with three replications at the Laboratory of Seed Science and Technology of Shahed University, Tehran, in 2017. Treatments included five different concentrations of SA (0, 0.01, 0.1, 0.5, and 1 mM), concentrations of JA (0, 1, 10, and 100 μ M) and five periods of time (0, 6, 12, 24, and 48 hours). At the end of the experiment (10 days) traits such as germination percentage, germination rate, mean germination time, mean daily germination, germination value, seed length vigor index, seed weight vigor index, seedling dry weight, shoot dry weight, radicle dry weight, radicle length, shoot length, and seedling length were measured.

Results: The results indicated that the effect SA, JA, and time were significant on germination percentage, germination speed, mean germination time, mean daily germination, germination value, seedling length, seedling length vigor index, seedling weight vigor index, and radicle dry weight. The best times for pre-treatment with SA were 24 and 48 hours. Among the applied concentrations of SA, 0.5 and 1 mM concentrations showed the best results. Also, the best time and concentration for pre-treatment with JA were 12 and 24 hours and 10 μ M.

Conclusions: The results of this study showed that using SA and JA for seed priming improved seed germination components. In addition to the pre-treatment concentrations of SA and JA, the duration of seed contact with growth regulators is important. It was observed that there was a significant difference among the different priming times, therefore, it can be stated that seed pre-treatment time is one of the important factors of seed priming, and the determination of proper priming time prevented the negative effect of pretreatment on germination and seedling growth in primed seeds.

Keywords: *Catharanthus roseus*, Priming, Jasmonic acid, Salicylic acid

Highlights:

- 1- The optimum concentrations of salicylic acid and the priming time of the *Catharanthus roseus* seed were determined.
- 2- The appropriate concentrations of jasmonic acid and the optimum time for pretreatment of *Catharanthus roseus* seed were determined.
- 3- The effect of growth regulators of salicylic acid and jasmonic acid on *Catharanthus roseus* seed germination indices was evaluated.

¹ Ph.D. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences and Medicinal Plants Research Center, Shahed University, Tehran, Iran

² Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Medicinal Plant Research Center, Shahed University, Tehran

³ Professor Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Ramin, Mollasani, Khuzestan, Iran

