اثر پیش تیمار بذر بر شاخص‌های جوانه‌زنی و محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی و کارتنوئیدی مرزه تابستانه تحت تنش شوری کلرید کلسیم

فصلنامه بوم‌شناسی گیاهان زراعی
جلد ۱۴، شماره ۲، صفحات ۶۵-۵۱
(تابستان ۱۳۹۷)

علی پوررضا[۱]، حشمت امیدی[۲]✉

۱ گروه زراعت، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

۲ گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی و مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

(مسؤول مکاتبات) ✉ omidi@shahed.ac.ir

چکیده جوانه‌زنی مرحله‌ای مهم در استقرار گیاهچه است و نقش کلیدی در تولید گیاهان دارد. تنش‌های شوری تهدیدی جدی برای تولیدات کشاورزی، عملکرد و مواد مؤثرهٔ گیاهان دارویی است. این آزمایش به‌منظور بررسی اثرات پیش‌تیمار بذر بر شاخص‌های جوانه‌زنی گیاه دارویی مرزه تحت تنش شوری کلرید کلسیم ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار انجام گرفت. آزمایش بر پایه طرح کاملاً تصادفی به‌صورت فاکتوریل انجام شد. پیش‌تیمارها شامل پیش‌تیمار آبی، نیترات پتاسیم با غلظت ۰/۳٪ و جیبرلیک اسید با غلظت ۵۰۰ قسمت در میلیون بودند که به مدت ۱۲ ساعت در دمای زیر ۱۵ درجه سلسیوس اعمال شدند. بهترین همگنی زمان جوانه‌زنی، بیشترین وزن‌تر و وزن خشک مرزه در پیش‌تیمار با نیترات پتاسیم مشاهده شد. پیش‌تیمار آبی بهترین نرخ جوانه‌زنی و ضریب سرعت جوانه را داشت. با افزایش تیمار شوری به ۱۲۰ میلی‌مولار جوانه‌زنی با ۴/۶ روز تأخیر مواجه شد و نرخ جوانه‌زنی به ۰/۲۲ جوانه در روز کاهش و گیاهچه سالمی تولید نشد. به‌طورکلی، کاهش رشد و محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی و کارتنوئیدی مانند کلروفیل برگ در گیاهچه مرزه در سطوح شوری ۸۰ میلی مولار به بالا رخ داد و موجب افت رشد گیاه گردید. بنابراین بر اساس پژوهش حاضر می‌توان از پیش‌تیمار بذر با نیترات پتاسیم و یا جیبرلیک اسید را برای افزایش تحمل گیاه به شوری در مرحله جوانه-زنی و استقرار گیاهچه استفاده نمود.

شناسه مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ پژوهش: ۱۳۹۶

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۹/۰۹

تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۳/۱۲

واژه‌های کلیدی

- **پرایمینگ**
- **پیش‌تیمار آبی**
- **جیبرلیک اسید**
- **نیترات پتاسیم**
- **هیدروپرایمینگ**

این مقاله با دسترسی آزاد تحت شرایط و قوانین The Creative Commons of BY - NC - ND انتشار یافته است.

DOI: 10.22034/AEJ.2018.543611

مقدمه شوری یکی از عوامل عمده محیطی است که تولید محصولات زراعی را کاهش می‌دهد.[۳۶] بالغ بر هشت میلیون هکتار از زمین‌های جهان تحت تأثیر شوری قرار دارند.[۲۴] اگرچه تنش شوری در تمام مراحل رشدی گیاه می‌تواند رخ دهد، اما با توجه به این‌که استقرار اولیه گیاه در عملکرد نهایی تأثیر زیادی دارد، تنش شوری می‌تواند در مرحله گیاهچه‌ای بر گیاه بسیار مضر باشد.[۱،۳۱] مرحله جوانه‌زنی یکی از مراحل حساس گیاه به تنش شوری است.[۱۸] جوانه‌زنی بذور با افزایش شوری کاهش می‌یابد[۳۸] و در پژوهش‌های متعدد تأخیر در جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در شوری بالا گزارش‌شده است.[۲] اگرچه گونه‌های مختلف گیاهان در حساسیت یا مقاومت به شوری باهم اختلاف دارند،[۲۵] اما سرعت زیاد تجمع نمک در سلول‌های در حال نمو از دلایل حساسیت گیاه به شوری در مرحله جوانه‌زنی است.[۱۰] تنش شوری همراه با اسیدیته بالای خاک، می‌تواند مانع از جذب یون‌های معدنی در خاک گردد. بنابراین، گیاهان باید برای حفظ تعادل یونی داخل سلولی، با سازوکارهایی با سمیت یون سدیم و خشکی فیزیولوژیک مقابله کنند.[۱،۲]

مرزه[1] از تیره نعناعیان[2][۱۱،۱۳] گیاهی است علفی، یک‌ساله و دارای ساقه منشعب، به طول حدود ۳۰ - ۱۰ سانتی‌متر که به سهولت در اثر دارا بودن ظاهری به رنگ سبز خاک‌آلود یا مایل به خاکستری، از گونه‌های مجاور تشخیص داده می‌شود.[۱۷،۲۲] رنگ ساقه آن تیره‌تر از برگ است. مرزه از نظر پزشکی در طب سنتی طبیعت نسبتاً گرم و خشک دارد.[۱۱،۱۳] ضد نفخ و اشتهاآور و برای تقویت نیروی جنسی مؤثر می‌باشد. برای تسکین درد دندان از آن استفاده می‌شود و اگر با آب انجیر خورده شود برای سرفه و تنگی نفس و درخشانی رنگ رخسار اثر مفید دارد. مرزه برای معالجه اسهال بسیار مفید است.[۳۶،۱۳،۱۱]

عطایی و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که شوری به رنگدانه‌های فتوسنتزی و سیستم غشاء خسارت زده و به کاهش شدید مقدار آب، فعالیت ریشه، محتوای کلروفیل، سرعت فتوسنتز خالص و افزایش شدید در میزان نشت الکترولیت منجر می‌گردد.[۱،۳۹] گزارش شده که قسمت‌های هوایی کمتر تحت تأثیر شوری قرار می‌گیرند ولی شوری ممکن است شوری تغییرات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی را سبب و جذب آب و املاح را مختل کند.[۲،۳۷]

پیش‌تیمار[3] به دوره‌های متوالی خیس و خشک کردن بذور اطلاق می‌شود که می‌تواند همراه با مصرف ترکیبات شیمیایی و اسمزی باشد.[۲] در اثر اعمال پیش‌تیمار، فعالیت‌های متابولیکی جوانه‌زنی تحریک و در نقطه‌ای توازن ایجاد می‌شود که موجب بهبود سرعت جوانه‌زنی، یکنواختی رویش بوته‌ها، جوانه‌زنی تحت شرایط متنوع محیطی می‌شود.[۷] پیش تیمار بذر به‌عنوان یک راهکار جهت افزایش استقرار گیاهچه به‌ویژه در شرایط نامطلوب مطرح است.[۱،۱۶] در این میان تحریک‌کننده‌های جوانه‌زنی مانند هورمون جیبرلیک اسید بیشترین نقش را دارند. گزارش های مختلف حاکی از آن است که اسید جیبرلیک و نیترات پتاسیم درصد و سرعت جوانه زنی بذور را افزایش می‌دهند.[۱،۲،۳۷] افزایش سنتز و آزادسازی هورمون جیبرلیک اسید در بذر موجب شکسته شدن نشاسته ذخیره‌ای و تبدیل آن به مواد قابل‌استفاده برای جنین شده[۳۹] و موجب شروع فرآیند جوانه‌زنی می‌شود[۲۶] سنتز دی‌ان‌ای در بهبود یکنواختی جوانه‌زنی بذر توسط پژوهشگران موردبحث قرارگرفته

[1] *Satureia hortensis*
[2] *Lamiaceae*
[3] priming

است.[۱،۳۷،۳۹] دیگر پژوهشگران نیز بیان داشته‌اند که فعالیت رونویسی از هسته در بذرهایی که تحت پتانسیل اسمزی پایین پیش‌تیمار شده بیشتر بود.[۲۸] نیترات پتاسیم پرمصرف‌ترین ماده شیمیایی برای افزایش جوانه‌زنی است.[۲] محلول ۰/۱ تا ۰/۲٪ در آزمایش‌های جوانه‌زنی معمولی مشترک بوده و از سوی انجمن تحلیلگران رسمی بذر [۱] و انجمن بین المللی آزمایش بذر [۲] برای آزمایش‌های جوانه‌زنی بسیاری از گونه‌ها توصیه‌شده است.[۳۵،۴۲] بسیاری بذور نیازمند به نور برای جوانه‌زنی نسبت به نیترات پتاسیم حساس‌اند و افزایش جوانه‌زنی تحت اثر نیترات پتاسیم می‌تواند احتمالی بر وجود نیاز نوری بذور برای جوانه‌زنی آن‌ها باشد.[۱۲]

پیش تیمار و در نتیجه ظهور سریعتر گیاهچه ها می‌تواند منجر به تولید گیاهان قوی‌تری گردد.[۱] همچنین گزارش شده که این روش باعث افزایش دامنه جوانه‌زنی بذرها در شرایط محیطی تنش‌زا از قبیل تنش شوری، خشکی و دما می‌شود. عمل آماده سازی اسمزی بر بذور گیاهان مختلفی از جمله مرزه[۱۸]، استویا[۲] و کلزا[۳۹] انجام شده است.

پرمصرف ترین و بهترین ترکیب توصیه شده برای جوانه زنی مطلوب بذور توسط ایستا نیترات پتاسیم است که در مرحله اولیه جوانه زنی در تحمل به شرایط تنش کمک می‌نماید.[۴۱] مطالعه اثر تیمارهای مختلف شوری تا ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم بر جوانه‌زنی و شاخص‌های رشد استویا نشان داد که دانه‌های استویا تا ۹۰ میلی‌مولار کلرید سدیم آستانه تحمل خوبی در مرحله جوانه‌زنی داشتند[۱] هر چند وزن ساقه، ریشه و سطوح برگ گیاهان قرار گرفته در معرض شوری بالاتر از ۹۰ میلی‌مولار کاهش نشان داد.[۲]

در آزمایشی روی گیاه اسفرزه و مرزه کاهش درصد جوانه‌زنی با افزایش سطوح شوری و خشکی مشاهده شد.[۱۱،۱۴] در آزمایشی تأثیر تیمارهای مختلف پرایمینگ با اسید جیبرلیک، نیترات پتاسیم و اسید ایندول استیک روی جوانه-زنی بذر *Swertia angustifolia* نشان داد که جوانه‌زنی این گونه تحت تاثیر تیمار شاهد کمتر از ۳۲٪ بود و GA_3 بیشترین میزان جوانه‌زنی داشت به طوری که درصد جوانه‌زنی تا ۹۶٪ افزایش یافته بود و میانگین زمان جوانه‌زنی به طور معنی‌داری کم شده بود.[۴۰] اما در آزمایشی کاربرد ۲۰۰ میکرومول جیبرلین تاثیر معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی و میانگین سرعت جوانه‌زنی دو توده *Arnebia benthamii* نداشت.[۳۵] گزارش‌ها حاکی از آن است که کاربرد اسید جیبرلیک، نیترات پتاسیم و پلی‌اتیلن گلیکول بر جوانه‌زنی بذور پیر شده گیاه آنغوزه درصد و سرعت جوانه‌زنی را نسبت به شاهد افزایش داد.[۲۶]

هدف از اجرای این آزمایش تعیین اثر ترمیمی پیش تیمار بذر با نیترات پتاسیم و محرک شیمیایی جیبرلیک اسید بر بذور مرزه تحت تنش شوری و نیز تأثیر این پیش تیمار بر برخی صفات جوانه‌زنی و مورفولوژیکی گیاهچه مرزه صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

بذور مرزه از هرباریوم گیاهی پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی واقع در منطقه هلجرد کرج تهیه شدند که پس از برداشت مزرعه تحت شرایط مطلوب انبارداری نظیر رطوبت، دما و تهویه نگهداری شده بودند. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی به‌صورت فاکتوریل با دو فاکتور پیش تیمار و شوری در چهار تکرار در دانشگاه شاهد تهران در سال ۱۳۹۶ انجام گرفت. تیمارها شامل پیش‌تیمار آبی، نیترات پتاسیم در غلظت ۰/۳٪ و به مدت ۱۲ ساعت در دمای زیر ۱۵ درجه سلسیوس و اسید جیبرلیک در غلظت ۰/۰۵٪ و به مدت ۱۲ ساعت در دمای زیر ۱۵ درجه سلسیوس بود. تنش شوری با

[1] Association of Official Seed Analysts(AOSA)
[2] International Seed Testing Association (ISTA)

کلرید کلسیم در غلظت‌های ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار انجام شد. بذرها با هیپوکلریت سدیم ۱۰٪ به مدت ۳۰ ثانیه ضدعفونی و سپس تحت پیش تیمارهای ذکر شده قرار گرفتند. در هر ظرف پتری روی کاغذ صافی ۵۰ عدد بذر قرار داده شده و نگهداری در دمای اتاق به مدت ۱۲ ساعت در دمای زیر ۱۵ درجه سلسیوس انجام شد.

به فواصل یک روزه صفات مدت جوانه‌زنی، نرخ جوانه‌زنی، ضریب سرعت جوانه‌زنی، واریانس جوانه‌زنی، انحراف استاندارد جوانه‌زنی، همگنی جوانه‌زنی، ویگور وزنی، ویگور طولی، جوانه‌زنی، گیاهچه نرمال، گیاهچه غیرنرمال، طول ساقه، طول ریشه، طول گیاه، آماس، محتوای نسبی رطوبت، محتوای کلروفیل a، کلروفیل b، محتوای کارتنوئید، بذر سخت و بذر نرم مطالعه و اندازه‌گیری شد. برای وزن کردن از ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ گرم استفاده شد. سنجش کلروفیل و کارتنوئید با طول‌موج‌های ۶۶۳ برای کلروفیل a، ۶۴۶ برای کلروفیل b، ۴۷۰ برای کارتنوئید توسط دستگاه اسپکتروفتومتر و براساس روابط زیر قرائت شد. نمونه‌گیری به منظور اندازه‌گیری میزان رنگیزه-های فتوسنتزی گیاه با استفاده از روش لیچتن تالر[1] صورت گرفت. طبق این روش، ۰/۲۵ گرم برگ گیاه مورد نظر در هاون چینی حاوی ۵ میلی‌لیتر استون ۸۰٪ کاملاً یکنواخت گردید. سپس نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه در ۱۱۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شده و محلول صاف شده بالایی را داخل کیوت[2] ریخته و با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۶۶۳/۲، ۶۴۶/۸ و ۴۷۰ قرائت شد. با استفاده از روابط زیر میزان کلروفیل[3] a، کلروفیل[4] b، کلروفیل کل[5] و میزان کاروتنوئید[6] محاسبه گردید (واحد تمامی صفات زیر میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ).

$$Chl\ a = (12.25 \times A_{663.2} - 2.79 \times A_{646.8})$$
$$Chl\ b = (21.50 \times A_{646.8} - 5.1 \times A_{663.2})$$
$$Chl\ Total = (7.15 \times A_{663.2} + 18.71 \times A_{646.8})$$
$$Carotenoids = (1000 \times A_{470} - 1.82 \times Chl\ a - 85.02 \times Chl\ b)/198$$

در نهایت داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.4 تجزیه و مقایسه میانگین داده با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ صورت گرفت.

نتایج و بحث مدت‌زمان جوانه‌زنی، نرخ جوانه‌زنی، ضریب سرعت جوانه‌زنی، واریانس زمان جوانه‌زنی، انحراف استاندارد زمان جوانه‌زنی، همگنی زمان جوانه‌زنی، ویگور وزنی و طولی، تعداد بذر سخت و نرم، تعداد گیاهچه نرمال، طول ریشه‌چه، وزن‌تر ساقه، وزن‌تر ریشه، وزن‌تر گیاهچه، آماس برگ، محتوی کلروفیل a، محتوی کلروفیل b، محتوی کلروفیل کل و محتوی کارتنوئید تحت تیمار پیش تیمار در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). پیش تیمار بذر به‌عنوان یک راهکار جهت افزایش استقرار گیاهچه به‌ویژه در شرایط نامطلوب مطرح است.[۱۶] در این میان تحریک‌کننده‌های جوانه‌زنی مانند هورمون جیبرلیک اسید بیشترین نقش را دارا می‌باشند. افزایش سنتز و آزادسازی هورمون جیبرلیک اسید در بذر پس از جذب فیزیکی آب موجب شکسته شدن نشاسته ذخیره‌ای و تبدیل آن به مواد قابل‌استفاده برای جنین شده و موجب شروع فرآیند جوانه‌زنی می‌شود.[۲] اثر مدت‌زمان پرایمینگ و پتانسیل اسمزی در رونویسی هسته و نقش فرآیندهای مولکولی، به‌عبارت دیگر سنتز دی‌ان‌ای در بهبود یکنواختی مدت جوانه‌زنی بذر توسط پژوهشگران مورد بحث قرارگرفته است. دیگر

[1] Lichtenthaler, 1987
[2] Quvet
[3] Chl a
[4] Chl b
[5] Chl Total
[6] Carotenoids

جدول ۱) تجزیه واریانس صفات مختلف مرزه تحت تأثیر سطوح مختلف تنش شوری و پیش تیمار

Table 1) Analysis of variance of summer savory traits affected by different levels of salinity stress and seed priming

Source of variation	df	Mean of squares								
		germination time	germination rate	germination rate coefficient	germination variance	standard deviation of germination time	germination homogeneity	vigor weights	longitudinal vigor	germination
Priming	3	1.1214**	0.0029**	29.3958**	0.5124**	0.0486**	0.0123**	1916.1242**	3304192.32**	134.25*
Salinity	3	0.2644n.s	0.0007 ns	7.0625n.s	20.1999**	2.9613**	4.3328**	25208.5432**	6453047.01**	838.25**
Priming * salinity	9	0.1455n.s	0.0004 ns	4.1180 ns	0.1642 ns	0.0159 ns	0.0049*	757.4238**	2933783.11**	98.9166*
Experimental error	48	0.1478	0.0003	3.6875	0.0951	0.0091	0.0027	175.7437	757119.21	43.9166
CV (%)		8.52	8.57	8.57	13.59	6.58	8.23	24.75	13.31	9.97

n.s, *, ** respectively, meaningless and meaningful at 5% probability level and 1%

n.s، *، **، به ترتیب غیرمعنی دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪

Table 1 continued

ادامه جدول ۱)

Source of variation	df	Mean of squares							
		normal seedling	abnormal seedling	stem length	root length	plant length	stem dry weight	plant dry weight	plant weights
Priming	3	33.0833**	9.75*	17342.4483*	96.0141**	18649.0242*	0.0889*	34.0889*	0.1037**
Salinity	3	4105.0833**	2650.9166**	33215.29**	1180.9208**	45636.8875**	144.3422**	63.7212**	219.9012**
Salinity* Priming	9	11.25n.s	15.5277**	21591.5817**	228969**	21280.1736**	0.2678**	47.4949**	0.0827**
Experimental error	48	7.2083	2.625	6229.6946	1.9187	6208.9029	0.0335	14.7803	0.0108
CV (%)		12.37	14.01	16.61	10.68	12.11	4.20	16.18	1.8165

n.s, *, ** respectively, meaningless and meaningful at 5% probability level and 1%

n.s، *، **، به ترتیب غیرمعنی دار، در سطح احتمال ۵ و ۱٪ معنی‌دار

Table 1 continued **ادامه جدول ۱)**

source of variation	df	mean of squares							
		swollen	relative water content (%)	hard seed	soft seed	chlorophyll content a	chlorophyll content b	total chlorophyll content	carotenoid content
Priming	3	0.1214**	30.021n.s	32.25**	16.25**	20.5343**	4.0253**	35.2768**	2.5227**
Salinity	3	225.1872**	938952**	101.75**	21.4166**	433.9169**	34.7633**	705.7401**	41.1562**
Salinity* Priming	9	0.087**	25.3578n.s	10.6388*	10.3055**	13.3425**	2.3478**	25.0444**	1.253**
Experimental error	48	0.0099	20.5574	5.875	3.5	0.5426	0.101	0.2542	0.0527
CV (%)		1.71	5.06	24.08	27.97	13.55	17.06	6.91	14.18

n.s, *, ** respectively, meaningless and meaningful at 1 and 5% probability level

n.s، *، **، به ترتیب غیرمعنی دار، در سطح احتمال ۵٪ و ۱ معنی دار

جدول ۲) مؤلفه‌های جوانه‌زنی مرزه تحت تأثیر تنش شوری

Table 2) Summer savory seed germination affected by salinity stress

Salinity (mM)	germination time (day)	germination rate	germination rate coefficient	germination variance	standard deviation of germination time	germination homogeneity	vigor weighs	longitudinal vigor	relative water content (%)	swollen
0 (control)	4.33b	0.2325a	23.25a	3.2848a	1.8106a	0.3087d	91.77a	1523a	91.81a	8.5207a
40	4.505ab	0.2237ab	22.375 ab	2.8309b	1.6896b	0.3562c	73.063b	612.9b	91.009a	7.94b
80	4.575ab	0.2336 ab	23.374 ab	2.2549c	1.4916c	0.4687b	49.368c	494.5b	88.943 ab	6.4915c
120	4.6238a	0.2162b	21.625b	0.707d	0.841d	1.41a	0d	0b	86.388b	0.3395d

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون مطابق آزمون چند دامنه‌ای LSD در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنـی‌داری ندارند.

The averages of common letters in each column do not differ significantly in LSD multi-domain test at 5% probability level

پژوهشگران نیز بیان داشته‌اند که فعالیت رونویسی از هسته در بذرهایی که تحت پتانسیل اسمزی پایین پیش‌تیمار شده بودند بیشتر بود.[۲۸] همچنین واریانس مدت زمان جوانه‌زنی، انحراف استاندارد زمان جوانه‌زنی، همگنی زمان جوانه‌زنی، ویگور وزنی و طولی، تعداد بذر سخت و نرم، جوانه‌زنی، گیاهچه نرمال و غیر نرمال، طول ساقه و ریشه، طول گیاه، آماس، محتوای نسبی رطوبت، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کارتنوئید تحت تیمار شوری در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شدند (جدول۱)؛ همین‌طور ویگور وزنی و طولی، بذر نرم، گیاهچه غیرنرمال، طول ساقه و ریشه، طول گیاه، وزن خشک گیاه، وزن‌تر گیاه، آماس، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کارتنوئید در اثر متقابل شوری و پیش تیمار در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شدند (جدول۱). *اکبری و همکاران (۲۰۰۷) و حسینی و رضوانی مقدم (۲۰۰۶)* نیز در بررسی‌های خود نشان دادند شوری می‌تواند سبب کاهش طول ریشه‌چه یا ساقه‌چه و درنهایت کاهش طول گیاهچه شود.[۳،۱۴]

با افزایش شوری تعداد گیاهچه‌های غیر نرمال افزایش ولی تعداد گیاهچه‌های نرمال کاهش یافت (جدول ۳). با افزایش شوری میزان بذرهای سخت افزایش ولی میزان بذرهای نرم حدوداً ثابت بودن (جدول ۳). با افزایش شوری میزان ماده‌تر و خشک گیاهچه کاهش یافت ولی نسبت ماده خشک به تر افزایش یافت (جدول ۳). کاهش فتوسنتز ناشی از تنش شوری به دلیل هدایت روزنه‌ای پائین، کاهش در جذب کربن و سوخت‌وساز، مهار ظرفیت فتوشیمیایی، یا ترکیبی از همه این صفات می‌باشد که درنهایت باعث کاهش عملکرد گیاهچه می‌شود.[۱۰] بهترین همگنی زمان جوانه‌زنی برای شوری دوم (غلظت ۴۰ میلی مولار) مشاهده شد (جدول ۵). با افزایش شوری مدت‌زمان جوانه‌زنی تاخیر بیشتری داشت. محتوی کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئید با افزایش میزان شوری کاهش یافتند (جدول ۴). پژوهش‌های مختلفی در گیاهانی که مقدار کلروفیل با افزایش شوری کاهش می‌یافت، نشان داد که کاهش مقدار کلروفیل به‌احتمال‌زیاد ناشی از تأثیر مزمن تجمع یون‌ها در تیلاکوئید کلروپلاست می‌باشد. شوری از طریق تنش‌های اکسیداتیو باعث تخریب فضای لومن و غشاء تیلاکوئید کلروفیل می‌شود. افزایش سطح شوری، از طریق افزایش املاح منجر به کاهش تولید کلروفیل می‌گردد.[۵] محتوای نسبی رطوبت با افزایش شوری کاهش یافت (جدول ۵). محتوای نسبی آب برگ شاخص مناسبی برای بیان وضعیت آب در گیاهان بوده و وضعیت فراگیرتری از تعادل بین میزان عرضه آب نسبی برگ و میزان تعرق را نشان می‌دهد.[۲۰،۳۲] چنانچه محتوای نسبی آب برگ بالا باشد گیاه تورم سلولی خود را حفظ کرده و رشد آن تداوم می‌یابد.[۳۰] و دیگر صفات با افزایش شوری کاهش یافتند (جدول ۴ و ۵). مرحله سبز شدن گیاه مرحله بحرانی در شرایط شور محسوب می‌گردد.[۲۱،۲۹] بنابراین، استقرار مناسب گیاهچه در این مرحله می‌تواند به بهبود عملکرد در شرایط شور بیانجامد. به دلیل اینکه آب توسط نیروی اسمزی در محلول خاک قرار دارد، غلظت بالای نمک می‌تواند در جذب آب توسط بذر و فرآیند جوانه‌زنی اختلال ایجاد کرده و درنتیجه درصد سبز شدن را کاهش دهد.[۲۵]

زارعین معمولاً برای افزایش قوه رویشی و استقرار مناسب گیاه بذور آن را به مدت مناسب (معمولاً بسته به دمای محیط پیش تیمار به میزان ۲۴ الی ۳۶ ساعت در آب خیس می‌کنند.[۱۹] که این عمل در حقیقت همان پیش‌تیمار آبی است. در این پژوهش، روش پیش‌تیمار آبی با دیگر روش‌های مورداستفاده، بررسی شد تا بهترین تیمار و مدت‌زمان پیشتیمار بر جوانه‌زنی بذر و صفات مورفولوژی گیاهچه مرزه بررسی شوند. بیشترین مدت‌زمان جوانه‌زنی در پیش‌تیمار آبی و کمترین آن در شاهد

مشاهده شد. *سعادتیان*[1] *(۲۰۱۱)* در بررسی روش‌های مختلف پرایمینگ بر بذور مرزه گزارش دادند که در جوانه‌زنی بذر، هیدروپرایمینگ نسبت به سایر روش‌ها مفیدتر و مؤثرتر است.[۸] پیش‌تیمار آبی بذر از طریق کاهش مدت لازم برای جذب آب، موجب بهبود جوانه‌زنی، سبز شدن و استقرار سریع گیاهچه‌ها می‌شوند.[۲۷،۳۴] نیز مدت‌زمان نامناسب تیمار پیش تیمار آبی را روی کاهش درصد جوانه‌زنی بذر گوجه‌فرنگی گزارش دادند که نَشت مواد متابولیکی از بذر سبب گسترش فعالیت میکروارگانیسم‌ها و قارچ‌ها می‌شود که پیری زودرس بذر را موجب می‌شود.[۲۸] واریانس مدت زمان جوانه‌زنی در هیدروپرایم از همه پیش تیمارها کمتر و انحراف استاندارد در شاهد از همه بیشتر مشاهده شد. بهترین همگنی مدت زمان جوانه‌زنی از تیمار ۰/۳ درصد نیترات پتاسیم و ۵۰۰ قسمت در میلیون جیبرلیک اسید و مطلوب‌ترین ویگور وزنی و طولی برای تیمار هیدرو پرایم مشاهده شد (جدول ۵). اثر پیش تیمار هورمون‌های جیبرلین و اکسین بر روی بذور علف باغی[2] نشان داد که درصد سبز شدن، ویگور و وزن خشک گیاهچه همچنین طول ریشه‌چه همگی افزایش داشت.[۹] بیشترین بذر سخت در تیمار ۵۰۰ قسمت در میلیون جیبرلیک اسید با به مدت ۱۲ ساعت در دمای زیر ۱۵ درجه سلسیوس و بیشترین بذر نرم در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۴). ازجمله مواد رشد گیاهی درون‌زای ویژه‌ای که در تنظیم فرایند خواب نقش دارند می‌توان به تعادل نسبت اسید آبسیزیک، جیبرلین ها و سایتوکنین ها اشاره نمود.[۱۱] بهترین میزان جوانه‌زنی در ۵۰۰ قسمت در میلیون جیبرلیک اسید با به مدت ۱۲ ساعت در دمای زیر ۱۵ درجه سلسیوس مشاهده شد (جدول ۵). خواب یک وضعیت پیچیده دینامیک، ریخت‌شناسی و بیوشیمیایی است که در آن هیچ‌گونه تغییرات مورفولوژی خارجی در گیاه دیده نمی‌شود و این رکود اجباری رشد، در هر ساختار گیاهی که دارای مریستم باشد رخ می‌دهد.[۲۳] این پدیده، یک سازوکار سازگاری مهم است که باعث بقای گیاهان در شرایط نامطلوب می‌شود. بذرها و مواد رویشی مانند کورم ها، غده‌ها، پیازها و ریزوم ها حتی تحت شرایط مناسب محیطی هم بلافاصله بعد از بلوغ جوانه نمی‌زنند و یا سبز نمی‌شوند. جیبرلین می‌تواند به‌عنوان مکمل دوره سرما و هم‌چنین عاملی برای کوتاه کردن دوره گلخانه‌ای به کار رود[۱۳،۱۵] جیبرلین در بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیک گیاه واردشده و موجب آثار مطلوبی مانند تحریک تقسیم سلولی و طویل شدن سلول، انگیزش گل، طویل شدن ساقه، گلدهی یکسان، تحریک توسعه گل، کوتاه کردن زمان کاشت تا گلدهی و افزایش اندازه و تعداد گل می‌شوند.[۸] بیشترین طول ساقه را برای پیش‌تیمار آبی و همچنین بیشترین طول ریشه را برای تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۵). بیشترین تعداد گیاهچه نرمال به ترتیب برای پیش‌تیمار، ۵۰۰ قسمت در میلیون جیبرلیک اسید با به مدت ۱۲ ساعت در دمای زیر ۱۵ درجه سلسیوس ، و ۰/۳ درصد نیترات پتاسیم به مدت ۱۲ ساعت در دمای زیر ۱۵ درجه سلسیوس مشاهده شد؛ و کمترین گیاهچه غیرنرمال به ترتیب برای هیدروپرایم، نیترات پتاسیم، شاهد و جیبرلیک اسید مشاهده گردید (جدول ۴ ۴). هیدرولیز ترکیبات ذخیره‌ای گیاه توسط اسید جیبرلیک تسهیل می‌شود. به‌گونه‌ای که اسید جیبرلیک موجب تحریک آنزیم آلفا آمیلاز و دیگر آنزیم‌های هیدرولیزی می‌گردد، که خود عامل هیدرولیز کننده برای منبع ذخیره‌ای می‌باشد.[۴،۳۳] بیشترین طول گیاهچه در پیش‌تیمار و بیشترین آماس و محتوی رطوبت

[1] Saadatian, 2011
[2] *Bromus inermis*

جدول ۳) شاخص‌های جوانه‌زنی و ویژگی‌های رشد گیاهچه مرزه تحت پیش تیمار و شوری

Table 3) Summer savory germination and seedling growth indices under salinity and priming treatments

Factors	hard seed	soft seed	normal seedling	abnormal seedling	seedling fresh weight	seedling drought weight
Salinity stress (mM)						
0 (Control)	11.5 c	7.25 c	36.375 a	1.50 d	8.42 a	8.16 a
40	11.0 b	7.875 c	30.625 a	3.50 c	7.83 a	6.64 ab
80	14.38 a	10.87 b	19.75 c	11.50 b	6.37 c	5.34 bc
120	20.75 a	14.5 a	0.00 d	29.75 a	0.32 d	3.45 c
Priming						
Control	8.12 a	9.00 b	20.87 ab	12.00 a	5.64 a	4.92 b
Hydro- priming	5.87 b	10.25 b	23.25 a	10.62 b	5.68 b	5.73 ab
GA_3	6.13 b	9.00 b	22.50 ab	12.37 a	5.75 bc	4.93 b
Kno_3	6.62 b	12.00 a	20.13 c	11.25 ab	5.825 c	8.01 a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون با آزمون حداقل اختلاف در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means with the common letter(s) in each column has no significant difference with LSD test at 5% probability level.

جدول ۴) مؤلفه‌های جوانه‌زنی و ویژگی‌های رشد گیاهچه مرزه تحت سطوح مختلف تنش شوری

Table 4) Summer savory germination and seedling groüth indices affected by salinity levels

Salinity (mM)	stem length (mm)	root length (mm)	plant length (mm)	fresh stem weight (mg)	stem dry weight (mg)	root fresh weight (mg)	root dry weight (mg)	chlorophyll content a	chlorophyll content b	total chlorophyll content	carotenoid content
0 (Control)	110.00 a	21.175 a	131.18 a	7.575 a	6.625 a	0.8325 a	1.543 ab	11.799 a	3.5513 a	15.3538 a	3.550 a
40	39.75 b	16.275 b	56.03 bc	7.113 b	6.013 b	0.7300 b	0.634 b	7.301 b	2.2513 b	9.5513 b	2.275 b
80	44.40 b	13.413 c	57.81 b	5.713 c	4.800 c	0.6425 c	0.548 b	2.635 c	1.6475 c	4.2825 c	0.651 c
120	0.00 b	1.0125 d	1.01 c	0.000 d	0.00 d	0.3212 d	3.453 a	0.000 d	0.000 d	0.000 d	0.000 d

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون با آزمون حداقل اختلاف در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means with the common letter(s) in each column has no significant difference with LSD test at 5% probability level.

جدول ۵) مؤلفه‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه مرزه تحت پیش‌تیمارهای مختلف

Table 5) Summer savory germination and seedling growth indices affected by different priming materials

Priming	germination time(day)	germination rate	germination rate coefficient	germination variance	standard deviation of germination time	germination time homogeneity	vigor weighs	longitudinal vigor	germination	stem length (mm)	root length (mm)
Control	4.1633 c	0.2412 a	24.125 a	2.4849 a	1.5223 a	0.6025 b	44.416 b	530.2 b	65.75 a	46 ab	16.0875 a
Hydroperim	4.7963 a	0.2087 c	20.875 c	2.1009 c	1.4056 c	0.6287 a	69.361 a	1331.2 a	67.75 a	95.88 a	13.7000 b
Gibberellic acid	4.4875 b	0.2262 b	22.625 b	2.3463 ab	1.4792 ab	0.6237 ab	51.545 b	398.4 b	69.5 a	26.81 b	11.4500 c
KNO_3	4.5888 ab	0.2200 bc	22.000 bc	2.1455 bc	1.4156 bc	0.6587 a	48.878 b	370.6 b	62.75 b	25.46 b	10.6375 0c

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون با آزمون حداقل اختلاف در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means with the common letter(s) in each column has no significant difference with LSD test at 5% probability level.

Table 5 continued **ادامه جدول ۵**

Priming	plant length (mm)	fresh stem weight (mg)	stem dry weight (mg)	root fresh weight (mg)	root dry weight (mg)	chlorophyll content a	chlorophyll content b	total chlorophyll content	carotenoid content	swollen	relative humidity (%) content
Control	62.09ab	5.038 b	4.413 a	0.610 c	0.511 b	6.8013 a	2.5075 a	9.3088 a	2.0275 a	5.7245 c	87.545 a
Hydroperim	109.58a	5.075 b	4.375 ab	0.625 b	1.346 ab	4.5913 c	2.0113 b	6.6038 b	1.3825 a	5.7658 c	90.138 a
Gibberellic acid	38.26b	5.100 b	4.400 a	0.643 a	0.545 b	4.4188 c	1.4375 c	5.8575 d	1.1900 c	5.8382 b	89.826 a
KNO_3	36.1b	5.188 a	4.250 b	0.649 a	3.774 a	5.9238 b	1.4938 c	7.4175 b	1.8762 a	5.9228 a	90.138 a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون با آزمون حداقل اختلاف در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means with the common letter(s) in each column has no significant difference with LSD test at 5% probability level.

جدول ۶) ضریب همبستگی ساده پیرسون صفات موردبررسی مؤلفه‌های جوانه‌زنی مرزه

Table 6) Pearson Simple Correlation Coefficient of Traits Germination Components of *Satureja hortensis*

Traits	germination time	germination homogeneity	normal plant	abnormal plant	plant length	plant dry weight	plant fresh weight	Chlorophyll a content	Chlorophyll b content
Germination homogeneity	0.2752*								
Normal plant	0.1283-n.s	0.9187-**							
Abnormal plant	0.2325*	0.9622**	0.9537-**						
Plant length	0.1766-n.s	0.3809-**	0.8998**	0.9111-**					
Plant dry weight	0.1635-n.s	0.3214-**	0.3609**	0.3653-**	0.35008**				
fresh weight plant	0.1805-n.s	0.9839-**	0.9568**	0.9734-**	0.3712**	0.3385**			
Chlorophyll a content	0.2654-*	0.7184-**	0.8235**	0.7933-**	0.3984**	0.3364**	0.7811**		
Chlorophyll b content	0.2527-*	0.7654-**	0.8044**	0.7967-**	0.4029**	0.3234**	0.7905**	0.8715**	
Carotenoid content	0.2687-*	0.7468-**	0.8112**	0.7805-**	0.3853**	0.3297**	0.7639**	0.9882**	0.8362**

ns، *، ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪

ns, *, ** respectively, meaningless and meaningful at 5% probability level and 1%

نسبی[1] برای نیترات پتاسیم مشاهده شد (جدول ۶). اثـر متقابـل بین اکسین و اسید جیبرلیک یک پیش‌نیاز بـرای طویـل شـدن ساقه می‌باشد[۶] بیشترین کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئید در شاهد و کمترین آن در جیبرلیک اسید مشاهده شد (جدول ۶). پژوهشگران بـا بررسـی نقـش اسید جیبرلیک روی طـول عمر گل نرگس، دریافتند که اسید جیبرلیک تخریب کلروفیـل را در گیـاه به تأخیر می‌اندازد و همین امر باعث افـزایش طـول عمـر گیـاه می‌گردد. بیشترین وزن‌تر و وزن خشک برای نیترات پتاسیم و کمترین وزن‌تر و خشک در شاهد به دست آمد (جدول ۳). استفاده از کودهای کلـسیمی، بـا افـزایش مقاومـت دیـواره سلولی، می‌تواند در افزایش طول عمر گل‌های بریـدنی مـؤثر باشد.[۴] مدت‌زمان جوانه‌زنی بر همگنی زمان جوانه‌زنی، تعداد گیاهچه غیر نرمال، محتوی کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئید در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد و دیگر فاکتورها در سطح احتمال ۱٪ بر همدیگر معنی‌دار شدند (جدول ۴). گیاهچه نرمال با وزن خشک گیاه، طول گیاه، وزن‌تر گیاه، کلروفیل a، کلروفیل b و همبستگی مثبت و در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. وزن خشک گیاه با وزن‌تر گیاه، کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئید همبستگی مثبت و در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۴).

نتیجه‌گیری کلی پیش تیمار تأثیر زیادی بر صفات جوانه زنی مانند تعداد گیاهچه نرمال و مدت‌زمان جوانه‌زنی داشت که در این پژوهش نقش هیدروپرایم بیشتر از نیترات پتاسیم و جیبرلیک اسید بود. استفاده از نیترات پتاسیم منجر به کاهش تعداد بذر سخت و نرم شد. همچنین پیش تیمار آبی و جیبرلیک اسید می‌تواند اثرات نامطلوب تنش ناشی از شوری را برطرف کند تا گیاهچه‌های سالم بیشتری تولید کنند. در این آزمایش نشان داد که با افزایش شوری کلرید کلسیمی؛ شاخص‌های جوانه‌زنی، محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی و کارتنوئیدی مانند کلروفیل برگ گیاهچه به ویژه در شوری ۸۰ میلی‌مولار به بالا موجب کاهش رشد گیاه گردید. کاربرد پیش‌تیمار بذر با نیترات پتاسیم در غلظت ۰/۳٪ و یا جیبرلیک‌اسید با غلظت ۵۰۰ قسمت در میلیون به مدت ۱۲ ساعت در دمای زیر ۱۵ درجه سلسیوس برای افزایش تحمل گیاه به شوری در مرحله جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه مطلوب است. کمترین و بیشترین ماده خشک به ترتیب مربوط به شاهد و نیترات پتاسیم بود که فاکتور خوبی برای سنجش مقاومت به شوری می‌باشد. گیاه مرزه به دلیل این‌که گیاه حساس به شوری می‌باشد در غلظت‌های ۸۰ و ۱۲۰ میلی مولار تمام مؤلفه‌های جوانه‌زنی کاهش یافتند و همچنین در غلظت ۴۰ میلی مولار بهترین مؤلفه‌های جوانه‌زنی را دارد.

[1] Relative Water Content

References

1. Aghighi M, Omidi H, Tabatabaei SJ (2018) Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) responses to NaCl stress: Growth, photosynthetic pigments, diterpene glycosides and ion content in root and shoot. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences 17(3): 1-6.
2. Aghighi M, Omidi H, Tabatabaei S (2017) Morpho-physiological response of stevia (*Stevia rebaudiana* bertoni) to salinity under hydroponic culture condition (A case study in Iran). Applied Ecology and Environmental Research 16(1): 17-28.
3. Akbari GS, Modarres Sanavy AM, Yousefzadeh S (2007) Effect of auxin and salt stress (NaCl) on seed germination of wheat cultivar (*Triticum aestivum* L.). Pakistan journal of Biological Science 15(10): 2557-2561.
4. Brooking IR, Cohen D (2002) Gibberellin-induced flowering in small tubers of Zantedeschia "Black Magic". Scientia Horticulture 95: 63-73.
5. Bybordi A (2012) Study effect of salinity on some physiologic and morphologic properties of two grape cultivars. Life Science Journal 9(4):1092-1101.
6. Dahanayake SR, Galwey NW (1999) Effects of interactions between low-temperature treatments, gibberellin (GA_3) and photoperiod on flowering and stem height of spring rape (*Brassica napus* var. *annua*). Annals of Botany 84: 321-327.
7. Demir I, Oztakat C (2003) Effect of salt priming on germination and seedling growth at low temperatures in watermelon seeds during development. Seed Science and Technology 31(3):765770.
8. Du Toit ES, Robbertse PJ, Niederwieser JG (2004) Plant carbohydrate partitioning of Lachenalia cv. Ronina during bulb production. Scientia Horticulture 102: 433-440.
9. Eisvand HR, Alizadeh MA, Fekri A (2010) How hormonal priming of aged and nonaged seeds of bromgrass affects seedling physiological characters. Journal of New seed 11: 52-64.
10. Farokhi A, Galeshi S, Zeynali E, Abdoulzadeh A (2005) Evaluation of drought tolerance of soybean (*glycine max* L. Merr) in vegetative growth. Journal of Agriculture Science and Natural Resources 11: 59-70.
11. Khodabakhshi AH, Kamkar B, Khalili N (2015) Using nonlinear regression models to quantify germination response of annual savory (*Satureja hortensis* L.) to temperature and water potential. Agricultural Crop Management 17(1):229-240.
12. Gonzalez-Benito ME, Albert MJ, Irionda JM, Varela F, Perez- Garca F (2004) Seed germination of four thyme species after conservation at low temperatures at several moisture contents. ISTA, International Seed Testing Association 247-254.
13. Rechinger KH (1982) Satureja in Flora of Iranica. Akademische Druck Verlagsantalt Graz 62(1):495-504.
14. Hosseini H, Rezvani Moghadam P (2006) Effects of drought and salinity stress on germination of (*Plantago ovata*). Irainian jurnal of Crop Research 1(4): 15-22. [in Persian with English abstract]
15. Jones SK, Hanks GR (1985) Gibberellic acid soak treatments for fully-cooled tulips. Scientia Horticulture 26: 87-96.
16. Judy M, Sharifzade F (2006) The effect of different barley cultivars Hydro priming. Biaban Journal 11: 99-109.99-109. [in Persian with English abstract]
17. Niemeyer H (2010) Composition of essential oils from *Satureja darwinii* (Benth.) Briq. and *S. muitifiora* (R. et P.) Briq. (*Lamiaceae*). Relationship between chemotype and oil yield in *Satureja* spp. Journal of Essential Oil Research 22: 477-482.
18. Saadatian B, Ahmadvand G, Soleimani F (2011) The effect of seed priming on germination parameters of *Satureja hortensis* under drought stress and salinity conditions. Journal of Science and Technology of Seed 2(2): 35-44.
19. Kader M, Jutzi S (2004) Effects of thermal and salt treatments during imbibition on germination and seedling growth of sorghum at 42/19$^{\circ C}$. Journal of Agronomy and Crop Science 190: 35-38.
20. Kumar RM, Vijay K (2017) Effect of germination on antioxidant and ACE inhibitory activities of legumes. Food Science and Technology 75: 51-58.
21. Kumar A, Elston J (1992) Genotypic differences in leaf water relations between *Brassica juncea* and *B. napus*. Annals of Botany 70: 3-9.
22. Maas EV, Grattan SR (1999) Crop yield as affected by salinity. In Skaggs, R.W. and Van Schilfgaarde, J. (ed). Agricultural Drainage. Madison, USA. 55-108.
23. Kameli M, Hesamzadeh Hejazi SM, Ebadi M (2013) Assessment of genetic diversity on populations of three *Satureja* species in Iran using ISSR markers. Annals of Biological Research 4(3):64-72.
24. Mojtahedi M, Lesani H (1995) The life of the green plant. Tehran University Press: Tehran.
25. Munns R (2005) Genes and tolerance: bringing them together. New Phytologist 167: 645-663.

26. Munns R, Tester M (2008) Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology 59: 651–681.
27. Nadjaf F, Bannayan M, Tabrizi L, Rastgoo M (2006) Seed germination and dormancy breaking techniques for *Ferula gommosa* and *Teucrium polium*. Journal of Arid Environments 64:542-547.
28. Penalosa A, Eira M (1993) Hydrationdehydration treatment on tomato seeds (*Lycopersicon esculentum* Mill). Seed Science and Technology 21:309-316.
29. Rajjou L, Lovigny Y, Steven P, Groot C, Belghazi M, Job C, Job D (2008) Proteome wide characterization of seed aging in Arabidopsis: A comparison between artificial and natural aging protocols. Plant Physiology 148: 620-641.
30. Ranjbar GH (2010) Salt Sensitivity of Two Wheat Cultivars at Different Growth Stages. World Applied Sciences Journal 11 (3): 309-314.
31. Rao MSS, Mendham NJ (1991) Soil-plant-water relations of oilseed rape (Bra*ssica napus* and *B. campestris*). The Journal of Agricultural Science 117(2): 197-205.
32. Rauf M, Munir M, Hassan M, Ahmad M, Afzal M (2007) Performance of wheat genotypes under osmotic stress at germination and early seedling growth stage. African Journal of Biotechnology 6: 971-975.
33. Rel-Kassaby YA, Moss I, Kolotelo D, Stoehr M (2008) Seed germination: mathematical representation and parameters extraction. Forest Sciences 54(2): 220-227.
34. Rituparna KC, Pal A, Baran JT (2009) Regeneration and characterization of *Swertia* chirata Buch.-Ham. ex Wall. plants from immature seed cultures. Scientia Horticulturae 120(1): 107-114.
35. Rogers HJ (2006) Programmed cell death in floral organs: How and why do flowers die? Annals of Botany 97: 309-315.
36. Rowse HR, Mckee JM, Finch Savage WE (2001) Membrane priming -a method for small samples of high value seeds. Seed Science and Technology 29: 587-597.
37. Saskin CC, Baskin JM (2001) Seeds: ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination. (2nd edition). Academic Press: San Diego.
38. Serrano R, Macia F, Moreno V (1999) Genetic engineering of salt and drought tolerance with yeast regulatory genes. Scientia Horticulturae 78: 261-269.
39. Shahverdi MA, Omidi H, Tabatabaei SJ (2017) Effect of nutri-priming on germination indices and physiological characteristics of stevia seedling under salinity stress. Journal of Seed Science 39(4): 353-362.
40. Soltani S (2002) On the use of the wavelet decomposition for time series prediction. Neurocomputing 48(1-4): 267-277.
41. Somagh HA, Mousavi SM, Omidi H, Mohammadian E, Hemmati M (2017) Canola seed germination and seedling growth in response to saline condition and bio-priming. Irainian journal of Plant Physiology 7(4): 2149-2156. [in Persian with English abstract]
42. Zaynab M, Pan D, Fatima M, Chen S, Chen W (2018) Transcriptomic approach to address low germination rate in Cyclobalnopsis gilva seeds. South African Journal of Botany 119. 286-294.

The effect of seed-priming on germination indices and photosynthetic and carotenoids pigments of summer savory under calcium chloride salinity stress condition

Agroecology Journal
Vol. 14, No. 2 (51-65)
(summer 2018)

Ali Poorreza[1], Heshmat Omidi[2]✉
1 Agronomy Department,, Faculty of Agricultural Sciences, Shahed University, Tehran, Iran
2 Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences and Research Center of Medicinal Plants, Shahed University, Tehran, Iran
✉ omidi@shahed.ac.ir (**corresponding author**)

Received: 30 Novermber 2017 **Accepted:** 02 June 2018

Abstract Germination is an important step in seedling establishment and plays a key role in plant production. Salinity stresses are considered as a serious threat to agriculturural products, yield and active ingredients of medicinal plants. This experiment was conducted to investigate the effects of seed priming on germination indices of *Satureja hortensis* under calcium chloride salinity stress (0, 40, 80 and 120 mM). The experiment was conducted as factorial based on a completely randomized design. The primings consisted of hydro-priming, KNO_3 and GA_3 with concentrations of 0.3 and of 0.5%, respectively applied for 12 hours at temperature below 15 °C. The best homogeneities of germination time, the highest fresh weight and dry weight of summer savory were observed in with KNO_3 priming. Hydro-priming caused the best germination rate and germ velocity coefficient. The germination time was delayed to 4.6 days due to the increase of the salinity treatment to 120 mM, and the germination rate decreased to 0.22 seedlings per day and no normal seedling produced as well. Generally, reduction in plant growth and content of photosynthetic and carotenoid pigments such as chlorophyll of seedlings leaf occurred at high salinity levels higher than 80 mM. Therefore, based on the present study, we can use seed priming with potassium nitrate or gibberellic acid to increase plant tolerance to salinity in step germination and seedling establishment.

Keywords
- chlorophyll
- gibberellic acid
- hydeopriming
- KNO_3

This open-access article is distributed under the terms of the Creative Commons-BY-NC-ND which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

DOI: 10.22034/AEJ.2018.543611