

تأثیر اسید جاسمونیک بر جوانه‌زنی بذر هالوفیت‌ها در شرایط شوری بالا

ناهید زمانی^۱، پرتو روشندل^{۲*}

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد فیزیولوژی گیاهی دانشگاه شهرکرد

۲. استادیار گروه زراعت دانشگاه شهرکرد

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۱/۰۹ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۳/۱۷)

چکیده

میزان تحمل به شوری شش گونه هالوفیت (*Halocnemum strobilaceum*, *Halostachys belangeriana*, *Salsola tomentosa*, *Salicornia europea*, *Halopeplis perfoliata*, *Salsola crassa*) در مرحله جوانه‌زنی در برابر غلظت‌های صفر، ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵٪ کلرید سدیم ارزیابی شد. در غلظت‌های ۱ و ۲٪ کلرید سدیم همه بذرها همانند آب مقطر به‌طور کامل جوانه زدند. با افزایش سطح کلرید سدیم، تفاوت بین این گونه‌ها آشکار شد. سه گونه دوم (متعلق به سواحل دریاچه نمک مهارلو) در مقایسه با سه گونه اول (متعلق به بیابان‌های گاوخونی) متحمل‌تر بودند. در این بین، متحمل‌ترین گونه *S. europea* بود. در مرحله دوم آزمایش‌ها و برای بررسی تأثیر اسید جاسمونیک بر جوانه‌زنی بذر در تنش شوری با غلظت‌های بالای کلرید سدیم، بذرها با اسید جاسمونیک (صفر، ۰/۰۱، ۰/۱، ۱ و ۱۰۰ میکرومولار) پرایم شدند و در ظروف پتری تحت غلظت‌های مختلف کلرید سدیم قرار گرفتند: ۳، ۴ و ۵٪ برای گونه‌های منطقه گاوخونی و ۴ و ۵٪ برای گونه‌های منطقه مهارلو. برای افزایش ویژگی‌های جوانه‌زنی در سطوح بالای کلرید سدیم، پرایمینگ با یک میکرومولار اسید جاسمونیک بیشترین تأثیر را داشت. افزایش غلظت اسید جاسمونیک (از ۱۰ تا ۱۰۰ میکرومولار) اثرات بازدارنده اسید جاسمونیک بر جوانه‌زنی گونه‌های مذکور ظاهر شد.

کلمات کلیدی: اکوسیستم هالوفیتی، پرایمینگ بذر، تنش شوری شدید، جاسمونات‌ها، متحمل به شوری

The effect of jasmonic acid on seed germination of halophytes species in high levels of salinity

N. Zamani¹, P. Roshandel^{2*}

1. Postgraduated student, Shahrekord University

2. Assistant professor, Faculty of Agriculture, Shahrekord University

(Received: Mar. 29, 2017 – Accepted: Jun. 07, 2017)

Abstract

Salt tolerance of six halophytic species (*Halocnemum strobilaceum*, *Halostachys belangeriana*, *Salsola tomentosa*, *Salicornia europea*, *Halopeplis perfoliata*, *Salsola crassa*) was evaluated at germination stage under NaCl conditions (0, 1, 2, 3, 4 and 5%). All seeds showed full germination in 1 and 2% NaCl, comparable to germination in distilled water. By increasing the levels of NaCl, the differences between these species responses were evaluated. The second three species (from coastal zone of the salty lake Maharloo) were more tolerant compared to the first three species (from Gavkhooni deserts). Amongst, *S. europea* was the most tolerant species. At the second round of experiments and to test the effect of jasmonic acid (JA) on seed germination at high levels of salinity, the seeds were primed with JA (0, 0.01, 0.1, 1, 10 and 100 μM) and then allowed to germinate in Petri-dishes containing different concentrations of NaCl: 3, 4 and 5% for Gavkhooni species and 4 and 5% for Maharloo species. Priming with 1 μM JA was the most effective to increase germination characters at high levels of salinity. By increasing the concentration of JA (from 10 to 100 μM) the inhibitory effects of JA on seed germination of the mentioned species was appeared.

Key words: Extreme salt stress, Halophytic ecosystem, Jasmonates, Salt tolerance, Seed priming.

* Email: roshandelparto@gmail.com

مقدمه

گونه‌هایی از پوشش گیاهی حاشیه دریاچه نمک مهارلو به‌شمار می‌روند.

استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی در پاسخ گیاه به تنش محیطی می‌تواند بسیار تاثیرگذار باشد. جاسمونات‌ها از جمله اسید جاسمونیک ترکیباتی بسیار مهم از مشتقات لیپیدی محسوب می‌شوند که به‌عنوان پیام‌رسان در پدیده‌های گوناگون نموی یا پاسخ گیاه به تنش‌های محیطی زیستی و غیر زیستی شرکت می‌کنند (Eyidongan *et al.*, 2012; Ahmad Dar *et al.*, 2015). نقش این ترکیبات در کاهش اثرات تنش خشکی (De Ollas *et al.*, 2013)، فلزات سنگین (Maksymiec & Krupa, 2002) و تنش شوری (Kang *et al.*, 2005) معلوم شده است. از طرف دیگر، گزارش شده است که جاسمونات‌ها می‌توانند از جوانه‌زنی بذر برخی گونه‌های گیاهی جلوگیری کنند (Norastehnia *et al.*, 2007; Zalewski *et al.*, 2010). اما دیگر نتایج با این موضوع در تناقض است (Korkmaz *et al.*, 2004). به این ترتیب، نتیجه‌گیری نهایی بستگی به تحقیقات آینده دارد که نقش جاسمونات‌ها را در طی جوانه‌زنی بیشتر روشن نماید (Linkies & Leubner-Metzger, 2012). بررسی منابع نشان می‌دهد اکثر تحقیقات مرتبط با استفاده اسید جاسمونیک در شرایط تنش، مربوط به استعمال آن در مورد گیاهان زراعی بوده است. هنوز تحقیقی مبنی بر ارزیابی تاثیر این تنظیم‌کننده رشد بر گیاهان هالوفیت گزارش نشده است.

در تحقیق حاضر به‌منظور معرفی روشی ساده برای بهبود رشد گیاهان هالوفیت در درجات بالای تنش شوری به‌ویژه در مرحله جوانه‌زنی و رشد اولیه آنها، شش گونه متفاوت از هالوفیت‌های اندمیک ایران *Halostachys belangeriana*, *Salsola tomentosa*, *Salicornia europea*، *Halocnemum strobilaceum*، *Halopeplis perfoliata* و *Salsola crassa* انتخاب و تحت پرایمینگ با سطوح مختلف اسید جاسمونیک قرار داده شدند. همچنین، در این مطالعه به سنجش میزان تحمل

در سال‌های اخیر، با گرم شدن جهانی، اقلیم‌های آب و هوایی در اقصی نقاط دنیا به‌طور قابل ملاحظه ای تغییر کرده‌اند. گرم شدن جهانی بیش از همه سرزمین‌های خشک و نیمه خشک را با افزایش دما و کاهش نزولات جوی تحت تاثیر قرار داده است. اخیراً، در نتیجه گرم شدن جهانی، کشور ایران نیز با چالش‌های آب و هوایی متعددی نظیر بارش‌های بسیار کم یا بسیار نامنظم همراه با افزایش شوری خاک روبرو شده است. شوری خاک ناشی از کلرید سدیم یکی از فاکتورهای محیطی محدود کننده‌ای است که رشد و نمو همه گیاهان را البته در درجات متفاوت، تحت تاثیر قرار می‌دهد. تمامی موارد ذکر شده به نوعی باعث افزایش خطرات مربوط به بیابان‌زایی و نابودی غیرقابل برگشت پوشش گیاهی خواهد شد. در عین حال، احیای پوشش گیاهی مناطق خشک می‌تواند کمک موثری در تثبیت خاک، کنترل بیابان‌زایی، حفاظت از آب‌های سطحی و تامین دراز مدت علوفه دامی محسوب شود. استفاده از گونه‌های محلی، به ویژه هالوفیت‌ها، روشی اساسی برای احیای پوشش گیاهی مناطق خشک حاوی خاک شور می‌باشد. گیاهان هالوفیت که فلور بومی محیط‌های شور محسوب می‌شوند می‌توانند به‌خوبی در سطح معینی از شوری خاک رشد و نمو نمایند که آن درجه از شوری برای گیاهان معمولی مضر است (Flowers & Colmer, 2008). با این وجود، حتی در هالوفیت‌ها نیز مکانیسم‌های پدافندی در شرایط شوری بالا ناکافی است که نهایتاً منجر به عدم رشد و نمو طبیعی یا مرگ گیاه خواهد شد.

گونه‌های *Halostachys belangeriana*, *Salsola*، *Salicornia*، *Halocnemum strobilaceum*، *tomentosa*، *Halopeplis perfoliata*، *europea* و *Salsola crassa* از جمله گیاهان هالوفیت و متعلق به تیره آمارانتاسه هستند (Grigore *et al.*, 2014). سه گونه اول از گیاهان هالوفیت شورزارها و بیابان‌های مرکزی ایران و سه گونه دوم،

اول آزمایش شد. این غلظت‌ها عبارت بودند از محلول‌های ۳، ۴ و ۵٪ کلرید سدیم برای *S. tomentosa* و *H. belangeriana* *dH. strobilaceum* و ۴ و ۵٪ کلرید سدیم برای *H. perfoliata* *S. europea* و *S. crassa*. بذرها با غلظت‌های صفر، ۰/۱، ۰/۱، ۱، ۱۰ و ۱۰۰ میکرومولار اسید جاسمونیک در تاریکی به مدت ۲۴ ساعت و دمای ۲۵ درجه سانتیگراد تحت پرایمینگ قرار گرفتند. بذرها هر گونه به‌طور جداگانه در ظروف پتری حاوی محلول‌های کلرید سدیم مورد نظر به مدت ۲۱ روز رشد یافتند.

برای بررسی میزان تاثیر تیمارهای فوق بر جوانه‌زنی بذرها می‌تواند مورد توجه قرار گیرد که نه تنها نقش اسید جاسمونیک در تحریک جوانه‌زنی را مورد ارزیابی قرار می‌دهد بلکه دست‌آورد نوینی برای افزایش پتانسیل گیاهان هالوفیت و سازش آنها با غلظت‌های بالای کلرید سدیم و حفاظت از اکوسیستم‌های هالوفیتی را نیز فراهم می‌آورد.

مواد و روش‌ها

آماده سازی بذرها

آزمایش‌های حاضر در سال ۱۳۹۰ و در دانشگاه شهرکرد انجام گرفت. بذر گونه‌های *Halocnemum strobilaceum*، *Halostachys belangeriana*، *Salsola tomentosa* از منطقه گاوخونی در استان اصفهان و گونه‌های *Salicornia europea*، *Halopeplis perfoliata* از حواشی دریاچه نمک مهارلو در استان شیراز در اواخر شهریور و اوایل مهرماه سال ۱۳۹۰ جمع‌آوری شد. سطح خارجی همه بذرها با محلولرهیپوکلریت سدیم ۱٪ ضدعفونی و سپس با آب مقطر استریل چند بار شستشو شد.

در مرحله اول آزمایش برای یافتن تاثیر غلظت‌های مختلف کلرید سدیم روی جوانه‌زنی بذرها گونه‌های مذکور، ۲۵ عدد بذر از هر گونه (در سه تکرار) در ظروف پتری حاوی پنج میلی‌لیتر از محلول‌های کلرید سدیم (صفر، ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵٪) قرار داده شد. این بذرها به مدت ۱۴ روز رشد یافتند. خصوصیات شرایط آزمایشگاهی عبارت بود از فتوپریود ۱۶ ساعت نور ۸ ساعت تاریکی و دمای معمولی اتاق (۲۰ تا ۲۵ درجه سانتیگراد). در پایان این مجموعه از آزمایش‌ها درصد جوانه‌زنی بذرها محاسبه شد. در مرحله دوم، به منظور یافتن تاثیر اسید جاسمونیک بر افزایش تحمل به شوری در هالوفیت‌های مورد نظر، غلظت‌هایی از کلرید سدیم انتخاب شد که در مقایسه با شاهد، باعث کاهش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی در مرحله

$$GP = (N_G / N_T) \times 100 \quad (1) \text{ درصد جوانه‌زنی:}$$

که در آن GP معرف درصد جوانه‌زنی، N_G معرف تعداد بذرها زده و N_T معرف تعداد کل بذرها است.

$$GR = \sum (N_i / D_i) \quad (2) \text{ سرعت جوانه‌زنی:}$$

که در آن GR معرف سرعت جوانه‌زنی، N_i معرف تعداد بذر جوانه زده در روز n ام، D_i معرف روز n ام پس از شروع آزمایش.

$$(3) \text{ شاخص طولی بینه بذر:}$$

$$\text{Seedling vigor index} = \text{Seedling length (mm)} \times \text{Germination (\%)} =$$

شمارش بذرها زده به صورت یک روز در میان از زمان خروج حداقل دو میلی‌متر ریشه‌چه از پوسته دانه آغاز شد. در هر تکرار در پایان دوره جوانه‌زنی میانگین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه با خط‌کش مدرج بر حسب میلی‌متر اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل‌های آماری داده‌های مرحله اول آزمایش به صورت طرح کاملاً تصادفی و داده‌های مرحله دوم آزمایش به صورت

میزان این پارامتر برای گونه‌های *H. strobilaceum*, *H. belangeriana*, *S. tomentosa* به شکل معنی‌داری کاهش یافت (از ۳۰- تا ۴۱-٪). در غلظت‌های ۴ و ۵٪ کلرید سدیم درصد جوانه‌زنی همه گونه‌های مورد مطالعه تا حد زیادی کاهش یافت (شکل ۱؛ ب). بیشترین تاثیر منفی این غلظت‌ها بر درصد جوانه‌زنی در *S. tomentosa* و *H. belangeriana* و *H. strobilaceum* مشاهده شد. در غلظت ۴٪ کلرید سدیم درصد جوانه‌زنی گونه‌های منطقه گاوخونی و دریاچه مهارلو به ترتیب از ۲۵ تا ۳۳٪ و ۵۰ تا ۷۲٪ ثبت شد. در غلظت ۵٪ کلرید سدیم از بین گونه‌های منطقه گاوخونی فقط گونه *S. tomentosa* قادر به جوانه‌زنی به میزان ۱۳٪ بود. برای گونه‌های منطقه حاشیه دریاچه مهارلو میزان درصد جوانه‌زنی از ۲۳ تا ۵۱٪ مشاهده شد. متحمل‌ترین گونه‌ها به غلظت‌های بالای کلرید سدیم، از منطقه گاوخونی *S. tomentosa* و از حاشیه دریاچه مهارلو *S. europea* بودند (شکل ۱).

فاکتوریل بر اساس طرح کاملاً تصادفی صورت گرفت. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از برنامه نرم افزاری SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵٪ انجام گرفت.

نتایج و بحث

داده‌های به دست آمده از مرحله اول آزمایش‌ها

تجزیه واریانس داده‌ها (جدول‌های ۱ و ۲) نشان داد تاثیر محلول‌های کلرید سدیم به کاررفته بر درصد جوانه‌زنی گونه‌های مورد مطالعه در سطح پنج درصد معنی‌دار است.

مقایسه میانگین نشان داد درصد جوانه‌زنی هر شش گونه هالوفیت در غلظت‌های ۱ و ۲٪ کلرید سدیم بدون اختلاف معنی‌دار و مشابه با درصد جوانه‌زنی آنها در آب مقطر (۱۰۰٪) ثبت شد (شکل ۱؛ الف). در غلظت ۳٪ کلرید سدیم اگرچه درصد جوانه‌زنی *S. europea*، *H. perfoliata* و *S. crassa* مانند شاهد (۱۰۰٪) بود ولی

جدول ۱- جدول تجزیه واریانس (میانگین مربعات) درصد جوانه‌زنی گونه‌های *H. strobilaceum*، *H. belangeriana* و *S. tomentosa* در غلظت‌های مختلف کلرید سدیم (صفر، ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵٪)

Table 1- Analysis of variance (mean squares) of seed germination percentage of *H. strobilaceum*, *H. belangeriana*, *S. tomentosa* at different concentrations of NaCl (0, 1, 2, 3, 4 and 5%)

میانگین مربعات Mean Square (MS) درصد جوانه زنی Germination percentage	درجه آزادی Degrees of freedom	منبع تغییرات S.O.V
10327.34*	5	تیمار Treatment
610.23*	2	گونه Species
188.3*	10	گونه×تیمار Treatment × Species
41.7	38	خطا Error
18.2	-	ضریب تغییرات (٪) CV (%)

* shows significant differences at levels of 5%.

* نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد

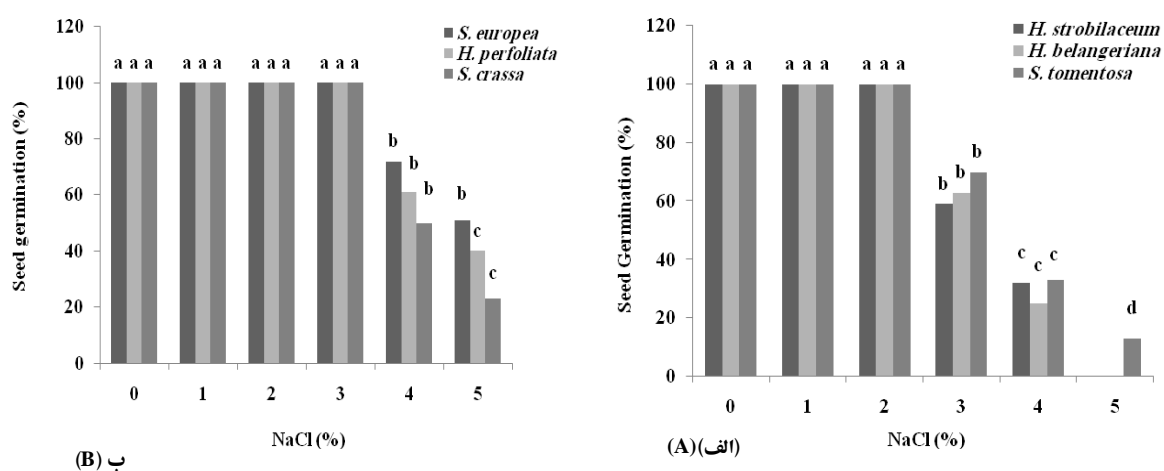
جدول ۲- جدول تجزیه واریانس (میانگین مربعات) درصد جوانه زنی گونه‌های *S. europea*، *H. perfoliata* و *S. crassa* در غلظت‌های مختلف کلرید سدیم (صفر، ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵٪)

Table 2- Analysis of variance (mean squares) of seed germination percentage of *S. europea*, *H. perfoliata* and *S. crassa* at different concentrations of NaCl (0, 1, 2, 3, 4 and 5%)

میانگین مربعات Mean Square (MS) درصد جوانه زنی Germination percentage	درجه آزادی Degrees of freedom	منبع تغییرات S.O.V
12932.76*	5	تیمار Treatment
521.68*	2	گونه Species
103.7*	10	گونه×تیمار Treatment × Species
45.1	38	خطا Error
14.5	-	ضریب تغییرات (%) CV (%)

* significant differences at levels of 5% shows

* نشانگر وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد



شکل ۱- درصد جوانه زنی بذر هالوفیت‌ها تحت غلظت‌های کلرید سدیم (صفر، ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵٪)؛ الف) گونه‌های *H. strobilaceum*، *H. belangeriana* و *S. tomentosa*؛ ب) گونه‌های *S. europea*، *H. perfoliata* و *S. crassa*.

میانگین‌های (سه تکرار) دارای حروف مشابه با یکدیگر اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند.

Figure 1- Germination percentage of halophytes seeds at different concentrations of NaCl (0, 1, 2, 3, 4 and 5%); (A) *H. strobilaceum*, *H. belangeriana*, *S. tomentosa*; (B) *S. europea*, *H. perfoliata* and *S. crassa*. Means (three replicates) with the same letter are not significantly different at $p < 0.05$.

دانه‌رست گونه‌های منطقه گاوخونی تحت غلظت‌های ۳، ۴ و ۵٪ و گونه‌های حاشیه دریاچه مهارلو تحت غلظت‌های ۴ و ۵٪ قرار گرفتند. بذر همه گونه‌ها قبل از

داده‌های به‌دست آمده از مرحله دوم آزمایش‌ها از نتایج مرحله اول آزمایش‌ها برای طراحی مرحله دوم استفاده شد. در این مرحله جوانه‌زنی و رویش

جوانه‌زنی با غلظت‌های صفر، ۰/۱، ۰/۱، ۱، ۱۰ و ۱۰۰ میکرومولار اسید جاسمونیک تیمار شد. تجزیه واریانس داده‌ها (جدول‌های ۳ و ۴) نشان داد برای گونه‌های منطقه گاوخونی و مهارلو، تاثیر کلریدسدیم (در غلظت‌های مربوطه) و اسید جاسمونیک دارای تاثیر معنی دار است.

جدول ۳- جدول تجزیه واریانس (مربعات میانگین) درصد و سرعت جوانه زنی، شاخص بنیه بذر گونه‌های *H. strobilaceum*، *H. belangeriana* و *S. tomentosa* در محلول‌های ۳، ۴ و ۵٪ کلریدسدیم

Table 3- Analysis of variance (mean squares) of seed germination percentage and rate, vigor index of *H. strobilaceum*, *H. belangeriana*, *S. tomentosa* in 3, 4 and 5% NaCl solutions

میانگین مربعات Mean Square (MS)				منبع تغییرات S.O.V
شاخص بنیه بذر Vigor index	سرعت جوانه زنی Germination rate	درصد جوانه زنی Germination percentage	درجه آزادی Degrees of freedom	
3255.02*	0.82*	3489.32*	2	تنش شوری Salt stress
5771.13*	0.098*	8010.7*	5	اسید جاسمونیک Jasmonic acid
1897.65*	0.051*	588.3*	10	شوری × جاسمونات Salt stress × Jasmonate
552.1	0.009	141.1	38	خطا Error
19.33	22.64	18.2	-	ضریب تغییرات (%) CV (%)

* significant differences at levels of 5% shows

* نشانگر وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد

جدول ۴- جدول تجزیه واریانس (مربعات میانگین) درصد و سرعت جوانه زنی، شاخص بنیه بذر گونه‌های *H. perfoliata*، *S. europea* و *S. crassa* در محلول‌های ۴ و ۵٪ کلریدسدیم

Table 4- Analysis of variance (mean squares) of seed germination percentage and rate, vigor index of *S. europea*, *H. perfoliata* and *S. crassa* in 4 and 5% NaCl solutions

میانگین مربعات Mean Square (MS)				منبع تغییرات S.O.V
شاخص بنیه بذر Vigor index	سرعت جوانه زنی Germination rate	درصد جوانه زنی Germination percentage	درجه آزادی Degrees of freedom	
2309.97*	2.12*	4534.16*	1	تنش شوری Salt stress
4682.29*	1.32*	7680.23*	5	اسید جاسمونیک Jasmonic acid
1903.54*	0.87*	459.21*	5	شوری × جاسمونات Salt stress × Jasmonate
372.3	0.023	231.54	24	خطا Error
26.04	15.45	18.2	-	ضریب تغییرات (%) CV (%)

* significant differences at levels of 5% shows

* نشانگر وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد

۱/۴۸ و ۰/۷۲ (بذر جوانه زده در روز) ارتقاء یافت (جدول ۵). در غلظت‌های ۳ و ۴٪ کلرید سدیم، اسید جاسمونیک ۰/۱ میکرومولار تأثیر بهتری بر سرعت جوانه‌زنی این گونه داشت (بدون اختلاف معنی دار با سطح یک میکرومولار اسید جاسمونیک). کمترین سرعت جوانه‌زنی در نمونه‌های پیش‌تیمار شده با ۱۰۰ میکرومولار اسید جاسمونیک به دست آمد که حتی به نحو معنی‌داری از تیمار شوری تنها نیز کمتر بود. در گونه *H. strobilaceum* شاخص بنيه بذر در بهترین حالت و در تمام شوری‌های مورد بررسی در بذرهای پیش‌تیمار شده با یک میکرومولار مشاهده شد (جدول ۶).

داده‌های مربوط به *Halocnemum strobilaceum*
درصد جوانه‌زنی بذرهای *H. strobilaceum* که قبلاً با اسید جاسمونیک ۰/۱ و یک میکرومولار تیمار شده بودند تحت غلظت‌های ۳ و ۴٪ کلرید سدیم، از ۵۹ و ۳۲٪ به ۱۰۰٪ افزایش یافت (شکل ۲؛ الف). تحت غلظت ۵٪ کلرید سدیم بذرهای این گونه اصلاً جوانه‌زنی نداشت ولی پیش‌تیمار بذر با اسید جاسمونیک یک و ۰/۱ میکرومولار باعث ۵۱٪ جوانه‌زنی در این سطح از شوری شد (شکل ۲؛ الف). در حالی که سرعت جوانه‌زنی بذر این گونه در شوری‌های ۳، ۴ و ۵٪ به ترتیب ۰/۹۸، ۰/۴۶ و صفر (بذر جوانه زده در روز) بود در موثرترین سطح اسید جاسمونیک (یک میکرومولار) به ترتیب به ۱/۸،

جدول ۵- تأثیر پرایمینگ بذر با اسید جاسمونیک بر سرعت جوانه‌زنی (بذر جوانه زده در روز)

گونه‌های *H. strobilaceum*، *H. belangeriana* و *S. tomentosa* در محلول‌های ۳، ۴ و ۵٪ کلرید سدیم

Table 5- The Effect of seed priming with jasmonic acid on rate of germination (germinated seed/day) of *H. strobilaceum*, *H. belangeriana* and *S. tomentosa* in 3, 4 and 5% NaCl solutions

گونه Species	کلرید سدیم NaCl (%)	اسید جاسمونیک (میکرومولار) Jasmonic acid (µM)				
		0	0.01	0.1 100	1	10
<i>Halocnemum strobilaceum</i>	3	0.54d A	1.34b A	1.8a A	1.9a A	1.2b A
	4	0.33f B	1.04c B	1.48b B	1.65a B	0.68d B
	5	0.42d C	0.58b C	0.72b C	0.52c C	0.31e C
<i>Halostachys belangeriana</i>	3	0.48d A	0.98c A	1.24b A	0.94b A	0.76c A
	4	0.49c B	1.03c B	1.32b B	0.93c B	0.45e B
	5	0.2e C	0.57c C	0.73b C	0.61b C	0.41d C
<i>Salsola tomentosa</i>	3	0.59d A	1.3b A	1.81a A	1.94a A	1.2b A
	4	0.36f B	0.77d B	1.66a B	1.13c B	0.57e B
	5	0.11e C	0.59b C	0.98a C	0.62b C	0.39d C

مقادیر نوشته شده برای هر پیش‌تیمار اسید جاسمونیک که دارای حروف بزرگ انگلیسی هستند از نظر آماری با یکدیگر مقایسه آماری شده اند و در هر گروه حروف کوچکی که متفاوت هستند از نظر آماری با یکدیگر در سطح ۵٪ اختلاف معنی دار دارند.

Values for each jasmonic acid pretreatment having the same capital letters are statistically analyzed with each other and in each group means with different small letters are significantly different from each other ($p < 0.05$).

جدول ۶- تاثیر پرایمینگ بذر با اسید جاسمونیک بر شاخص بنبه بذر (درصد جوانه‌زنی × درازای دانه‌رست) گونه‌های *H. strobilaceum*، *H. belangeriana* و *S. tomentosa* در محلول‌های ۳، ۴ و ۵٪ کلرید سدیم

Table 6-The Effect of seedprimingwith jasmonic acidon vigor index (germination percentage × seedling length) of *H. strobilaceum*, *H. belangeriana* and *S. tomentosa* in 3, 4 and 5% NaCl solutions

اسید جاسمونیک (میکرومولار) Jasmonic acid (μM)						کلرید سدیم NaCl (%)	گونه Species
100	10	1	0.1	0.01	0		
35.7g A	249cd A	345b A	334b A	199.3d A	157.2e A	3	<i>Halocnemum strobilaceum</i>
10.1h B	143.5d B	250b B	225b B	114e B	26.7g B	4	
0 C	54.4f C	90d C	76de C	53.6f C	0 C	5	
34.2g A	112.5f A	208d A	229d A	120.8f A	100.1f A	3	<i>Halostachys belangeriana</i>
0 B	89.6f B	184c B	192ac B	80.1f B	22.8g B	4	
0 C	43.5f C	69e C	52.5f C	20.3dg C	0 C	5	
145.5e A	271.3c A	368a A	381a A	260.8c A	212.8d A	3	<i>Salsola tomentosa</i>
28.4g B	152.d B	282a B	286.4a B	118.7e B	30.2g B	4	
19.5g C	115c C	214.4a C	163.1b C	91d C	8.8h C	5	

مقادیر نوشته شده برای هر پیش تیمار اسید جاسمونیک که دارای حروف بزرگ انگلیسی هستند از نظر آماری با یکدیگر مقایسه آماری شده اند و در هر گروه حروف کوچکی که متفاوت هستند از نظر آماری با یکدیگر در سطح ۵٪ اختلاف معنی دار دارند.

Values for each jasmonic acid pretreatment having the same capital letters are statistically analyzed with each other and in each group means with different small letters are significantly different from each other (p<0.05).

بذر در شوری‌های ۳ و ۴٪ در بذرهای تیمار شده با ۰/۱ میکرومولار اسید جاسمونیک به‌دست آمد (جدول ۶). تحت تنش شوری ۵٪ کلرید سدیم، بالاترین میزان شاخص بنبه بذر در پیش تیمار با یک میکرومولار اسید جاسمونیک به‌دست آمد. شاخص بنبه بذر در پیش تیمار با ۱۰۰ میکرومولار اسید جاسمونیک کمترین میزان خود را (حتی در مقایسه با نمونه‌های شاهد) نشان داد.

داده‌های مربوط به *Salsola tomentosa*

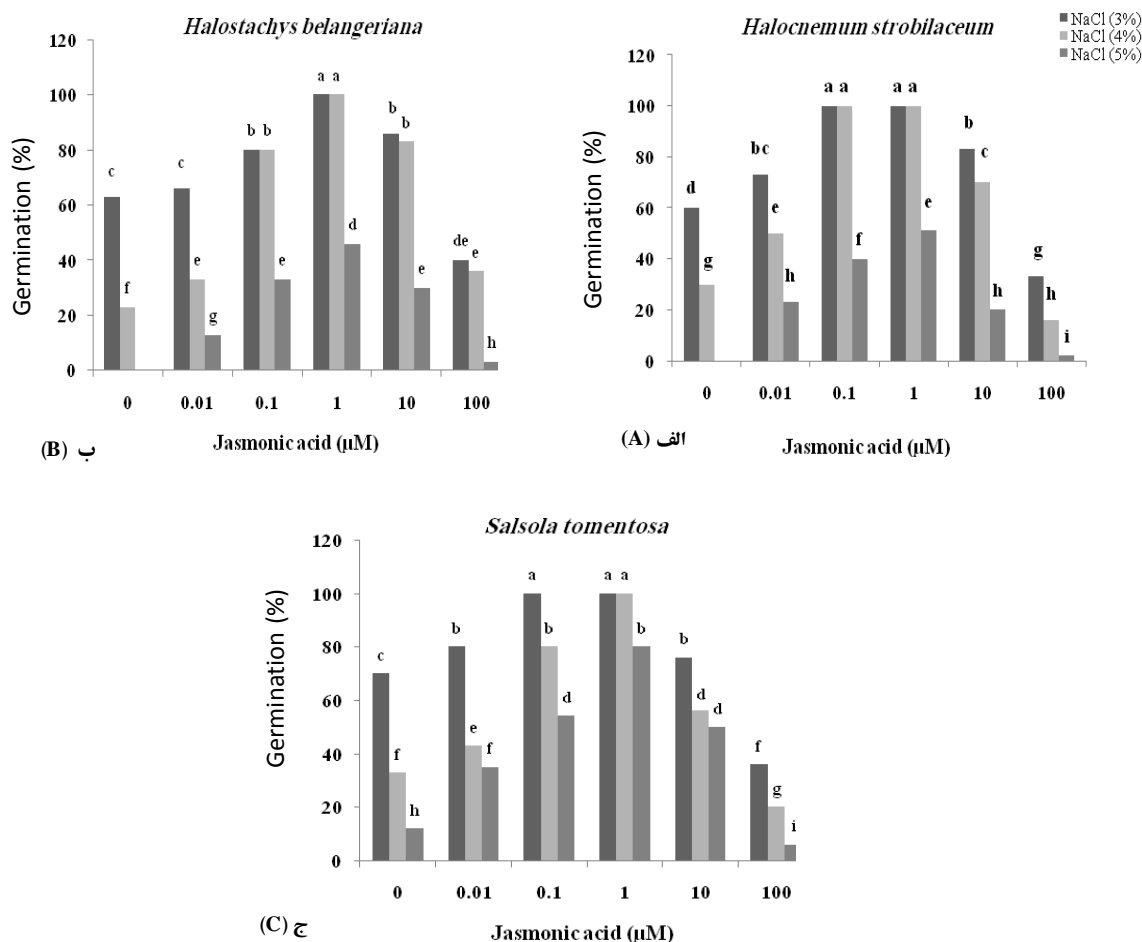
در *S. tomentosa* حداکثر درصد جوانه‌زنی با پیش تیمار یک میکرومولار اسید جاسمونیک به‌دست آمد. به‌طوری که درصد جوانه‌زنی بذرهای این گونه در غلظت‌های ۳، ۴ و ۵٪ کلرید سدیم به ترتیب از ۳۳، ۷۰ و

داده‌های مربوط به *Halostachys belangeriana*

در موثرترین سطح اسید جاسمونیک (یک میکرومولار) درصد جوانه‌زنی در غلظت‌های ۳، ۴ و ۵٪ کلرید سدیم به ترتیب از ۶۳، ۲۳ و صفر به ۱۰۰، ۱۰۰ و ۴۶٪ افزایش یافت (شکل ۲؛ ب). غلظت ۱۰۰ میکرومولار اسید جاسمونیک کمترین تاثیر مثبت را نسبت به سایر سطوح این ماده به‌همراه داشت. در حالی که سرعت جوانه‌زنی این بذر در شوری‌های ۳، ۴ و ۵٪ به ترتیب ۰/۷۳، ۰/۳۸ و صفر (بذر جوانه زده در روز) بود در بهترین حالت پیش تیمار (یک میکرومولار اسید جاسمونیک)، به ترتیب به ۱/۲۴، ۱/۳۲ و ۰/۷۳ (بذر جوانه زده در روز) رسید (جدول ۵). بالاترین میزان شاخص بنبه

این پارامتر به میزان ۱/۸۱، ۱/۶۶ و ۰/۹۸ (بذر جوانه زده در روز) شد (جدول ۵). پیش تیمار بذرها با ۱۰۰ میکرومولار اسید جاسمونیک باعث کاهش معنی دار سرعت جوانه زنی نسبت به تیمار شوری تنها شد. غلظت های ۰/۱ و ۱ میکرومولار اسید جاسمونیک موثرترین پیش تیمار برای افزایش شاخص بنیه بذر در غلظت های ۳، ۴ و ۵٪ کلرید سدیم بود (جدول ۶).

۱۲ به ۱۰۰، ۱۰۰ و ۸۰٪ افزایش یافت (شکل ۲؛ ج). پیش تیمار با ۱۰۰ میکرومولار اسید جاسمونیک، به نحو معنی داری باعث کاهش میزان این پارامتر نسبت به شاهد شد. در حالی که سرعت جوانه زنی این گونه در شوری های ۳، ۴ و ۵٪ به ترتیب ۱/۱، ۰/۴۸ و ۰/۱۴ (بذر جوانه زده در روز) بود پیش تیمار با اسید جاسمونیک در بهترین حالت (یک میکرومولار) باعث افزایش معنی دار



شکل ۲- تاثیر پرایمینگ بذر با اسید جاسمونیک روی درصد جوانه زنی بذر گونه های (الف) *H. strobilaceum*، (ب) *H. belangeriana* و (ج) *S. tomentosa* در محلول های ۳، ۴ و ۵٪ کلرید سدیم. میانگین های (سه تکرار) دارای حروف مشابه با یکدیگر اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ ندارند.

Figure 2- The effect of seed priming with jasmonic acid on seed germination of (A) *H. strobilaceum*, (B) *H. belangeriana* and (C) *S. tomentosa* in 3, 4 and 5% NaCl solutions. Means (three replicates) with the same letter are not significantly different at $p < 0.05$.

۲۲ به ۷۱۱ و ۵۴۰ رسید (جدول ۸).

داده‌های مربوط به *Halopeplis perfoliata*

در گونه *H. perfoliata* استفاده از پیش تیمار اسید جاسمونیک (یک میکرومولار) درصد جوانه‌زنی را در هر دو غلظت ۴ و ۵٪ کلرید سدیم به‌نحو معنی‌داری افزایش داد (به ترتیب از ۶۰ و ۴۰ به ۱۰۰٪ رسید) (شکل ۳؛ ب). در سطح ۱۰۰ میکرومولار اسید جاسمونیک درصد جوانه‌زنی به‌نحو معنی‌داری کمتر از تیمار شوری تنها بود. سرعت جوانه‌زنی این گونه در شوری ۴ و ۵٪ به ترتیب ۱/۵۴ و ۰/۷۶ (بذر جوانه زده در روز) بود ولی با پیش تیمار اسید جاسمونیک (یک میکرومولار) به ۲/۴۱ و ۱/۶۸ (بذر جوانه زده در روز) رسید (بدون اختلاف معنی‌دار با سطح ۱۰ میکرومولار اسید جاسمونیک) (جدول ۷). شاخص بنیه بذر این گونه در اثر پیش تیمار با اسید جاسمونیک (یک میکرومولار) در شوری ۴ و ۵٪ به ترتیب از ۴۲ و ۱۵ به ۷۲۰ و ۵۷۳ رسید (جدول ۸).

داده‌های مربوط به *Salicornia europaea*

در حالی که جوانه‌زنی این گونه در غلظت‌های ۴ و ۵٪ کلرید سدیم به ترتیب ۷۰ و ۵۰ بود پیش تیمار بذر با ۰/۱ میکرومولار اسید جاسمونیک باعث افزایش جوانه‌زنی تا ۱۰۰٪ در هر دو غلظت کلرید سدیم شد (بدون تفاوت معنی‌دار با نتایج یک میکرومولار اسید جاسمونیک) (شکل ۳؛ الف). سرعت جوانه‌زنی این گونه در شرایط ۴ و ۵٪ کلرید سدیم، به ترتیب ۲/۲۶ و ۱/۱۶ (بذر جوانه زده در روز) بود ولی تیمار بذر با اسید جاسمونیک به ویژه سطح یک میکرومولار باعث افزایش معنی‌دار این پارامتر تا میزان به ترتیب ۳/۶۲ و ۲/۲۷ (بذر جوانه زده در روز) شد (بدون تفاوت معنی‌دار با سطح ۱۰ میکرومولار اسید جاسمونیک) (جدول ۷). کمترین میزان این پارامتر مربوط به پرایمینگ ۱۰۰ میکرومولار بود (۱/۷۶) بذر جوانه زده در روز). میزان شاخص بنیه بذر این گونه نیز با پیش تیمار اسید جاسمونیک یک میکرومولار در غلظت‌های ۴ و ۵٪ کلرید سدیم به ترتیب از ۴۴/۴ و

جدول ۷- تاثیر پرایمینگ بذر با اسید جاسمونیک بر سرعت جوانه‌زنی گونه‌های *S. europaea*، *H. perfoliata*، *S. crassa*

در محلول‌های ۴ و ۵٪ کلرید سدیم

Table 7-The Effect of seed priming with jasmonic acid on rate of germination of *S. europaea*, *H. perfoliata* and *S. crassa* in 4 and 5% NaCl solutions

اسید جاسمونیک (میکرومولار) Jasmonic acid (µM)						کلرید سدیم NaCl (%)	گونه Species
100	10	1	0.1	0.01	0		
1.76d A	3.56a A	3.62a A	2.93b A	2.6b A	2.26c A	4	<i>Salicornia europaea</i>
1.23b B	2.24a B	2.27a B	1.81b B	1.6bc B	1.16b B	5	
0.74e A	2.3c A	2.41a A	2.02c A	1.8c A	1.54c A	4	<i>Halopeplis perfoliata</i>
0.33e B	1.63b B	1.68b B	1.22b B	0.82c B	0.76c B	5	
0.27f A	0.92e A	1.83a A	0.64e A	0.61e A	0.53e A	4	<i>Salsola crassa</i>
0.18e B	0.54d B	0.86c B	0.53d B	0.47d B	0.25c B	5	

مقادیر نوشته شده برای هر پیش تیمار اسید جاسمونیک که دارای حروف بزرگ انگلیسی هستند از نظر آماری با یکدیگر مقایسه آماری شده‌اند و در هر گروه حروف کوچکی که متفاوت هستند از نظر آماری با یکدیگر در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌دار دارند.

Values for each jasmonic acid pretreatment having the same capital letters are statistically analyzed with each other and in each group means with different small letters are significantly different from each other (p<0.05).

جدول ۸- تاثیر پرایمینگ بذر با اسید جاسمونیک بر شاخص بذر (درصد جوانه‌زنی × درازای دانه‌رست) گونه‌های *S. crassa*, *H. perfoliata* و *S. europea* در محلول‌های ۴ و ۵٪ کلرید سدیم

Table 8- The Effect of seed priming with jasmonic acid on vigor index (germination percentage × seedling length) of *S. europea*, *H. perfoliata* and *S. crassa* in 4 and 5% NaCl solutions

اسید جاسمونیک (میکرومولار) Jasmonic acid (μM)						کلرید سدیم NaCl (%)	گونه Species
100	10	1	0.1	0.01	0		
34g A	680bc A	720b A	67g A	60.5g A	42g A	4	<i>Salicornia europea</i>
11h B	47.8g B	573a B	46.4g B	36.3g B	15h B	5	
35g A	61.4g A	710b A	61.9g A	52.5g A	44.4g A	4	<i>Haloepelis perfoliata</i>
12h B	16.5h B	542b B	33.6g B	26.7g B	22gh B	5	
0 A	476.5d A	810a A	644.6c A	412.7e A	163.2f A	4	<i>Salsola crassa</i>
0 B	276e B	486.c B	410.6d B	193.8f B	40.1g B	5	

مقادیر نوشته شده برای هر پیش تیمار اسید جاسمونیک که دارای حروف بزرگ انگلیسی هستند از نظر آماری با یکدیگر مقایسه آماری شده‌اند و در هر گروه حروف کوچکی که متفاوت هستند از نظر آماری با یکدیگر در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌دار دارند.

Values for each jasmonic acid pretreatment having the same capital letters are statistically analyzed with each other and in each group means with different small letters are significantly different from each other ($p < 0.05$).

پارامتر را در شوری ۴ و ۵٪ از ۱۶۳/۲ و ۴۰/۱ به ۸۱۹ و ۴۸۶/۴ رسانید (جدول ۸).

جوانه‌زنی مرحله‌ای خطیر در طول زندگی گیاه محسوب می‌شود. بنابراین توانایی بذر گیاهان برای جوانه‌زنی در غلظت‌های بالای کلرید سدیم برای بقای آنها امری ضروری و اجتناب ناپذیر است. در زیستگاه‌های با خاک یا آب شور، جوانه‌زنی پس از بارش‌های فصلی انجام می‌پذیرد یعنی در زمانی که از شوری خاک کاسته شده است. بذرها اغلب نزدیک به سطح خاک قرار دارند. در عین حال غلظت کلرید سدیم در سطح خاک به‌طور مداوم در فصول مختلف تغییر می‌کند. تبخیر مداوم آب باعث رسوب نمک در سطح می‌شود در حالی که باران رسوبات نمک را حل و از سطح خاک دور کرده و آب کافی برای جوانه‌زنی فراهم می‌نماید. در طی تکامل گونه‌های گیاهی، هالوفیت‌ها با این شرایط در زیستگاه‌های با آب یا خاک شور سازگار شده‌اند و با وجودی که

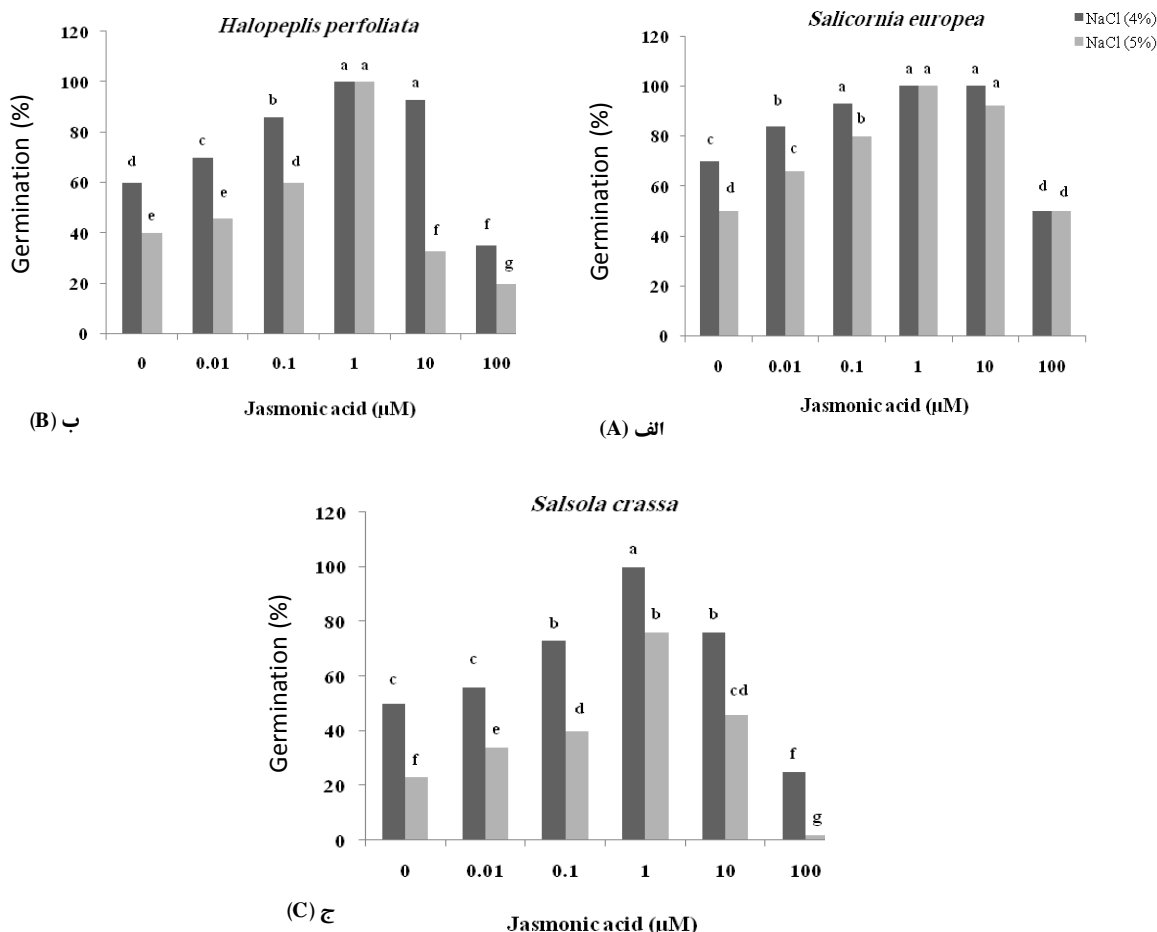
داده‌های مربوط به *Salsola crassa*

درصد جوانه‌زنی *S. crassa* در شوری ۴ و ۵٪ به ترتیب تا ۵۰ و ۲۳٪ کاهش یافت. پیش تیمار این بذرها با یک میکرومولار اسید جاسمونیک درصد جوانه‌زنی آنها را در شوری ۴ و ۵٪ به ترتیب به ۱۰۰ و ۷۶ رسانید (شکل ۳؛ ج). دیگر غلظت‌های اسید جاسمونیک نیز (بجز ۱۰۰ میکرومولار) باعث افزایش درصد جوانه‌زنی این بذرها در شوری بالا شد ولی به‌نحو معنی‌داری کمتر از پرایمینگ یک میکرومولار بود (شکل ۳؛ ج).

در حالی که سرعت جوانه‌زنی این گونه در شوری ۴ و ۵٪ به ترتیب ۰/۵۳ و ۰/۲۵ (بذر جوانه زده در روز) بود ولی پیش تیمار با یک میکرومولار اسید جاسمونیک (در موثرترین سطح) میزان این پارامتر را به ۱/۸۳ و ۰/۸۶ (بذر جوانه زده در روز) افزایش داد (جدول ۷). موثرترین پرایمینگ اسید جاسمونیک برای افزایش شاخص بذر این گونه، غلظت یک میکرومولار بود که میزان این

بذر هالوفیت ها با دیگر گیاهان متفاوت است (Flowers & Colmer, 2008).

جوانه زنی بذر آنها در آب تازه مشابه با گونه های سازش نیافته است ولی در غلظت های بالای کلرید سدیم جوانه زنی



شکل ۳- تاثیر پرایمینگ بذر با اسید جاسمونیک روی درصد جوانه زنی بذر گونه های (الف) *S. europaea*، (ب) *H. perfoliata* و (ج) *S. crassa* در محلول های ۴ و ۵٪ کلرید سدیم. میانگین های (سه تکرار) دارای حروف مشابه با یکدیگر اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ ندارند.

Figure 3 -The effect of seed priming with jasmonic acid on seed germination of

(A) *S. europaea*, (B) *H. perfoliata* and (C) *S. crassa* in 4 and 5% NaCl solutions.

Means (three replicates) with the same letter are not significantly different at $p < 0.05$.

کلرید سدیم، بازدارنده است. تحقیق حاضر نشان داد درصد جوانه زنی گونه های هالوفیت متعلق به بیابان های اصفهان و حاشیه دریاچه مهارلو در غلظت های بیش از ۲٪ کلرید سدیم متفاوت است. به عبارت دیگر، در مرحله جوانه زنی تحمل گونه های حاشیه دریاچه نمک به درجات بالای کلرید سدیم بیش از هالوفیت های منطقه اصفهان ثبت شد. با این وجود همگام با افزایش غلظت کلرید سدیم، شاخص های جوانه زنی در هر دو گروه به

نتایج تحقیق حاضر نشان داد شش گونه هالوفیت مورد مطالعه در غلظت های ۱ و ۲٪ کلرید سدیم (معادل ۱۷۱ و ۳۴۲ میلی مولار) - مشابه با آب مقطر و تا ۱۰۰٪ جوانه زنی موفق دارند. این در حالی است که جوانه زنی گیاهان غیر هالوفیت (مانند گندم) در محیط حاوی ۰/۵٪ کلرید سدیم به صورتی معنی دار نسبت به شاهد کاهش می یابد (Hussain et al., 2013). با این وجود، حتی برای جوانه زنی گیاهان هالوفیت نیز غلظت های بالای

گونه‌های هالوفیت مورد مطالعه احتمالاً نتیجه تولید محدود شده سوبسترا برای تنفس و در نتیجه کاهش تولید انرژی است. 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 بود. این امر مستقیماً روی درصد و سرعت جوانه‌زنی و نهایتاً شاخص بنبه بذری اثر می‌گذارد (Norastenia *et al.*, 2007). در این راستا، نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیقات گذشته بر روی ذرت و گیاه تاج خروس مطابقت دارد (Bialeca & Kepczynski, 2003; Norastenia *et al.*, 2007).

گزارش شده است جاسمونات‌ها با کاهش حساسیت سلولهای بذری به ABA باعث جوانه‌زنی بذری می‌شود. علاوه بر این، مشخص شده است که جاسمونات‌ها با فعال کردن آلکالین لیپاز باعث تحریک جوانه‌زنی در سیب می‌شوند. فعال شدن این آنزیم فرآیند تولید قند مورد نیاز برای جوانه‌زنی رویان را فراهم می‌نماید (Bogatek *et al.*, 2002).

در مطالعه حاضر برای تخمین شاخص بنبه بذری از طول دانه‌رست استفاده شد. طول ریشه و ساقه پارامترهای مهمی برای سنجش تنش شوری محسوب می‌شوند زیرا ریشه در تماس مستقیم با خاک است و آب و املاح معدنی را جذب می‌کند و ساقه آن را به بقیه بخش‌ها می‌رساند. به این دلیل، ریشه و ساقه کلید مهمی در پاسخگویی گیاه به تنش شوری به‌شمار می‌روند (Jamil & Rha, 2004).

به این ترتیب به‌عنوان نتیجه‌گیری نهایی می‌توان عنوان کرد که پیش‌تیمار بذری گونه‌های هالوفیت با غلظت‌های پایین اسید جاسمونیک (یک میکرومولار)، باعث افزایش تحمل این گیاهان به سطوح بالای کلرید سدیم در مرحله جوانه‌زنی می‌شود. نتایج حاضر پیشنهاد می‌کند اسید جاسمونیک در غلظت‌های بالا می‌تواند نقشی کاملاً متضاد و بازدارنده بر روی جوانه‌زنی داشته باشد. علاوه بر این معلوم شد علیرغم عکس‌العمل متفاوت دو گروه

شدت کاهش یافت. تأثیر تنش شوری بر روی رشد دانه رست گیاهان نتیجه تغییر در ارتباطات آبی ناشی از تجمع نمک در فضا‌های آپوپلاستی، تنش اسمزی، اثرات مخرب سمیت یونها و کاهش استفاده مفید از آب بافت‌ها می‌باشد (Munns & Tester, 2008). نتیجه همه این عوامل، کاهش یا توقف رشد و نمو طبیعی گیاه در هر مرحله از حیات آن است.

جاسمونات‌ها به‌عنوان تنظیم‌کننده‌های درونی رشد گیاه مورد توجه قرار گرفته‌اند. بررسی منابع حاکی از تأثیر متفاوت (اعم از تحریک‌کننده یا بازدارنده) این ترکیبات بر روی جوانه‌زنی بذری گونه‌های مختلف است (Korkmaz, 2005; Norastehnia *et al.*, 2007; Zalewski *et al.*, 2010). احتمال می‌رود نقش جاسمونات‌ها به‌عنوان ممانعت‌کننده‌های جوانه‌زنی مربوط به غلظت بالای آنها باشد. به این ترتیب، در مطالعات مربوط به پتانسیل تنظیم‌کننده‌های رشد مانند جاسمونات‌ها می‌بایست یک تفاوت روشن بین غلظت‌های فیزیولوژیکی و فرابهنه پیشنهاد شود (Sembdner & Pathier, 1993). همسو با نتایج فوق، داده‌های به‌دست آمده در تحقیق حاضر نیز نشان داد با افزایش غلظت اسید جاسمونیک از یک میکرومولار به ۱۰ و سپس ۱۰۰ میکرومولار، تأثیر بازدارندگی این ماده بر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنبه بذری آشکار می‌شود و با افزایش غلظت اسید جاسمونیک تأثیر مهارکنندگی این ماده بر جوانه‌زنی گونه‌های مورد مطالعه افزایش صعودی می‌یابد. یکی از دلایل این بازدارندگی به تولید اتیلن ارتباط داده شده است که فاکتور مورد نیاز در تشکیل بذری و جوانه‌زنی است (Norastenia *et al.*, 2007).

از طرفی، نشان داده شده است که فعالیت آلفا-آمیلاز (آنزیم کلیدی برای جوانه‌زنی بسیاری از بذرها) با افزایش غلظت متیل جاسمونات کاهش می‌یابد (Norastenia *et al.*, 2007). بنابراین می‌توان گفت کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنبه بذری در

افزایش شوری خاک در اثر بارشهای بسیار کم یا نامنظم، روشی مفید برای غنی‌سازی پوشش گیاهی و احیای اکوسیستم هالوفیتی در مناطق مربوطه به‌شمار آید.

هالوفیت انتخاب شده به درجات مختلف شوری، تاثیر پیش‌تیمار بذر با اسید جاسمونیک برای افزایش تحمل به شوری این گیاهان در مرحله جوانه‌زنی تقریباً مشابه است. تکنیک پیشنهادی در این تحقیق می‌تواند صرف‌نظر از

Reference

منابع

- Ahmad Dar, T., M. Uddin, M. M. Khan, K.R. Hakeem, and H. Jaleel, 2015.** Jasmonates counter plant stress: A Review. *Environ. Exper. Bot.* 115: 49–57.
- Bialeca, B., and J. Kepczynski, 2003.** Regulation of α -amylase activity in *Amaranthus caudatus* seeds by methyl jasmonate, gibberellin A₃, benzyladenine and ethylene. *Plant Growth Regul.* 39: 51-56.
- Bogatek, R., D. Côme, F. Corbineau, R. Ranjan, and S. Lewak, 2002.** Jasmonic acid affects dormancy and sugar catabolism in germinating apple embryos. *Plant Physiol. Biochem.* 40 (2): 167-173.
- De Ollas, C., B. Hernando, V. Arbona, A. Gómez-Cadenas, 2013.** Jasmonic acid transient accumulation is needed for abscisic acid increase in citrus roots under drought stress conditions. *Physiol. Plant.* 147: 296–306.
- Eyidogan, F., M.T. Oz, M. Yucel, and H.A. Oktem, 2012.** Signal transduction of phytohormones under abiotic stresses. In *Phytohormones and Abiotic Stress Tolerance in Plants*; Khan, N.A., Nazar, R., *et al.*, Eds.; Springer Science & Business Media: New York, NY, USA, p. 1–49.
- Flowers, T.J. and T.D. Colmer, 2008.** Salinity tolerance in halophytes. *New Phytol.* 179: 945–963.
- Grigore, M.N., Ivanescu, L. and Toma, C., 2014.** Halophytes: an integrative anatomical study. Springer.
- Hussain, S., A. Khaliq, A. Matloob, M. Ashfaq, W. Afzal, and I. Afzal, 2013.** Germination and growth response of three wheat cultivars to NaCl salinity. *Soil Environ.* 32(1): 36-43.
- Jamil, M. and E.S. Rha, 2004.** The effect of salinity on germination and seedling of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) and cabbage (*Brassica oleracea* L.). *Korean J. Plant Protec.* 7: 226-232.
- Kang, D.J., Y.J. Seo, J.D. Lee, R. Ishii, K.U. Kim, D. H. Shin, S.K. Park, S.W. Jang, and I.J. Lee, 2005.** Jasmonic acid differentially affects growth, ion uptake and abscisic acid concentration in salt-tolerant and salt-sensitive rice cultivars. *J. Agron. Crop Sci.* 191: 273–282.
- Korkmaz, A., I. Tiryaki, M.N. Nas, and N. Ozbay, 2004.** Inclusion of plant growth regulators into priming solution improves low temperature germination and emergence of watermelon seeds. *Can. J. Plant Sci.* 84: 1161-1165.
- Linkies, A., and G. Leubner-Metzger, 2012.** Beyond gibberellins and abscisic acid: how ethylene and jasmonates control seed germination. *Plant Cell Rep.* 31: 253–270.
- Maksymiec, W., and Z. Krupa, 2002.** Jasmonic acid and heavy metals in *Arabidopsis* plants: A similar physiological response to both stressors? *J. Plant Physiol.* 159: 509–515.
- Munns, R., and M. Tester, 2008.** Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.* 59: 651–681.
- Norastehnia, A., R. H. Sajedi, and M. Nojavan-Asghari, 2007.** Inhibitory effects of methyl jasmonate on seed germination in maize. *Gen. Appl. Plant Physiol.* 33 (1-2): 13-23.
- Sembdner, G. and Parthier, B. 1993.** The biochemistry and the physiological and molecular action of jasmonates. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 33: 569-589.
- Zalewski, K., B. Nitkiewicz, L. B. Lahuta, K. Glowacka, A. Socha, and R. Amarowicz, 2010.** Effect of jasmonic acid-methyl ester on the composition of carbohydrates and germination of yellow lupine (*Lupinus luteus* L.) seeds. *J. Plant Physiol.* 167(12): 967–973.