بررسی تاثیر پرایمینگ بذر با غلظت‌های مختلف جاسمونیک اسید بر جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) در شرایط تنش شوری

بتول زارعی[۱]، زهرا تقی‌پور*[۲]، آرش فاضلی[۳]

[۱]دانشجوی دکتری اصلاح نباتات، ژنتیک مولکولی، دانشگاه ایلام، ایران.

[۲]دانشجوی دکتری اصلاح نباتات، ژنتیک مولکولی، دانشگاه ایلام، ایران.

[۳]استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایران..

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۳/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۶/۰۱

چکیده

سیاه‌دانه گیاه یک ساله علفی و دارویی مهم متعلق به تیره Rununculaceae است که به شوری حساس می‌باشد. تقریباً ۲۰ درصد از مناطق کشت شده جهان و حدود نیمی از زمین‌های آبیاری شده تحت تاثیر شوری قرار دارند. به‌منظور ارزیابی اثرات پرایمینگ بر جوانه‌زنی بذر سیاه‌دانه، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار انجام گرفت. تیمارهای آزمایش شامل جاسمونیک اسید در سه سطح (صفر، ۰/۱ و ۰/۰۱ میلی‌مولار) و شوری در ۵ سطح (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ٤۰۰ میلی‌مولار) بود. برهمکنش بین پیش تیمار جاسمونیک اسید و شوری برای درصد جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد و سرعت جوانه‌زنی و طول ریشه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین نشان داد افزایش غلظت نمک تاثیر منفی بر تمام صفات اندازه‌گیری شده داشت. پیش تیمار بذر با جاسمونیک اسید موجب بهبود پارامترهای اندازه‌گیری شده جوانه‌زنی شد. پرایمینگ موجب افزایش سرعت و درصد جوانه‌زنی در شرایط تنش شوری شد. اختلاف در رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه بین بذرهای پرایم شده و بذرهای پرایم نشده آشکار بود، به طوری که بذرهای پرایم‌شده از طول ریشه‌چه و ساقه‌چه بیشتری برخوردار بودند و همچنین پرایمینگ باعث افزایش درصد آب بافت گیاهچه شد. بنابراین پوشش بذر با جاسمونیک اسید ممکن است جوانه‌زنی بذر را افزایش داده و تحمل به شرایط تنش را در گیاهچه‌ها افزایش دهد.

واژه‌های کلیدی: پرایمینگ، جاسمونیک اسید، جوانه‌زنی، سیاه دانه.

*نویسنده مسئول: ztaghipour22@yahoo.com

مقدمه

امروزه گیاهان دارویی از گیاهان مهم اقتصادی هستند که به‌صورت خام یا فرآوری شده در طب سنتی و مدرن صنعتی مورد استفاده و بهره‌وری قرار می‌گیرند، سیاه‌دانه یکی از این گیاهان است که در بعضی از نقاط ایران به‌صورت خودرو وجود داشته و در برخی نقاط دیگر به‌صورت زراعی کشت و کار می‌شود و مصارف گسترده‌ای در صنایع غذایی و دارویی کشور دارد (Fathi Amirkhiz et al., 2012). سیاه دانه با نام علمی *Nigella sativa* L. از خانواده آلاله[1] گیاهی است با گل‌های سفید یا آبی کم‌رنگ تا آبی پررنگ دارای دانه‌های سفید شیری رنگ که در تماس با هوا سیاه رنگ می‌شوند. دانه‌های این گیاه حاوی ۳۰ تا ٤٠ درصد روغن، ۲۰ درصد پروتئین، ۷/۵ درصد رطوبت و ۰/۵-۱/۵ درصد اسانس است. علاوه بر خاصیت ضد باکتریایی روغن دانه‌های سیاه‌دانه از این گیاه در درمان سرطان، فشارخون، بیماری‌های قلبی-عروقی و غیره استفاده می‌شود (Khoramdel et al., 2011). برای دانه این گیاه خواصی مانند شیرآوری، ضد نفخ، مسهل، ضدصرع، ضدویروس، ضدباکتری، ضدتومور، مسکن و کاهش دهنده قند خون را ذکر نموده‌اند.

تنش شوری یکی از مهمترین عوامل محیطی محدود کننده تولید محصول کشاورزی در جهان می‌باشد و همچنین یکی از حساس ترین مرحه رشدی گیاهان به تنش شوری، مرحله جوانه‌زنی است (Ungar, 1995). اثر بازدارنده تنش شوری بر جوانه‌زنی بذر به‌دلیل کاهش پتانسیل اسمزی یا سمیت یونی است (Tobe et al., 2004). شوری بر جنبه‌های مختلف رشد اثر گذاشته و موجب کاهش و به تاخیر افتادن جوانه‌زنی، کاهش رشد اندام‌های هوایی و کاهش تولید ماده خشک می‌گردد. در نتیجه اتخاذ تمهیداتی جهت کاهش اثرات شوری بر بذر و گیاهچه و حتی ایجاد مقاومت در آن‌ها امری ضروری است. امروزه از روش‌های مختلفی برای دستیابی به این هدف استفاده می‌شود که یکی از جدیدترین و البته کارآمدترین روش‌ها، روش پرایمینگ[2] یا پیش تیمار بذر و ایجاد مقاومت به شوری است. پرایمینگ بذر می‌تواند تحت شرایط تنش‌های محیطی سبب بهبود روند واکنش‌های فیزیولوژیکی در بذر شده و در نتیجه مقاومت به تنش‌های محیطی در این بذرها را به طور قابل ملاحظه‌ای ارتقا دهد (Joudi and Sharifzadeh, 2007).

استراتژی‌های آماده‌سازی بذر شامل اسموپرایمینگ (استفاده از مواد اسمز زا)، هالوپرایمینگ (نمک)، هورمون پرایمینگ (تنظیم‌کننده‌های رشد) یا هیدروپرایمینگ‌ها (آب) هستند که تیمار بذرها با اسمتیک‌ها، نمک‌های غیرآلی، هورمون‌ها یا آب سبب بهبود پارامترهای جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ها تحت شرایط تنش‌های مختلف می‌شود (Wahid et al., 2007). یکی از معایب روش‌های اسموپرایمینگ و هالوپرایمینگ این است که نتایج به‌دست آمده از این روش از آزمایشی به آزمایشی، از رقمی به رقم دیگر و حتی از سالی به سال دیگر ممکن است برای یک رقم متفاوت باشد. اخیراً از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی مثل سالسیلیت‌ها، جاسمونات‌ها و ترکیبات هیومیتی به این منظور استفاده شده است که نتایج قابل اعتمادتری به همراه داشته است (Govahi et al., 2008). جاسمونات‌ها شامل اسید جاسمونیک، متیل استرآن و متیل جاسمونات به‌عنوان تنظیم‌کننده رشد درونی هستند که در گیاه وجود دارند و بر رشد و نمو گیاه تاثیر می‌گذارند. این ترکیبات سبب ترجمه ژن‌های ممانعت کننده پروتئین و آنزیم‌هایی که در بیوسنتز فلاونوئیدها و لیپواکسیژنازها دخالت دارند می‌شوند که همه در پاسخ گیاه به شرایط پر استرس و مکانیسم دفاعی گیاه نقش دارند (Korkmaz et al., 2004). اسیدجاسمونیک ترکیبی مشتق شده از اسید چرب لینولئیک اسید است که توسط روش

1- Ranunculaceae
2- Priming

اکتادکانوئید سنتز می‌شود و نقش مهمی در تنظیم فرآیند رشد و نمو دارد سطح اسید جاسمونیک و پروتئین محرک آن در گیاهان در زمان مواجه شدن با تنش افزایش می‌یابد و موجب تعدیل واکنش‌های فیزیولوژیکی گیاه در زمان تنش می‌شود (Rubio et al., 2009). اسید جاسمونیک در به وجود آمدن جوانه در سیب‌زمینی و پیاز نقش دارد (Mousavi, 2011) و همچنین مهمترین هورمون مقاومت به تنش‌های زیستی و غیر زیستی است (Rahim malek et al., 2012) که در پاسخ به تنش‌های زنده (Wu et al., 2008) و غیر زنده از قبیل خشکی (Gao et al., 2004)، شوری (Saneoka et al., 2001; Mopper et al., 2004)، دمای بالا (Murata *et al*., 1992) و دمای پایین (Kondo et al., 2004) از طریق بیوسنتز پروتئین‌های دفاعی و متابولیت‌های ثانویه عمل می‌کند (Wasternack, 2007) و محرک سیستم‌های دفاعی گیاه (Rohwer and Erwin, 2008; Koo and Howe, 2009) است. جاسمونیک اسید موجب حفاظت گیاهچه‌های گندم از آسیب ناشی از تنش شوری با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و غلظت ترکیبات آنتی‌اکسیدانی برای رفع گونه‌های اکسیژن فعال ناشی از شوری زیاد است که دلیلی بر کشت گندم در خاک‌های شور عنوان شده است (Qiu et al., 2014).

از آنجایی که گیاه سیاه دانه به کمبود آهن و خاک‌های ضعیف و شور حساس می‌باشد، جوانه‌زنی آن از یکنواختی و استقرار مطلوبی در کشور ما برخوردار نیست. با توجه به اهمیت دارویی سیاه‌دانه، هدف از این پژوهش بررسی پیش تیمار بذر سیاه دانه با جاسمونیک اسید و تاثیر آن بر جوانه‌زنی سیاه دانه و رشد گیاهچه های آن تحت شرایط تنش شوری است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تاثیر تنش شوری بر جوانه‌زنی بذور سیاه‌دانه، آزمایشی در سال ۱۳۹۵ به صورت فاکتوریل در آزمایشگاه بیوتکنولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در ۳ تکرار اجرا گردید. بذور آزمایش از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام تهیه شدند. تیمارهای آزمایشی شامل ۳ سطح پیش تیمار بذر با اسید جاسمونیک و ۵ سطح تنش شوری بود. قبل از اعمال پرایمینگ، ابتدا بذور با هیپوکلریت سدیم ۵ درصد به مدت ۳۰ ثانیه ضدعفونی و سپس چند بار با آب مقطر شستشو داده شدند. بذرها طی مرحله اول درون محلول اسید جاسمونیک با غلظت‌های مختلف صفر (شاهد)، ۰/۱ و ۰/۰۱ به‌مدت ۲٤ ساعت غوطه‌ور شدند؛ سپس نمونه‌ها از محلول خارج و در دمای اتاق خشک گردیدند. در مرحله دوم، برای اعمال ۵ سطح تنش شوری (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ٤۰۰ میلی‌مولار) از نمک کلرید سدیم و با توجه به فرمول وانت هوف (ψ=-mRiT) استفاده گردید. در هر تیمار، ۲۵ بذر در داخل پتری دیش روی کاغذ واتمن شماره ۱ قرار داده شد. به هر پتری‌دیش ۷ میلی‌لیتر آب مقطر یا محلول کلرید سدیم با سطوح پتانسیل اسمزی بسته به تیمار افزوده شد. شمارش بذرهای جوانه‌زده از روز ششم به صورت روزانه در (ساعتی معین) به مدت یک هفته انجام گردید. به هنگام شمارش، خروج ریشه‌چه به طول دو میلی‌متر به عنوان معیار بذر جوانه‌زده در نظر گرفته شد (Miller and Chapman, 1978). در پایان از هر پتری‌دیش ۱۰ گیاهچه به طور تصادفی انتخاب و صفات موردنظر اندازه‌گیری شد. طول گیاهچه‌ها بر حسب سانتی‌متر و وزن تر گیاهچه‌ها بر حسب میلی‌گرم تعیین گردید. وزن خشک گیاهچه، پس از خشک کردن آن‌ها به‌مدت ۲٤ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در درون آون تعیین شد. سپس با استفاده از روابط زیر، صفات درصد جوانه‌زنی (Bajji et

(Stout, 1998)، سرعت جوانه‌زنی (Maguire, 1962)، انرژی جوانه‌زنی (Agarwal, 1980)، شاخص بنیه بذر (Tsonev et al., 1998) و درصد آب بافت گیاهچه (Tsonev et al., 1998) محاسبه گردید.

$PG = Ni / N \times 100$

PG= درصد جوانه‌زنی، Ni= تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز i ام (آخرین روز شمارش جوانه‌زنی)، N= تعداد کل بذرها

$GR = H Ni / Ti$

GR= سرعت جوانه‌زنی برحسب تعداد بذر در روز شمارش، Ni= تعداد بذر جوانه‌زده در هر روز، T= شمارش روز پس از شروع آزمایش

۱۰۰/ (میانگین طول گیاهچه (میلی‌متر) × درصد جوانه‌زنی نهایی) = شاخص بنیه بذر

تعداد کل بذرهای کاشته شده/ درصد بذرهای جوانه‌زده در یک روز خاص = انرژی جوانه‌زنی

۱۰۰ × (وزن تر گیاهچه / وزن خشک گیاهچه – وزن تر گیاهچه) = درصد آب بافت گیاهچه

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

درصد جوانه‌زنی: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تنش شوری و برهمکنش جاسمونیک اسید و تنش شوری بر درصد جوانه زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول۱). با افزایش درصد شوری، درصد جوانه‌زنی به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۲). کاهش جذب آب توسط بذر در اثر تنش شوری می‌تواند باعث کاهش فرآیندهای فیزیولوژیکی و متابولیکی شود و لذا وفور مواد قابل دسترس برای ادامه حیات گیاه را با مشکل روبرو می‌کند و باعث کاهش میزان جوانه‌زنی می‌شود (Ashraf and Waheed, 1990). Salami et al. (2005) با مطالعاتی که بر زیره سبز و سنبل الطیب داشتند گزارش نمودند که شوری نه تنها سبب تاخیر در جوانه‌زنی می‌گردد بلکه جوانه‌زنی بسیاری از گونه‌ها را کاهش می‌دهد. کاهش درصد جوانه‌زنی می‌تواند علاوه بر اثر اسمزی تنش شوری که باعث کاهش جذب آب می‌گردد، ناشی از سمیت ویژه یون‌ها نیز باشد که سبب اختلال در جذب عناصر دیگر می‌گردد.

در بررسی برهمکنش بین اسید جاسمونیک و شوری مشاهده شد که در زمان عدم وجود تنش شوری اختلاف معنی‌داری بین سطوح جاسمونیک اسید برای درصد جوانه‌زنی وجود نداشت (جدول۲). در شرایط بدون تنش شوری پیش تیمار اسید جاسمونیک ۰/۰۱ بیشترین درصد جوانه‌زنی را دارد (۸۰ درصد) و همراه با شوری ۱۰۰ میلی مولار (۸۰ درصد) و ۲۰۰ میلی‌مولار (۷۷/۳ درصد) در یک گروه قرار می‌گیرد. اما با افزایش میزان تنش شوری در سطوح ۳۰۰ و ٤۰۰ میلی‌مولار و در حضور پیش تیمار با جاسمونیک اسید ۰/۰۱، درصد جوانه‌زنی کاهش نشان داده است (جدول ۲). در شوری ٤۰۰ میلی‌مولار بیشترین درصد جوانه‌زنی متعلق به پیش تیمار اسید جاسمونیک ۰/۰۱ (٦۱/۳ درصد) است. این امر نشان می‌دهد که پیش تیمار با جاسمونیک اسید در هنگام شوری اثر مثبتی در مقاومت به شوری بذور دارد. افزایش درصد جوانه‌زنی در اثر پرایمینگ بذرها با مواد ایجاد کننده پتانسیل‌های پایین آب، توسط تعدادی از پژوهشگران بر روی نخود (Musa et al., 2001) ذرت، برنج و خربزه (Harris et al., 2001) رازیانه (Moradi and Rezvani Moghadam, 2010) گزارش شده است (Enteshari and Jafari, 2013). با مطالعه پرایمینگ بذور *Ocimum basilicum* L. با متیل جاسمونات تحت تنش شوری بیان داشتند که غلظت بالای کلرید سدیم باعث کاهش

درصد جوانه‌زنی و متیل جاسمونات باعث افزایش درصد جوانه‌زنی است و این امر نشان دهنده اثر مثبت متیل جاسمونات بر بهبود شرایط تنش در گیاهان است.

سرعت جوانه‌زنی: سرعت جوانه‌زنی یکی از پارامترهای مهم در تعیین کیفیت بذرها می‌باشد و معمولاً با رشد گیاهان ارتباط مستقیم دارد. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تنش شوری و اثر متقابل جاسمونیک اسید و تنش شوری بر سرعت جوانه‌زنی به‌ترتیب در سطح احمال یک و پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). با افزایش درصد شوری، سرعت جوانه‌زنی کاهش معنی‌داری نشان داد به طوریکه بیشترین (۱۵/۰۳) و کمترین (۷/۹۶) سرعت جوانه‌زنی مربوط به تنش شوری صفر و ۴۰۰ میلی‌مولار بود (جدول ۲). بررسی اثر متقابل بین سطوح شوری و غلظت‌های مختلف جاسمونیک اسید نشان داد که پیش‌تیمار با جاسمونیک اسید اثر مثبتی بر سرعت جوانه‌زنی بذرهای سیاه دانه داشته است. در سطوح شوری صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰.

جدول ۱: تجزیه واریانس میانگین مربعات پارامترهای مختلف جوانه‌زنی سیاه‌دانه تحت تاثیر تنش شوری و پیش تیمار جاسمونیک اسید

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		درصد جوانه‌زنی	انرژی جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	درصد آب بافت گیاهچه	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	شاخص بنیه بذر	وزن خشک گیاهچه
جاسمونیک اسید	۲	۳۹/۴۶ns	۰/۸۱۸*	۱/۹۹ns	۱۰/۹۹**	۳/۶۴**	۱/۵۶**	۲۸/۹۹**	۰/۱۳۶**
تنش شوری	۴	۷۷۲/۰۸**	۱/۱۴**	۶۶/۴۶**	۲۲/۵۶**	۰/۷۴**	۰/۲۳**	۳/۹۳**	۰/۱۲۶**
جاسمونیک اسید × تنش شوری	۸	۱۲۹/۶۸**	۰/۲۹۵ ns	۱۱/۶۳*	۰/۵۸ns	۰/۲۴*	۰/۰۳۶ ns	۰/۰۴۶ns	۰/۰۰۹ns
خطای آزمایشی	۳۰	۳۹/۴۶	۰/۱۷۹	۴/۲۸	۱/۰۳	۰/۰۹۴	۰/۰۴	۰/۲۶۱	۰/۰۱۶
ضریب تغییرات (درصد)		۹/۲	۱۴/۷۴	۱۷/۳	۲۳/۳	۲۱/۸	۱۹/۵	۱۲/۹	۱۷/۲

ns و **، * : به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد.

میلی‌مولار پیش تیمار با غلظت ۰/۰۱میلی‌مولار جاسمونیک اسید دارای بیشترین سرعت جوانه‌زنی بود اما در سطح شوری ۳۰۰ میلی‌مولار بیشترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به پیش تیمار با غلظت ۰/۱ میلی‌مولار جاسمونیک اسید بود (جدول ۲). به‌طورکلی شوری باعث کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی و همچنین کاهش رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌گردد (Munns and Tester, 2008). یکی از آنزیم‌های موثر بر درصد و سرعت جوانه‌زنی، آنزیم آلفا-آمیلاز می‌باشد. فعالیت این آنزیم، با افزایش غلظت شوری کاهش می‌یابد، که در نتیجه کاهش فعالیت این آنزیم، نشاسته کمتر تجزیه شده و قندها برای تنفس و متابولیسم کمتر فراهم می‌شوند و این می‌تواند یکی از دلایل کاهش درصد جوانه‌زنی باشد (Fathi Amirkhiz, 2012). گزارش شده است آماده‌سازی بذور با متیل جاسمونات تولید پلی‌آمین آزاد را در بافت‌های گیاهی تحریک می‌کند بنابراین متیل جاسمونات و پلی‌آمین به صورت سینرژیسم عمل می‌کنند و آماده‌سازی بذر با متیل جاسمونات درصد و سرعت جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه را افزایش می‌دهد (Korkmaz et al., 2004).

انرژی جوانه‌زنی: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تنش شوری و جاسمونیک اسید بر انرژی جوانه‌زنی در سطح احمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). در مقایسه میانگین‌ها برای انرژی جوانه‌زنی مشخص شد که با افزایش درصد شوری انرژی جوانه‌زنی بذور کاهش یافت به طوریکه بیشترین (۳/۳۵) و کمترین (۲/٤۰) انرژی جوانه‌زنی برای سطوح صفر و ٤۰۰ میلی‌مولار شوری بدست آمد (جدول ۳). پیش تیمار با جاسمونیک اسید موجب افزایش انرژی جوانه‌زنی بذرهای سیاه دانه در مقایسه با تیمار شاهد (عدم پرایمینگ) شد (جدول۳). Reguieg Yssaad et al. (2012) در بررسی تاثیر تنش شوری بر روی جوانه‌زنی دو واریته باقلا مشاهده کردند که با افزایش شوری ناشی از کلرید سدیم، سولفات منیزیم و کلرید منیزیم میزان پرولین جهت تنظیم اسمزی افزایش یافت. بنابراین با توجه به ساخت مواد آلی تنظیم کننده اسمزی در بافت‌های گیاهچه می‌توان کاهش انرژی جوانه‌زنی و به دنبال آن کاهش شاخص‌های مربوط به رشد در گیاهچه را در آزمایش حاضر توجیه نمود.

جدول ۲: مقایسه میانگین صفات سیاه‌دانه تحت تاثیر سطوح مختلف اثرات متقابل شوری و پیش تیمار جاسمونیک اسید

جاسمونیک اسید	سطوح شوری	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی (تعداد بذر در روز)	طول ریشه‌چه (cm)
	صفر	۸۰a	۱٤/۰۳a	۱/۱۲a
	۱۰۰	٦٦/٦b	۱۱/۹۷ab	۱/۰۲a
صفر	۲۰۰	۷۲b	۱۱/۹۲ab	۰/۹٦a
	۳۰۰	٦٤b	۱۰/۸۲b	۰/۷۱b
	٤۰۰	٥۰/٦c	۷/۹٦b	۰/۸۲b
	صفر	۸۲a	۱٥/۲٦a	۱/۱۸a
	۱۰۰	۷۸ab	۱۲/۷٦a	۱/۱a
۰/۱	۲۰۰	٦٦/٦ab	۱۲/۹۳a	۰/۷۱b
	۳۰۰	٦٥/۳b	۱۱/۹۱a	۰/۸۷b
	٤۰۰	٦۰b	۷/۹۹b	۰/۹۹a
	صفر	۸٤a	۱٦/۳۲a	۱/۲۸a
	۱۰۰	۸۰a	۱٤/۱۱a	۱/۱۰a
۰/۰۱	۲۰۰	۷۷/۳a	۱٤/۹۷a	۰/۹۳b
	۳۰۰	٥۲b	٦/۰۳c	۰/۹b
	٤۰۰	٦۱/۳b	۱۰/۱۲b	۱/۱۹a

میانگین‌ها با آزمون LSD مقایسه شدند. P<۰/۰٥ به‌عنوان اختلاف معنی‌دار در نظر گرفته شد.

درصد آب بافت گیاهچه: با توجه به نتایج بدست آمده از جدول تجزیه واریانس (جدول۱) مشاهده می‌شود که اثرات اصلی پیش تیمار جاسمونیک اسید و تنش شوری بر درصد آب بافت گیاهچه در سطح احتمال یک درصد تاثیر معنی‌دار داشته‌اند. با افزایش شوری تا سطح ٤۰۰ میلی‌مولار درصد آب بافت گیاهچه از ۷/۰۱ درصد برای شاهد تا ۲/۸٦درصد برای شوری ٤۰۰ میلی مولار کاهش داشت (جدول۳). می‌توان اظهار داشت که با افزایش شوری، درصد آب بافت گیاهچه به طور معنی‌داری کاهش یافته است، اما سطوح شوری ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌مولار با یکدیگر در یک گروه قرار گرفتند و همچنین از لحاظ آماری با شوری ۱۰۰میلی‌مولار اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۳). نتایج

مقایسه میانگین انجام شده برای پرایمینگ بذور با جاسمونیک اسید (جدول۳) حاکی از این است که پرایمینگ باعث افزایش درصد آب بافت گیاهچه نسبت به شاهد شده است به طوریکه از ۳/۳۸درصد برای شاهد تا ٤/٩٤ درصد برای جاسمونیک اسید ۰/۰۱ افزایش داشته است.

جدول۳: مقایسه میانگین خصوصیات جوانه‌زنی سیاه‌دانه تحت تاثیر سطوح مختلف شوری و پیش تیمار جاسمونیک اسید

		انرژی جوانه‌زنی	شاخص بنیه بذر	درصد آب بافت گیاهچه (٪)	وزن خشک گیاهچه (gr)	طول ساقه‌چه (cm)
جاسمونیک اسید	صفر	۲/٦۹b	۲/۳٥b	۳/۳۸b	۰/٦۳b	۰/۸۷b
	۰/۱	۲/۷۷b	٤/۷۷a	٤/۷۷a	۰/۷۹a	۱/٥۱a
	۰/۰۱	۳/۱۳a	٤/۷٦a	٤/۷٦a	۰/۷۹a	۱/٤٦a
سطوح شوری	صفر	۳/۳٥a	٥/۰۲a	٥/۰۲a	۰/۹۳a	۱/٦٥a
	۱۰۰	۲/۹۷ab	٤/۰۹b	٤/۰۹b	۰/۷٥b	۱/۲٤b
	۲۰۰	۲/۹۲ab	۳/۸٦bc	۳/۸٦bc	۰/۷۰b	۰/۸۱۲b
	۳۰۰	۲/٦۷bc	۳/٤۷c	۳/٤۷c	۰/٦۸b	۱/۱۱b
	٤۰۰	۲/٤۰c	۳/۳٦c	۳/۲٦c	۰/٦۲b	۰/۸٥۹b

میانگین‌ها با آزمون LSD مقایسه شدند. P<۰/۰٥ به‌عنوان اختلاف معنی‌دار در نظر گرفته شد.

طول ساقه‌چه و طول ریشه‌چه: طول ساقه‌چه و ریشه‌چه مهم‌ترین پارامترهای موثر در مرحله جوانه‌زنی در شرایط تنش شوری بوده است، زیرا ریشه در تماس مستقیم با خاک است و آب را از خاک جذب کرده و ساقه نیز آب و مواد محلول را از ریشه به سایر نقاط منتقل می‌کند و شوری زیاد به علت کاهش جذب آب از طویل شدن ریشه و ساقه جلوگیری می‌نماید (Jamil et al., 2006). نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهمکنش بین جاسمونیک اسید و تنش شوری برای طول ریشه چه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول۱). مقایسه میانگین نشان داد شرایط بدون تنش دارای بیشترین طول ریشه‌چه (۱/۱۲) بود (جدول۲). رشد ریشه‌چه در سطوح شوری ۳۰۰ و ٤۰۰ میلی‌مولار کاهش بیشتری نسبت به سطوح ۱۰۰ و۲۰۰ میلی مولار داشت که نشان‌دهنده کاهش معنی‌دار رشد ریشه‌چه در اثر افزایش غلظت شوری است (جدول۲). با افزایش پتانسیل اسمزی، پتانسیل آب کاهش یافته و آب کمتری در اختیار بذر قرار می‌گیرد. جذب کمتر آب نیز کاهش آماس سلول‌های جنینی بذر را به دنبال داشته و با توجه به این که یکی از فاکتورهای تقسیم سلولی، آماس سلول است در نتیجه با کاهش آب قابل دسترس بذر و در نتیجه آماس، در نهایت ریشه‌چه کاهش می‌یابد (Xirong et al., 2002). (Moradi and Rezvani Moghadam, 2010) نیز کاهش رشد ریشه‌چه بذر رازیانه در تنش شوری را گزارش نمودند. در تمامی سطوح شوری، سطح ۰/۰۱ پیش تیمار با جاسمونیک اسید بیشترین طول ریشه‌چه را به خود اختصاص داد و سطح صفر میلی‌مولار (شاهد) کمترین طول ریشه‌چه را داشت (جدول۲). (Maciejewska and Kopcewicz, 2002) بیان داشتند که تیمار با جاسمونیک اسید موجب افزایش طول ریشه می‌گردد.

اثرات جاسمونیک اسید و تنش شوری بر طول ساقه‌چه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول۱). در پیش تیمار بذر با جاسمونیک اسید در غلظت‌های ۰/۱ و ۰/۰۱ باعث افزایش طول ساقه‌چه نسبت به شاهد شدند ولی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند و هر دو در یک گروه آماری قرار گرفتند. با افزایش میزان شوری

طول ساقه‌چه کاهش معنی‌داری یافت اگر چه سطوح شوری ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ٤۰۰ میلی‌مولار از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند اما بیشترین طول ساقه‌چه متعلق به شوری صفر(۱/٦٥سانتی‌متر) و کمترین طول ساقه‌چه متعلق به شوری ٤۰۰ میلی‌مولار (۰/۸٥ سانتی‌متر) بود (جدول ۳). پرایمینگ بذر، رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه را تغییر می‌دهد. اختلاف در رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه بین بذرهای پرایم شده و بذرهای پرایم نشده آشکار است، به طوری که بذرهای پرایم‌شده از طول ریشه‌چه و ساقه‌چه بیشتری برخوردار بودند (Riyazi et al., 2007). بهبود شاخص‌های طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و سایر روش‌های پرایمینگ در مطالعات برخی محققین برای سیاه‌دانه گزارش شده است (Balouchi and Ahmadpour Dehkordi, 2013; Talebi and Nabavi Kalat 2015).

شاخص بنیه بذر: شاخص بنیه بذر از صفات مهم در مطالعات جوانه‌زنی به شمار می‌رود؛ بذوری که از درصد و سرعت جوانه‌زنی بالایی برخوردار باشند دارای بنیه بیشتری خواهند بود. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از تاثیر غلظت‌های مختلف جاسمونیک اسید و شوری در سطح احتمال یک درصد بود (جدول۱). پیش تیمار جاسمونیک اسید تاثیر مثبتی بر بنیه بذور داشت و باعث افزایش بنیه بذرهای پرایم شده (٤/۷) نسبت به شاهد (۲/۳) شد. علت افزایش شاخص بنیه بذر تحت پرایمینگ می‌تواند مربوط به حرکت ذخایر غذایی، فعالیت و سنتز مجدد بعضی آنزیم‌ها، شروع سنتز مجدد RNA و DNA و رشد سریع جنین بدنبال برطرف شدن موانع جوانه‌زنی در پرایمینگ اسمزی باشد (Basra et al., 2003).

تنش شوری منجر به کاهش بنیه بذر شد و بیشتریم مقدار آن در تیمار شاهد (٥/۰۲) بدست آمده است و با افزایش سطوح شوری این مقدار کاهش چشمگیری داشت (جدول۳). سطوح شوری ۳۰۰ و ٤۰۰ میلی‌مولار بیشترین تاثیر منفی را بر بنیه بذور داشتند، سطح شوری۲۰۰ میلی‌مولار نیز از نظر آماری اختلاف چندانی با آنها نداشت و از نظر تاثیر بر بنیه بذر در یک گروه قرار گرفتند (جدول۳). کاهش شاخص بنیه بذر با افزایش تنش شوری در تحقیق حاضر با مطالعه (Balouchi and Ahmadpour Dehkordi, 2013) مطابقت دارد.

وزن خشک گیاهچه: اثرات اصلی پیش تیمار جاسمونیک اسید و تنش شوری بر وزن خشک گیاهچه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول۱). مقایسه میانگین غلظت‌های مختلف پیش تیمار با جاسمونیک اسید نشان داد که دو سطح ۰/۱ و ۰/۰۱ موجب افزایش وزن خشک گیاهچه (۰/۷۹ گرم) نسبت به شاهد (۰/٦۳ گرم) گردید و همچنین دو سطح پیش تیمار جاسمونیک اسید اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۳). شرایط بدون تنش شوری بیشترین وزن خشک گیاهچه (۰/۹۳ گرم) را دارد و با افزایش سطوح شوری وزن خشک گیاهچه کاهش معنی‌داری داشته است (جدول۳). کمترین وزن خشک گیاهچه در شوری ٤۰۰ میلی‌مولار بدست آمد. سایر سطوح شوری نیز موجب کاهش معنی‌دار وزن خشک گیاهچه نسبت به شاهد شدند اما از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با شوری ٤۰۰ میلی‌مولار نداشتند و در یک گروه قرار گرفتند (جدول۳). کاهش رشد گیاهچه‌ها در پاسخ به افزایش تنش شوری به‌دلیل اثرات اسمزی به سبب کمبود آب، اثرات سمی یون‌ها و عدم جذب متوازن مواد غذایی لازم بوده که این حالت ممکن است جنبه‌های متابولیسم گیاه را تحت تاثیر قرار دهد (Kramer and Boyer, 1995).

نتیجه‌گیری نهایی

از نتایج به‌دست آمده در این آزمایش می‌توان نتیجه‌گیری کرد که کاهش پتانسیل آب به طور معنی‌داری بر مولفه‌های درصد و سرعت جوانه‌زنی، انرژی جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، وزن تر و خشک گیاهچه، درصد آب بافت

گیاهچه گیاه سیاه دانه تاثیرگذار بود و موجب کاهش این صفات و اختلال در جذب آب و جوانه‌زنی نرمال بذرها گردید. بنابراین مطالعه آزمایشگاهی گیاه سیاه دانه حاکی از آن است که این گیاه در مرحله جوانه‌زنی و رشد گیاهچه نسبت به سطوح بالای شوری حساس است. اما در مقابل آن پیش تیمار بذر با جاسمونیک اسید سبب بهبود تمامی صفات در شرایط تنش گردید. در نهایت استفاده از این ترکیب به‌صورت پرایمینگ بذر جهت افزایش تحمل گیاهچه‌های سیاه‌دانه به تنش شوری و با هدف افزایش درصد استقرار گیاهچه گونه دارویی سیاه‌دانه در مناطق شور در راستای کشاورزی پایدار پیشنهاد می‌گردد.

Reference

Agarwal, R.L. 1980. Seed technology. Oxford and IBH Publishing Co., New Delhi. p685.

Ashraf, M. and A. Waheed. 1990. Screening of local exotic of lentil (*Lens culinaris* Medik) for salt tolerance at two growth stage. Plant and Soil, 128: 167-176.

Bajji, M., Kient, J.M. and Lutts, S. 2002. Osmotic and ionic effects of NaCl on germination, early seedling growth and ion content of *Atriplexhalimus* (Chenopodiaceae). Can. J. Bot, 80(3): 297-304.

Balouchi, H.R. and Ahmadpour Dehkordi, S. 2013. Effect of different seed priming on germination traits in Black cumin (*Nigella sativa*) undr salinity stress. Iran. J. Plant Pro, 20(3): 1-25.

Basra, S.M., Ullah, E., Warriach, E.A., Cheema, M.A. and Afzal, I. 2003. Effect of storage on growth and yield of primed canola (*Brassica napus*) seeds, International. J. Agri and Bio, 5(2): 117-120.

Fathi Amirkhiz, K. Omidi, H. Heshmati, S. and Jafarzadeh, L. 2012. Accelerating reviews on seed vigor and germination characteristics in medicinal plant Black cumin (*Nigella sativa* L.) undr salinity stress. Iran. J. FCR, 10(2): 299-310.

Gao, X. P., Wang, X. F., Lu, Y. F., Zhang, L.Y., Shen, Y.Y., Liang, Z. and Zhang, D. P. (2004). Jasmonic acid is involved in the water-stress-induced betaine accumulation in pear leaves. Plant Cell Environ. 27:497-507.

Govahi, M., Arvin, M.J. and Saffari, G. 2008. Response of seed sermination and seedling growth of sugar beet to low-temperature by priming with PEG, acetyl salicylic acid and methyl jasmonate. Agrochimica, 4: 12- 21.

Harris, D., Raghuwenshi, B.S., Gangwar, J.S., Singh, S.C., Joshi, K. B., Rashid, A. and Hollington, P.A. 2001. Participatory evaluation by farmers of on-farm seed priming in wheat in India, Nepal and Pakistan. Experim. Agri. 37: 403-415.

Jamil, M., Bae, D.L., Yong., J.K., Ashraf, M., Chun, L.S. and Shik., R.E. 2006. Effect of salt (NaCl) stress on germination and early seedling growth of four vegetables. J. Cen Eur Agri, 7(2):273-282.

Joudi, M. and Sharifzadeh, F. 2007. Evaluation of hydropriming effect on different barley variety. Biyaban, 11(1): 99-109.

Khorramdel, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M. and Ghorbani, R. 2011. Effect of Biofertilizers on the Yield and Components of Black Cumin (*Nigella sativa* L.). Iran. J. FCR, 8(5):768-776.

Kondo, S., Jitratham, A., Kittikorn, M. and Kanlayanarat, S. 2004. Relationships between jasmonates and chilling injury in mangosteens are affected by spermine. Horticultur Sci. 39: 1346-1348.

Koo, A. J. and Howe, G.A. 2009. The wound hormone jasmonate. *Phytochemistry*, 70: 1571-1580.

Korkmaz, A., Tiryaki, I., Nas, M.N. and Ozbay, N. 2004. Inclusion of plant growth regulators into priming solution improves low-temperature germination and emergence of watermelon seeds. J. plant Sci. 1161-1167.

Korkmaz, A., Uzunlu, M. and Demirkiran, R. 2007. Acetyl salicylic acid alleviates chilling-induced damage in muskmelon seedlings. Can. J. Plant Sci, 80: 581-585.

Kramer, P.J. and Boyer, J.S. 1995. Water relation of plant and soil. Academic press. San Diego, USA. Pp: 1-495.

Maguire, J.D. 1962. Speed of germination in selection and evolution for seeding vigor. Crop Scie. 2(2): 176-177.

Maciejewska, B. and kopcewicz, J. 2002. Inhibitory effect of methyl jasmonate on flowering and elongation growth in pharbitis nil. Plant Growth Regul. 21:216-223.

Miller, T.R. and Chapman, S.R. 1978. Germination responses of three forage grasses to different concentration of six salts. J. Range Management, 31(2): 123-124.

Mopper, S., Wang, Y., Criner, C. and Hasenstein, K. 2004. *Iris hexagona* hormonal responses to salinity stress, leafminer herbivory, and phenology. Ecology, 85:38-47.

Moradi, R. and Rezvani Moghadam, P. 2010. The effect of seed priming by salicylic acid on salt stress of germination and seedling growth characteristics of *Foeniculum vulgare Mill.* Iran. J. FCR, 8(3): 489-500.

Mousavi, A. 2011. Effects of jasmonic acid and salicylic acid, phytochemical activity of *Calendula officinalis* L.Msc. Thesis. Plant med. Shahrkord Branch. Islamic Azad University. Shahrkord, Iran.

Munns, R. and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance, Annuls Reviews. Plant Bio, 59: 651-681.

Murata, N., Mohanty, P.S., Hayashi, H. and Papageorgiou, G.C. 1992. Glycine betaine stabilizes the association of extrinsic proteins with the photosynthetic oxygen-evolving complex. FEBS Letters, 296:187-189.

Musa, A.M., Harris, D., Johansen, C. and Kumar, J. 2001. Short duration chickpea to replace fallow after Aman rice: the role of on-farm seed priming in the High Barind Tract of Bangladesh. Experimental Agri, 37: 509-521.

Qiu, Z., Guo, J., Zhu, A., Zhang, L. and Zhang, M. 2014. Exogenous jasmonic acid can enhance tolerance of wheat seedlings to salt stress. Ecotoxicol Environ Saf, 104:202-208.

Rahim malek, M., Azad, Sh., Yadegary, M. and Ghasemi pirbalooti, A. 2012. Effects of jasmonic acid and salicylic acid, phytochemical activity of *Salvia officinalis* L. Iran. Plant Med, 3(2):89-94.

Rohwer, C.L. and Erwin, J.E. 2008. Horticultural applications of jasmonates: Horticultur Sci and Biotech, 83: 283-304.

Reguieg Yssaad, H.A., Latigui, A., Nouri, T. and Bessafi, L. 2012. Effect of Salt Stress and Bentonite on the Germination and Proline Content of *Vicia faba* L. Plant var. 'Semilla violeta' and 'Reine mora'. American J. Plant Physiol, 7: 212-219.

Riyazi, A., Sharifzadeh, F. and Ahmadi, A. 2007. Effects of osmopriming on seeds germination of forage millet. Iran. Research and Development. Agri and Horti, 77: 72-83.

Rubio, V., Bustos, R., Luisa, M.L. Irigoyen., X. Cardona-Lopez., Rojas-Triana, M. and Paz-Ares, J. 2009. Plant hormones and nutrient signaling. Plant Mol. Biol, 69:361–373.

Salami, M., Safarnejad, A. and Hamidi, H. 2005. Effect of salinity on morphology of *Cuminum cyminum* and *Valeriana officinalis.* Iran. ASJ, 72:77-83.

Saneoka, H., Ishiguro, S. and Moghaieb, R.E. 2001. Effect of salinity and abscisic acid on accumulation of glycinebetaine and betaine aldehydedehydrogenase mRNA in Sorghum leaves. Plant Physiol, 158: 853-859.

Sharma, A.D., Thakur, M., Rana, M. and Singh, K. 2004. Effect of plant growth hormones and abiotic stresses on germination, growth and phosphates activities in *sorghum bicolor* L. Moench seeds. African. J. Bio, 3: 308-312.

Stout, D. 1998. Rapid and synchoronus germination of Cicermilkvetch seed following diurnal temperature priming. J. Agron Crop Sci, 181(4): 263-266.

Talebi, S. and Nabavi Kalat, S.M. 2015. The Effects of Hydropriming and Osmopriming on Germination Characteristics of *Nigella sativa* L. under Salt Stress.Seed Research. Iran. J. Seed Res, 2(1):119-126.

Tobe, K., Li, M.X. and Omasa, K. 2004. Effects of five different salts on seed germination and seedling growth of Haloxylon ammodendron (Chenopodiaceae). Seed Sci Res, 14: 345-353.

Tsonev, T.D., Lazova, G.N., Stoinova, Z.G. and Popova, L.P. 1998. A possible role for jasmonic acid in adaptation of barley seedling to salinity stress. J. Plant Growth Regul, 17(3): 153-159.

Ungar,I. A. 1995. Seed germination and seed bank ecology in halophytes In Seed development and germination, (Eds, J. Kigel and G. Galili), pp: 599- 628, Marcel Dekker Inc. New York.

Wahid, A., Perveen, M., Gelani, S. and Basrab, Sh.M.A. 2007. Pretreatment of seed with H2 O2 improves salt tolerance of wheat seedlings by alleviation of oxidative damage and expression of stress proteins. J. Plant Physiol, 164: 283-294.

Wasternack, C. 2007. Jasmonates: An update on biosynthesis, signal transduction and action in plant stress response, growth and development. Annals of Botany, 26:1090-1093.

Wu, J., Wang, L. and Baldwin, I.T. 2008. Methyl jasmonate elicited herbivore resistance: does MeJA function as a signal without being hydrolyzed to JA? *Planta*, 227:1161-1168.