نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۰، شماره ۴ ، زمستان ۱۳۹۱، ص. ۷۲۵-۷۰۹

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 10, No. 4, Winter 2013, p. 709-725

بررسی تأثیر پرایمینگ با سالیسیلیک اسید و تنش خشکی بر خصوصیات جوانه‌زنی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.)

سرور خرم دل[1*]- پرویز رضوانی مقدم[2]- افسانه امین غفوری[3]- جواد شباهنگ[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۲/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۴/۲۶

چکیده

سالیسیلیک اسید یکی از تنظیم کننده‌های فرآیندهای فیزیولوژیکی است که باعث افزایش مقاومت گیاهان نسبت به تنش‌های محیطی می‌گردد. این مطالعه با هدف بررسی اثر تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی سیاهدانه و تأثیر سالیسیلیک اسید به عنوان تیمار پرایمینگ قبل از اعمال تنش خشکی به صورت آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید در ۶ سطح (صفر، ۰/۱، ۰/۵، ۱، ۲ و ۴ میلی‌مولار) و پتانسیل آب در ۵ سطح (صفر، ۵-، ۱۰-، ۱۵- و ۲۰- بار) بودند. نتایج نشان داد که اثرات ساده و متقابل پتانسیل آب و سالیسیلیک اسید روی درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه، نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه و وزن آندوسپرم مصرفی معنی‌دار بود. با کاهش پتانسیل آب روند کاهشی در درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن آندوسپرم مصرفی و روند افزایشی در مدت زمان ۵۰٪ جوانه‌زنی و متوسط زمان جوانه‌زنی مشاهده گردید. تیمار شاهد (پتانسیل آب صفر بار) با ۸۱ درصد بیشترین و تیمار پتانسیل آب ۲۰- بار با ۱۵ درصد کمترین درصد جوانه‌زنی را دارا بودند. از بین غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید، بیشترین درصد جوانه زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و وزن آندوسپرم مصرفی و کمترین مدت زمان ۵۰٪ جوانه‌زنی و متوسط زمان جوانه‌زنی در غلظت ۱ میلی‌مولار بدست آمد. در زمان عدم تنش خشکی، پیش تیمار با سالیسیلیک اسید باعث افزایش معنی‌دار صفات مورد بررسی در مقایسه با عدم پیش تیمار نشد، ولی اعمال تنش پیش تیمار باعث افزایش معنی‌دار صفات مورد بررسی شد. بنابراین، پیش تیمار بذر سیاهدانه با سالیسیلیک اسید می‌تواند در بهبود خصوصیات جوانه‌زنی این گیاه مؤثر باشد.

واژه های کلیدی: تنش خشکی، جوانه‌زنی، سالیسیلیک اسید، پرایمینگ، سیاهدانه

مقدمه

مرحله جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه اهمیت ویژه‌ای در تعیین تراکم نهایی بوته در واحد سطح دارد. گزارش‌های متعدد حاکی از آن است بذرهایی که بتوانند در مرحله جوانه‌زنی واکنش مناسبی نسبت به تنش خشکی نشان دهند، در مرحله گیاهچه‌ای رشد بهتری داشته و سیستم ریشه‌ای توسعه‌یافته‌تری را تولید می‌کنند (۲۹).

بنابراین، سرعت جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه در شرایط تنش نقش مهمی را در افزایش رشد گیاه ایفا می‌کنند. سرعت جوانه‌زنی یکی از شاخص‌های مهم ارزیابی تحمل گیاهان نسبت به خشکی می‌باشد، به طوری‌که ارقام دارای سرعت جوانه‌زنی بیشتر در شرایط تنش از شانس بیشتری برای سبزشدن برخوردارند (۸). اگرچه ممکن است در فصل کاشت میزان بارندگی زیاد باشد اما در برخی از شرایط بدلیل تبخیر رطوبت و خشک شدن لایه سطحی خاک، جوانه‌زنی و سبزشدن گیاه با مشکل روبرو می‌گردد (۳۱). این موضوع در مناطق خشک که نوسانات بارندگی زیادی داشته و احتمال اینکه در ابتدای فصل کاشت، مقدار بارندگی کم باشد و یا اینکه فاصله زمانی بین دو بارندگی طولانی گردد، از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد (۲۲).

به دلیل ناهمگون بودن خاک در مزرعه و عدم امکان کنترل عوامل محیطی در شرایط مزرعه از جمله تنش خشکی، انجام تحقیقات در زمینه تنش در شرایط آزمایشگاهی مورد توجه زیادی قرار گرفته است. از جمله این روش‌ها می‌توان به واکنش بذرها نسبت به محلول‌های حاصل از مواد اسموتیکوم نظیر پلی‌اتیلن گلایکول اشاره

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب استادیار، استاد و دانشجویان دکتری بوم شناسی زراعی گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: khorramdel@um.ac.ir)

Archive of SID
www.SID.ir

داشت (۱۲). تحقیقات زیادی نشان داده‌اند که درصد جوانه‌زنی بذرها در محلول پلی‌اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ با درصد جوانه‌زنی در خاک با همان پتانسیل تقریبا برابر بوده است (۲۱ و ۴۸) و بسیاری از آزمایش-های انجام شده روی بذر تعدادی از گیاهان دارویی نظیر اسفرزه (*Plantago ovata*) (۴۴)، رازیانه (*Foeniculum vulgare*) (۴۷) و بابونه (*Matricaria chamomilla*) (۶) در محیط پلی‌اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ به عنوان ایجاد کننده پتانسیل منفی و تنش خشکی با موفقیت انجام شده است.

پرایمینگ بذر یکی از روشهای تیمار بذر قبل از کاشت می‌باشد. استفاده از این روش باعث آبنوشی و فعال شدن فرآیندهای متابولیکی آغاز کننده جوانه‌زنی می‌گردد، ولی ظهور ریشه‌چه رخ نمی‌دهد (۱۱ و ۴۱). بررسی‌های انجام شده نشان داده است که استفاده از این روش به ویژه در شرایط نامطلوب محیطی موجب افزایش درصد، سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی و سبز شدن بذرها و گیاهچه‌ها و ظهور یکنواخت ریشه‌چه و ساقه‌چه در دامنه وسیعی از درجه حرارت می‌گردد (۱۶ و ۳۸). نتایج آزمایشات متعدد ثابت کرده است که مرحله جوانه‌زنی در اغلب گیاهان نسبت به تنش شوری و خشکی حساس است، البته برخی از بررسی‌ها نیز نشان داده‌اند که گیاهان در مرحله رویشی نسبت به این تنش‌ها از خود مقاومت نشان داده‌اند. از آنجایی که بذرهای تیمار شده دارای مقاومت بالایی نسبت به آب کشیدگی هستند لذا پرایمینگ بذر باعث بهبود کمیت و کیفیت محصول بویژه در شرایط تنش خشکی در مزرعه می‌گردد. یکی از معمولی‌ترین روش‌های پرایمینگ استفاده از پتانسیل کم آب (اسموپرایمینگ) می‌باشد. در این روش بذرها در محلول اسمزی خیس می‌شوند تا آبنوشی کنند و فرآیندهای متابولیکی‌شان فعال گردد، اما شرایط اسمزی اجازه رشد سلول را نمی‌دهد.

یکی از تنظیم‌کننده‌های رشد مورد استفاده بدین منظور سالیسیلیک اسید می‌باشد که دامنه‌ای از فرآیندهای متنوع نظیر جوانه‌زنی بذر (۱۴)، بازشدن روزنه (۳۵)، جذب یون و انتقال آن (۳۲)، نفوذپذیری غشا (۹) و سرعت رشد (۳۴) را در گیاهان تیمارشده تحت تأثیر قرار می‌دهد. نتایج تحقیقات انجام شده بر روی تعدادی از گیاهان نشان داده است که تیمار بذر با سالیسیلیک اسید همچنین باعث افزایش تحمل نسبت به تنش‌های محیطی مختلف نظیر سرمازدگی (۲۵ و ۴۴)، گرما (۴۴) و خشکی (۴۴) می‌گردد. شارما و همکاران (۴۵) بیان داشتند که تیمار اولیه بذر سویا (*Glycine max* L.) با سالیسیلیک اسید باعث گلدهی زودتر و تولید تعداد گل و غلاف بیشتر در گیاه و به تبع آن منجر به افزایش عملکرد شد. فاروق و همکاران (۲۴) اثر تیمارهای قبل از کاشت (خیساندن معمولی، خیساندن در شرایط اسمزی (۱/۱- مگاپاسکال نیترات پتاسیم به مدت ۲۴ و ۴۸ ساعت و در نتیجه مقاوم‌سازی برای ۱۸ و ۲۴ ساعت)) را بر خصوصیات جوانه‌زنی و قوه‌نامیه برنج (*Oriza sativa* L.) ارزیابی کردند. آنها بیان داشتند که اسموپرایمینگ به طور معنی‌داری سرعت جوانه‌زنی، وزن تر و خشک ریشه و ساقه و طول ساقه‌چه را تحت تأثیر قرار داد. فاروق و همکاران (۲۳) در مطالعه‌ای دیگر، با بررسی اثر پرایمینگ بذر برنج با سالیسیلیک اسید (با غلظت ۱۰ و ۲۰ پی‌پی‌ام به مدت ۴۸ ساعت) بیان داشتند که تیمار اولیه با سالیسیلیک اسید باعث افزایش قوه‌نامیه بذر در شرایط تنش خشکی شد. آنها همچنین گزارش کردند که استفاده از این روش باعث جوانه‌زنی یکنواخت و سریع بذرهای تیمار شده گردید و طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه را در شرایط تنش خشکی افزایش داد.

سیاهدانه با نام علمی *Nigella sativa* L. گیاهی دارویی، علفی و یکساله از تیره آلاله می‌باشد (۲۶). بوسکابادی و شیرمحمدی (۱۰) و د'آنتونو و همکاران (۱۵) با انجام بررسی‌هایی به منظور تعیین محدوده رشد این گیاه بیان داشتند که دامنه تحمل این گیاه نسبت به شرایط محیطی از مناطق معتدل تا سرد و نیمه خشک متفاوت می-باشد. سیاهدانه گیاهی نسبتاً مقاوم به تنش خشکی می‌باشد. از این گیاه دارویی در درمان بیماری‌های معده، سردرد، دندان‌درد، تقویت لثه و غیره استفاده می‌شود (۱۰ و ۲۶).

بطور کلی، بدلیل اهمیت زیاد پتانسیل آب در مرحله جوانه‌زنی بدلیل تأثیر بر استقرار گیاهان از جمله سیاهدانه بویژه در شرایط دیم، انجام مطالعه و بررسی در این زمینه ضروری می‌باشد. بسیاری از تحقیقات نیز نشان داده است که پیش تیمار بذر با سالیسیلیک اسید، باعث افزایش مقاومت گیاه در هنگام بروز تنش‌های مختلف و بویژه تنش خشکی می‌گردد (۲۳،۳۰و۲۰). بنابراین، این آزمایش با هدف بررسی عکس‌العمل گیاه دارویی سیاهدانه نسبت به سطوح مختلف تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی و تأثیر سالیسیلیک اسید به عنوان تیمار پرایمینگ قبل از اعمال تنش خشکی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۸۷ در آزمایشگاه تکنولوژی گیاهان ویژه دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی و با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل سالیسیلیک اسید (با جرم مولکولی $gmol^{-1}$ ۱۳۸/۱۲۳) در شش سطح (صفر، ۰/۱، ۰/۵، ۱، ۲ و ۴ میلی‌مولار) و پتانسیل آب در پنج سطح (صفر، ۵-، ۱۰-، ۱۵- و ۲۰- بار) بودند.

برای انجام آزمایش، ابتدا کلیه ظروف و سپس بذرها بطور کامل ضدعفونی شدند. به این منظور بذرها با محلول هیپوکلریت سدیم ۳ درصد به مدت ۳۰ ثانیه ضدعفونی و پس از آن چندبار با آب مقطر شستشو گردیدند. برای پیش تیمار بذر با محلول سالیسیلیک اسید، بذرها به مدت ۶ ساعت در تاریکی و در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد (۳۹) درون محلول قرار گرفتند. پس از آن بذرها تا قبل از آزمون

Archive of SID

www.SID.ir

جوانه زنی به مدت ۳۶ ساعت در دمای اتاق خشک شدند (لازم به ذکر است که برای سطح صفر میلی‌مولار سالیسیلیک اسید از بذرهای تیمار نشده استفاده شد). محلول پلی‌اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ نیز با استفاده از روش میچل و کافمن (۴۰) تهیه شد. برای ایجاد پتانسیل صفر از آب مقطر استفاده گردید. به منظور انجام آزمون جوانه‌زنی، ۲۵ بذر در هر پتری‌دیش قرار گرفت و سپس به هر پتری ۱۰ میلی‌لیتر از محلول پلی اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ با پتانسیل مربوطه افزوده شد. بطوریکه بذرها در تماس با محلول باشند (۳۱). سپس پتری دیش‌ها داخل انکوباتور با دمای ۱±۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۴۵ درصد منتقل شدند. بمنظور اجتناب از اثرات منفی تبخیر آب، میزان آب تبخیر شده با استفاده از ترازو تعیین و از طریق افزودن آب مقطر جبران گردید. بذرها به طور روزانه بازبینی و تعداد بذرهای جوانه‌زده (دارای طول ریشه‌چه ۲-۱ میلی‌متر و یا بیشتر) ثبت شد (۱۲). به منظور تعیین درصد مواد انتقال یافته از بذر به گیاهچه در ابتدا و انتهای آزمایش وزن خشک ۱۰ بذر جوانه زده اندازه‌گیری شد. در روز آخر (پس از ۲۱ روز) نیز طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن خشک آنها اندازه‌گیری گردید. بمنظور تعیین وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه، بذرها به مدت سه روز در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد درون آون قرار داده شدند. جهت تعیین سرعت جوانه‌زنی بذور در تیمارهای مختلف از روش مایگور و معادله (۱) استفاده گردید (۳۴):

$$Rs=\sum_{i=1}^{n}\frac{Si}{Di} \qquad \text{معادله (۱)}$$

که در این معادله، Rs: سرعت جوانه‌زنی (تعداد بذر جوانه زده در روز)، Si: تعداد بذرجوانه زده در هر شمارش و Di= تعداد روز تا شمارش nام می‌باشد. متوسط زمان جوانه زنی (MGT) با استفاده از معادله ۲ محاسبه گردید:

$$MGT=\sum fx/f \qquad \text{معادله (۲)}$$

که در این معادله، f: تعداد بذرهای جوانه زده در روز و x: روز شمارش بذرها می‌باشد (۱۳). جهت تعیین زمان ۵۰٪ جوانه‌زنی، تابع سیگموئیدی با استفاده از نرم‌افزار Slide Write به داده‌های جوانه-زنی برازش داده شد. محاسبات آماری و ترسیم نمودارهای مربوطه به ترتیب با استفاده از نرم‌افزارهای MINITAB-ver13 و اکسل انجام شد. جهت مقایسه میانگین‌ها از نرم‌افزار MSTAT-C و آزمون LSD ($p\leq ۰/۰۵$) استفاده شد. تجزیه واریانس داده‌هایی که به صورت درصد بودند، پس از تبدیل زاویه‌ای انجام گردید (۵).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر سطوح خشکی و غلظت‌های سالیسیلیک اسید بر درصد، سرعت، زمان ۵۰ درصد ومتوسط زمان جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه، نسبت وزن خشک (ریشه چه به ساقه‌چه) و وزن آندوسپرم مصرفی سیاهدانه

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	زمان ۵۰ درصد جوانه‌زنی	متوسط زمان جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	طول ساقه-چه	وزن خشک ریشه‌چه (R)	وزن خشک ساقه‌چه(H)	R/H	وزن آندوسپرم مصرفی
پتانسیل آب (A)	۴	۱۳۳۴۰/۲۹**	۰/۸۷۶**	۱۳/۰۲۵**	۸/۰۷۲**	۱۱۳۲۱/۱۸**	۹۴۱۱/۰۹**	۸/۰۸**	۱۷/۹۷**	۰/۰۱*	۰/۹۱**
سالیسیلیک اسید (B)	۵	۷۱/۹۴**	۲۵/۳۶۵**	۹۷/۷۰۵**	۱۱۳/۵۰۱**	۱۳۸/۵۶**	۱۵۰/۶۰**	۰/۱۰**	۰/۰۹**	۰/۰۱**	۰/۰۳**
A×B	۲۰	۷۴/۸۲**	۰/۲۶۹ns	۰/۲۷۵ns	۰/۴۷۸ns	۱۱۶/۷۰**	۱۰۳/۱۱**	۰/۰۸**	۰/۱۰**	۰/۰۲**	۰/۰۱**
خطا	۶۰	۲/۳۹	۰/۲۳۲	۰/۷۵۸	۰/۴۴۸	۹/۴۳	۷/۹۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- اثر متقابل سطوح خشکی و غلظت‌های سالیسیلیک اسید بر درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه،وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه، نسبت وزن خشک (ریشه چه به ساقه چه) و وزن آندوسپرم مصرفی سیاهدانه

	درصدجوانه‌زنی	طول ریشه‌چه(mm)	طول ساقه‌چه (mm)	وزن خشک ریشه‌چه (mg)	وزن خشک ساقه‌چه (mg)	R/H*	وزن آندوسپرم مصرفی (mg)
غلظت صفر میلی‌مولار سالیسیلیک اسید							
پتانسیل آب صفر بار	۹۷/۰۰a*	۸۶/۳۳a	۷۷/۳۳a	۲/۳۲a	۳/۵۷a	۰/۶۵bc	۰/۸۳a
پتانسیل آب ۵- بار	۷۰/۳۳gh	۶۱/۰۰ef	۵۹/۶۷c	۱/۶۴ef	۲/۵۹de	۰/۶۳bcd	۰/۵۹bcdef
پتانسیل آب ۱۰- بار	۴۶/۰۰m	۳۵/۰۰j	۳۱/۳۳f	۰/۹۴i	۱/۷۰ij	۰/۵۵cd	۰/۳۶hijk
پتانسیل آب ۱۵- بار	۲۷/۳۳q	۲۵/۳۳lm	۲۰/۶۷g	۰/۶۸lm	۱/۰۱l	۰/۶۷bc	۰/۲۵klmn
پتانسیل آب ۲۰-بار	۱۱/۰۰u	۹/۳۳n	۸/۰۰h	۰/۲۵n	۰/۴۰o	۰/۶۱bcd	۰/۰۷o
غلظت ۰/۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید							
پتانسیل آب صفر بار	۸۱/۳۳b	۶۹/۰۰cd	۶۰/۶۷c	۱/۸۵bcd	۳/۰۰b	۰/۶۲bcd	۰/۶۰bcde
پتانسیل آب ۵- بار	۷۱/۳۳fg	۶۴/۶۷de	۵۷/۰۰c	۱/۷۳de	۲/۶۳de	۰/۶۶bc	۰/۴۳fghij
پتانسیل آب ۱۰- بار	۴۸/۶۷l	۳۲/۳۳jk	۳۱/۰۰f	۰/۸۷ijk	۱/۷۹hi	۰/۴۹d	۰/۲۷jklm
پتانسیل آب ۱۵- بار	۳۰/۳p	۲۷/۳۳kl	۲۳/۳۳g	۰/۷۳jkl	۱/۱۲kl	۰/۶۵bc	۰/۲۳klmno
پتانسیل آب ۲۰-بار	۱۴/۰۰st	۱۲/۰۰n	۱۱/۰۰h	۰/۳۲n	۰/۵۹no	۰/۶۲bcd	۰/۱۲mno
غلظت ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید							
پتانسیل آب صفر بار	۸۱/۰۰b	۷۳/۰۰bc	۶۶/۰۰b	۱/۹۶bc	۲/۹۸b	۰/۶۶bc	۰/۶۳bcde
پتانسیل آب ۵- بار	۷۱/۰۰fg	۶۱/۶۷ef	۵۹/۰۰c	۱/۶۵ef	۲/۶۲de	۰/۶۳bcd	۰/۵۴cdefg
پتانسیل آب ۱۰- بار	۴۹/۶۷kl	۵۲/۰۰h	۴۷/۰۰d	۱/۴۰g	۱/۸۴hi	۰/۷۶b	۰/۴۷efghi
پتانسیل آب ۱۵- بار	۳۲/۰۰op	۲۶/۳۳l	۲۰/۳۳g	۰/۷۱klm	۱/۱۸k	۰/۶۰bcd	۰/۲۳klmno
پتانسیل آب ۲۰-بار	۱۶/۰۰s	۱۲/۰۰n	۹/۶۷h	۰/۳۲n	۰/۵۹mn	۰/۵۵cd	۰/۰۹no
غلظت ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید							
پتانسیل آب صفر بار	۷۷/۶۷c	۶۵/۰۰de	۵۹/۰۰c	۱/۷۴de	۲/۸۶bc	۰/۶۱bcd	۰/۵۷bcdefg
پتانسیل آب ۵- بار	۷۳/۳۳ef	۷۳/۶۷bc	۶۹/۰۰b	۱/۹۷bc	۲/۷۰cd	۰/۷۳b	۰/۷۲ab
پتانسیل آب ۱۰- بار	۵۷/۶۷i	۵۱/۶۷h	۴۸/۳۳d	۱/۳۹g	۲/۱۳f	۰/۶۵bc	۰/۵۴cdefg
پتانسیل آب ۱۵- بار	۴۲/۰۰n	۳۱/۶۷jk	۲۸/۰۰f	۰/۸۵ijk	۱/۵۴j	۰/۵۵cd	۰/۳۰jkl
پتانسیل آب ۲۰-بار	۲۰/۳۳r	۲۱/۰۰m	۱۹/۳۳g	۰/۵۶m	۰/۷۵m	۰/۷۶b	۰/۱۷lmno

*R/H- نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه می‌باشد.

-*میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، از نظر آماری براساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ($p\leq ۰/۰۵$) ندارند.

www.SID.ir

ادامه جدول ۲- اثر متقابل سطوح خشکی و غلظت‌های سالیسیلیک اسید بر درصدجوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه، نسبت وزن خشک (ریشه چه به ساقه چه) و وزن آندوسپرم مصرفی سیاهدانه

غلظت ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید							
پتانسیل آب صفر بار	۷۶/۳۳cd	۷۴/۶۷b	۶۹/۰۰b	۲/۰۱b	۲/۸۱c	۰/۷۱bc	۰/۷۳abc
پتانسیل آب ۵- بار	۷۱/۰۰fg	۶۸/۶۷cd	۶۰/۰۰c	۱/۸۴cd	۲/۶۲de	۰/۷۰bc	۰/۵۸bcdefg
پتانسیل آب ۱۰- بار	۵۵/۰۰j	۵۳/۰۰gh	۴۸/۳۳d	۱/۴۲g	۲/۰۳fg	۰/۷۰bc	۰/۵۲defgh
پتانسیل آب ۱۵- بار	۳۳/۶۷o	۳۳/۳۳j	۲۸/۶۷f	۰/۸۹ij	۱/۲۳k	۰/۷۲b	۰/۳۳ijkl
پتانسیل آب ۲۰-بار	۱۵/۳۳s	۱۳/۶۷n	۱۲/۰۰h	۰/۳۷n	۰/۵۷n	۰/۶۵bc	۰/۱۳mno
غلظت ٤ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید							
پتانسیل آب صفر بار	۷۴/۰۰de	۷۵/۰۰b	۶۶/۳۳b	۲/۰۱b	۲/۷۳cd	۰/۷۴b	۰/۶۷abcd
پتانسیل آب ۵- بار	۶۸/۳۳h	۵۷/۳۳fg	۴۸/۶۷d	۱/۵۴fg	۲/۵۱e	۰/۶۱bcd	۰/۵۶bcdefg
پتانسیل آب ۱۰- بار	۵۱/۳۳k	۴۵/۰۰i	۳۷/۳۳e	۱/۲۱h	۱/۸۹gh	۰/۶۴bcd	۰/۴۲ghij
پتانسیل آب ۱۵- بار	۳۲/۰۰op	۳۲/۳۳jk	۲۸/۶۷f	۰/۸۷ijk	۱/۱۸k	۰/۷۴b	۰/۳۱ijkl
پتانسیل آب ۲۰-بار	۱۲/۳۳tu	۸/۶۷n	۹/۰۰h	۰/۳۳n	۰/۴۶no	۰/۵۱a	۰/۰۸o

R/H نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه می‌باشد.

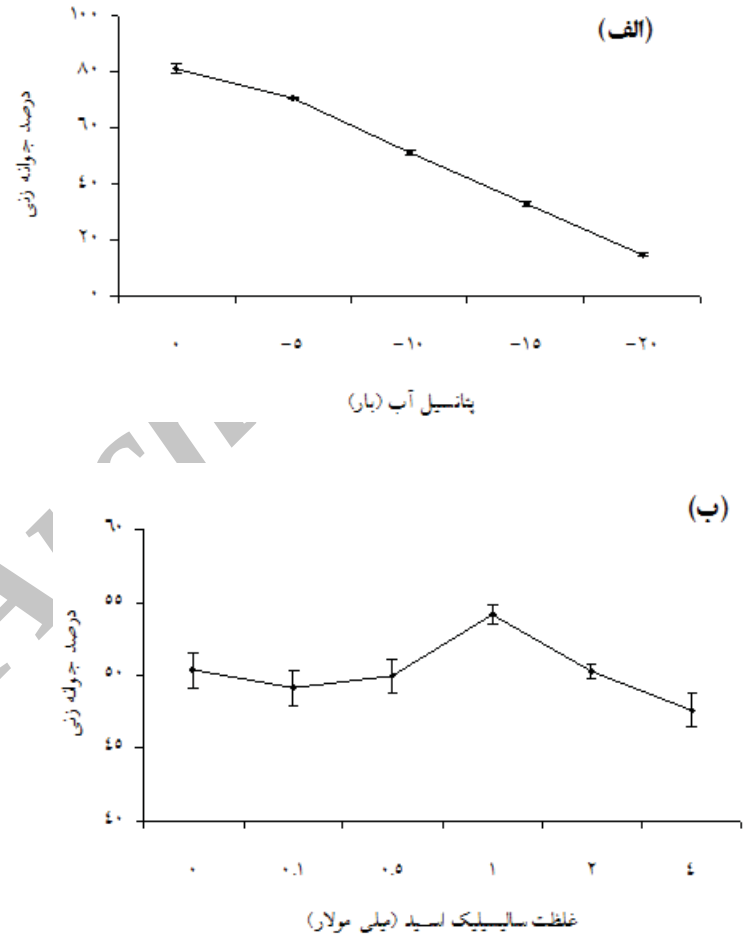
* میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، از نظر آماری براساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ($p\leq ۰/۰۵$) ندارند.

www.SID.ir

نتایج و بحث

اثر پتانسیل آب بر درصد، سرعت، زمان ۵۰ درصد و متوسط زمان جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه، وزن آندوسپرم مصرفی با احتمال یک درصد و بر نسبت وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه با احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. اثر غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید بر کلیه صفات مورد بررسی معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۱$) بود. اثر متقابل پتانسیل آب و غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید بر درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه، نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه و وزن آندوسپرم مصرفی معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۱$) بود (جدول ۱).

درصد جوانه‌زنی: پتانسیل آب صفر بار با ۸۱ ٪ بیشترین و پتانسیل آب ۲۰- بار با ۱۵ ٪ کمترین درصد جوانه‌زنی را دارا بودند (شکل ۱-الف). بطور کلی با کاهش پتانسیل آب روند کاهشی در درصد جوانه‌زنی مشاهده گردید. چنین به نظر می‌رسد که کاهش جذب آب، بوسیله بذر در اثر اعمال پتانسیل‌های آب منجر به کاهش درصد جوانه‌زنی بذر سیاهدانه گردید. برخی از محققین نیز واکنش متفاوت گیاهان نسبت به تنش خشکی را به عوامل مختلفی از جمله جذب کمتر آب توسط بذر نسبت داده‌اند (۱۶). بنابراین، کاهش جذب آب توسط بذر در اثر تنش خشکی می‌تواند منجر به کاهش فرآیندهای فیزیولوژیکی و متابولیکی بذر شده و در نتیجه مواد مورد نیاز برای رشد بذر را با مشکل روبرو کند.



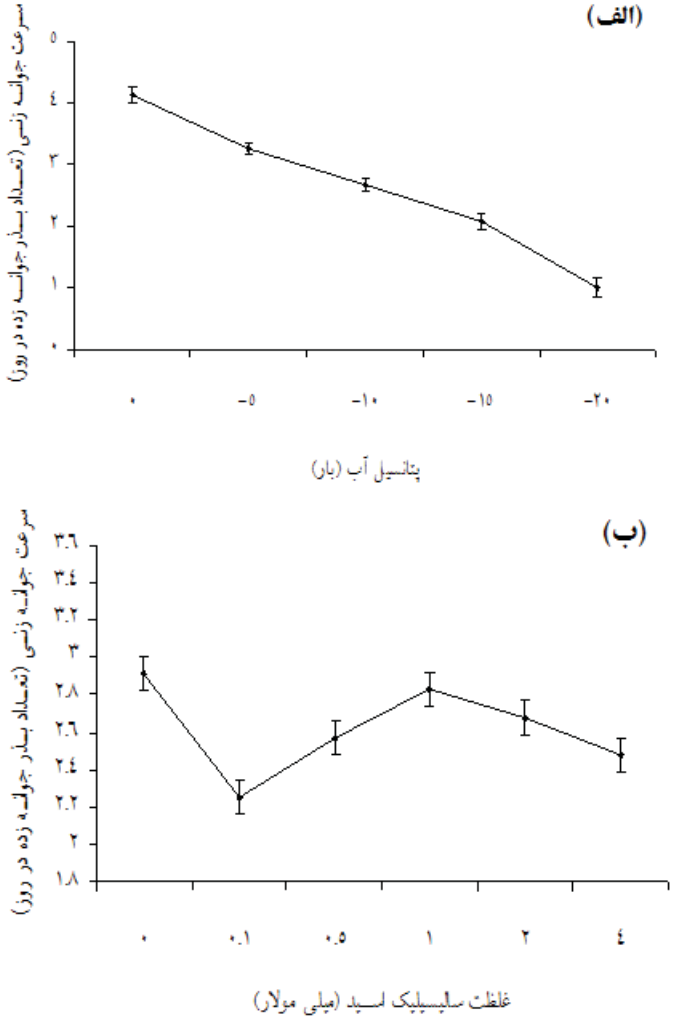
شکل ۱- اثر (الف) سطوح تنش خشکی و (ب) غلظت‌های سالیسیلیک اسید بر درصد جوانه‌زنی سیاهدانه

www.SID.ir

بیشترین و کمترین درصد جوانه‌زنی به ترتیب در تیمار ۱ میلی‌مولار و ۴ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید با ۵۴ درصد و ۴۸ درصد مشاهده گردید (شکل ۱-ب). با افزایش غلظت سالیسیلیک اسید از ۰/۱ میلی‌مولار تا ۱ میلی‌مولار درصد جوانه‌زنی افزایش یافت و بعد از آن افزایش غلظت سالیسیلیک اسید منجر به کاهش درصد جوانه‌زنی سیاهدانه شد. مظاهری و کلانتری (۴) با بررسی غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید بر جوانه‌زنی کلزا (*Brassica napus* L.) گزارش کردند که تیمار بذر با غلظت‌های سالیسیلیک اسید بالاتر از ۱ میلی‌مولار باعث کاهش درصد جوانه‌زنی شد، ولی غلظت‌های کمتر از ۱ میلی‌مولار منجر به افزایش بذرهای جوانه‌زده و در نتیجه افزایش درصد جوانه‌زنی گردید. از آنجا که سالیسیلیک اسید، یکی از تنظیم-کننده‌های رشد گیاهان می‌باشد، احتمالاً بهمین دلیل این هورمون تأثیر ات متفاوتی را در غلظت‌های مختلف نشان می‌دهد.

بیشترین و کمترین درصد جوانه‌زنی سیاهدانه به ترتیب در تیمار پتانسیل صفر بار و صفر میلی‌مولار سالیسیلیک اسید (۹۷ ٪) و پتانسیل ۲۰- بار و صفر میلی‌مولار سالیسیلیک اسید (۱۱ ٪) مشاهده شد (جدول ۲). التایب (۲۰) گزارش کرد که اسموپرایمینگ بذر جو (*Hordeum vulgare* L.) قبل از کاشت با سالیسیلیک اسید باعث افزایش درصد جوانه‌زنی شد.

سرعت جوانه‌زنی: با کاهش پتانسیل آب از صفر به ۲۰- بار سرعت جوانه‌زنی بطور چشمگیری کاهش یافت. بیشترین سرعت جوانه‌زنی (۴/۱ بذر جوانه‌زده در روز) برای شرایط عدم تنش و کمترین آن (۱/۰ بذر جوانه‌زده در روز) برای پتانسیل ۲۰- بار مشاهده شد (شکل ۲- الف).



شکل ۲ - اثر (الف) سطوح تنش خشکی و (ب) غلظت‌های سالیسیلیک اسید بر سرعت جوانه‌زنی سیاهدانه

www.SID.ir

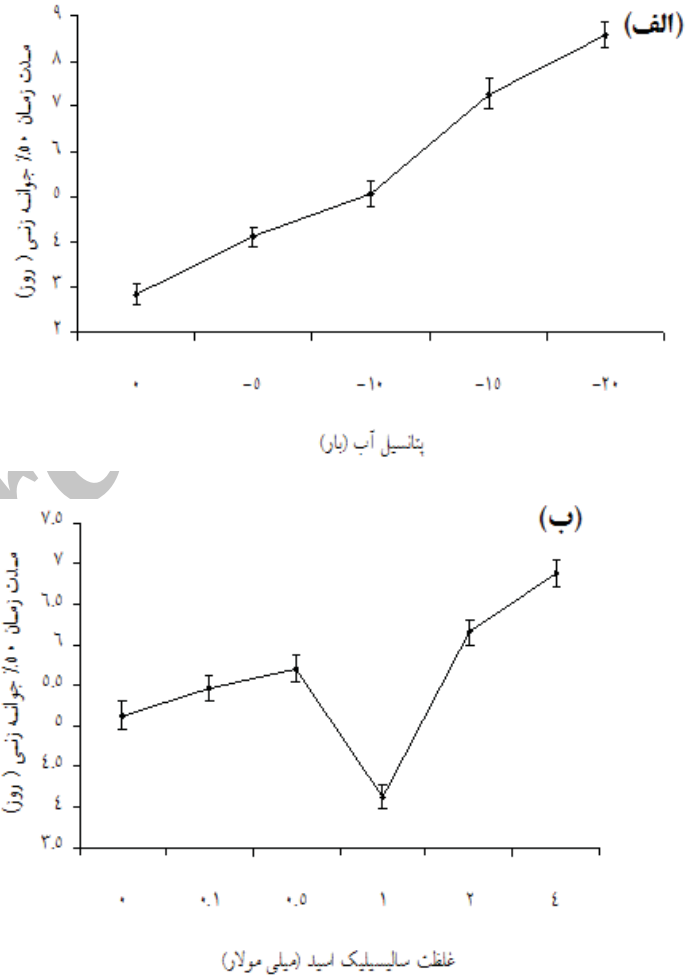
بسیاری از آزمایشات نیز کاهش سرعت جوانه زنی را در اثر اعمال تنش خشکی گزارش کرده‌اند (۳). تنش خشکی باعث کاهش جذب آب و در نتیجه کاهش ترشح هورمون‌ها و آنزیم‌های مؤثر در جوانه-زنی شده که در نهایت، کاهش سرعت جوانه‌زنی را بدنبال دارد.

غلظت صفر میلی‌مولار و ۰/۱ میلی‌مولار به ترتیب با ۲/۹ و ۲/۲ بذر جوانه‌زده در روز بیشترین و کمترین سرعت جوانه‌زنی را دارا بودند (شکل ۲-ب). فاروق و همکاران (۲۴) گزارش کردند که سالیسیلیک اسید در شرایط اعمال تنش خشکی باعث بهبود معنی‌دار سرعت جوانه‌زنی برنج شد.

غلظت صفر میلی‌مولار سالیسیلیک اسید در شرایط عدم تنش و پتانسیل ۲۰- بار و غلظت ۰/۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید به ترتیب با ۵/۱ و ۰/۵ بذر جوانه زده در روز بیشترین و کمترین سرعت جوانه-زنی را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). چنین بنظر می‌رسد که اختلال در جذب آب بدلیل اعمال تنش خشکی، باعث کاهش جذب آب و انتقال مواد غذایی از لپه‌ها شده که در نهایت منجر به کاهش سرعت جوانه‌زنی می‌گردد.

مدت زمان ۵۰ درصد جوانه‌زنی: با کاهش پتانسیل آب از صفر به ۲۰- بار مدت زمان ۵۰ درصد جوانه‌زنی افزایش یافت، به گونه‌ای که از ۲/۳ به ۸/۶ روز (افزایش ۶۷ درصدی) رسید (شکل ۳-الف). غلظت‌های ۱ و ۴ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید به ترتیب با ۴/۱ و ۶/۹ روز بیشترین و کمترین مدت زمان ۵۰ درصد جوانه‌زنی را دارا بودند (شکل ۳-ب).

غلظت ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید در شرایط عدم تنش و پتانسیل ۲۰- بار و غلظت ۴ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید با ۱/۷ و ۱۰/۰ روز به ترتیب بیشترین و کمترین مدت زمان ۵۰ درصد جوانه‌زنی را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). چنین به نظر می رسد که اختلال در جذب آب بدلیل اعمال تنش خشکی و در نتیجه کاهش جذب آب، کاهش درصد جوانه زنی و در نتیجه افزایش مدت زمان ۵۰ درصد جوانه زنی بذرهای سیاهدانه را موجب شده است.



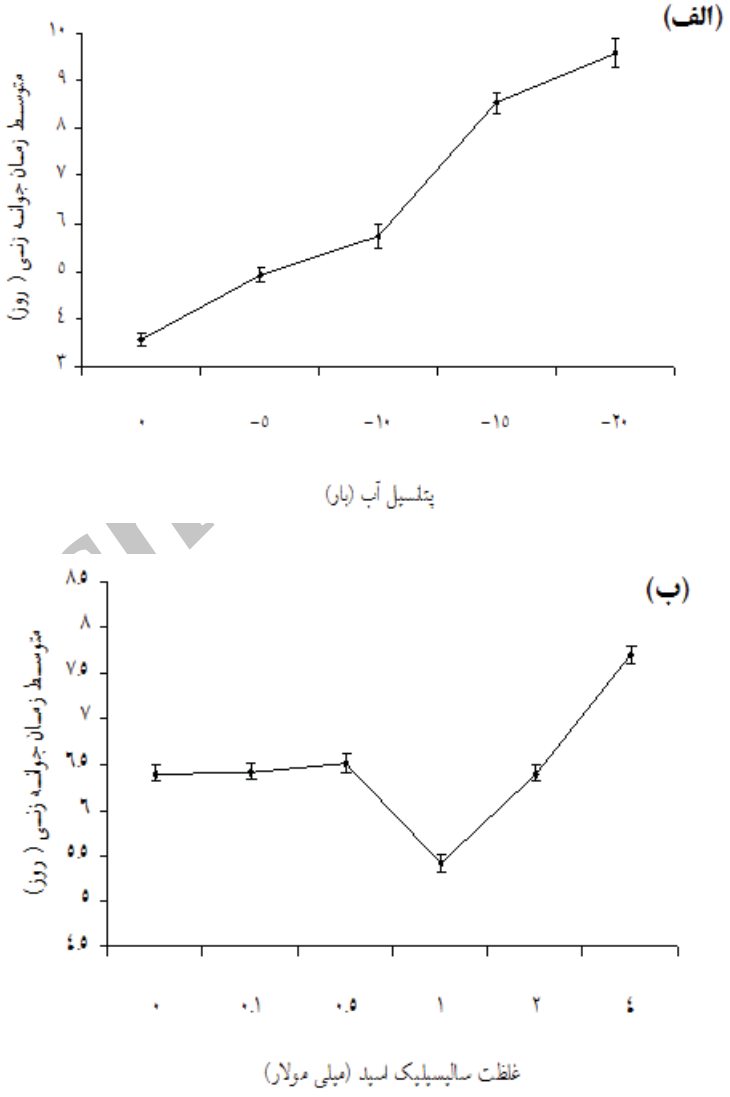
شکل۳ - اثر (الف) سطوح تنش خشکی و (ب) غلظت‌های سالیسیلیک اسید بر مدت زمان ۵۰ درصد جوانه‌زنی سیاهدانه

www.SID.ir

متوسط زمان جوانه‌زنی: با کاهش پتانسیل آب از صفر به ۲۰- بار ۶۳ درصد افزایش در متوسط زمان جوانه‌زنی مشاهده گردید (شکل ۴-الف). همانگونه که بیان شد، اعمال تنش خشکی بدلیل اختلال در فعالیت آنزیم‌ها و هورمون‌های مؤثر در رشد بذر باعث کاهش سرعت جوانه‌زنی شد و به تبع آن متوسط زمان جوانه‌زنی افزایش یافت. احمد و همکاران (۷) با بررسی عکس العمل تعدادی از لاین‌های آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) نسبت به تنش خشکی بیان کردند که با افزایش پتانسیل اسمزی، متوسط زمان جوانه‌زنی افزایش یافت.

غلظت‌های ۴ و ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید با ۷/۷ و ۵/۴ روز به ترتیب بیشترین و کمترین متوسط زمان جوانه‌زنی را دارا بودند (شکل ۴-ب).

غلظت صفر میلی‌مولار سالیسیلیک اسید در شرایط عدم تنش و پتانسیل ۲۰ بار و غلظت ۴ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید با ۳/۰ و ۱۱/۲ روز به ترتیب بیشترین و کمترین متوسط زمان جوانه‌زنی را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). با افزایش پتانسیل آب ناشی از افزایش فشار اسمزی، سرعت جذب آب بوسیله بذر کاهش یافته که این امر منجر به کاهش فعالیت آنزیم‌ها و هورمون‌های رشد شده و این امر کاهش سرعت جوانه‌زنی و افزایش متوسط زمان جوانه‌زنی را بدنبال دارد.



شکل ٤ – اثر (الف) سطوح تنش خشکی و (ب) غلظت‌های سالیسیلیک اسید بر متوسط زمان جوانه‌زنی سیاهدانه

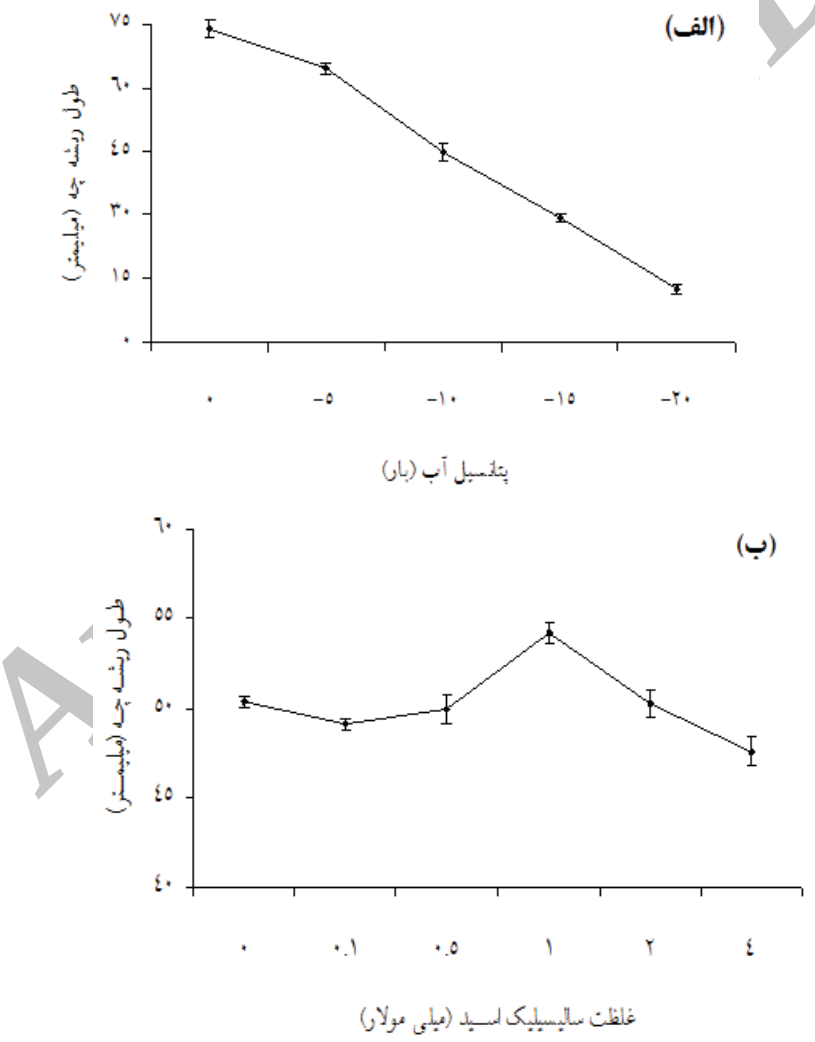
www.SID.ir

برخی از محققین نیز افزایش متوسط زمان جوانه‌زنی را در اثر اعمال تنش گزارش کردند (۴۳ و ۷).

طول ریشه‌چه: با کاهش پتانسیل آب از صفر به ۲۰- بار طول ریشه‌چه بطور چشمگیری کاهش یافت. بیشترین طول ریشه‌چه برای شرایط عدم تنش و کمترین آن برای پتانسیل ۲۰- بار بود. به طوری که طول ریشه‌چه از ۷۴ میلی‌متر در پتانسیل صفر به ۱۳ میلی‌متر در پتانسیل ۲۰- بار رسید (کاهش ۸۲ درصدی) (شکل ۵-الف). بسیاری از آزمایشات نیز کاهش طول ریشه‌چه را در اثر اعمال تنش خشکی گزارش کرده‌اند (۳). اعمال پتانسیل آب و در نتیجه بروز تنش خشکی باعث کاهش جذب آب بوسیله بذر شده که این امر باعث اختلال در ترشح هورمون‌ها و فعالیت آنزیم‌های مؤثر در جوانه‌زنی و رشد بذر شده که در نهایت منجر به کاهش طول ریشه‌چه می‌گردد.

غلظت ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیک با ۵۴ میلی‌متر بیشترین و غلظت ۴ میلی‌مولار اسید سالیسیک با ۴۸ میلی‌متر کمترین طول ریشه‌چه را به خود اختصاص دادند (شکل ۵-ب). فاروق و همکاران (۲۴) نیز افزایش طول ریشه‌چه برنج را در شرایط پیش تیمار با سالیسیلیک اسید گزارش کردند.

بیشترین و کمترین طول ریشه‌چه به ترتیب در تیمار پتانسیل صفر بار و صفر میلی‌مولار سالیسیلیک اسید (۸۶ میلی‌متر) و پتانسیل ۲۰- بار و صفر میلی‌مولار سالیسیلیک اسید (۹ میلی‌متر) مشاهده گردید (جدول ۲).



شکل ۵- اثر (الف) سطوح تنش خشکی و (ب) غلظت‌های سالیسیلیک اسید بر طول ریشه‌چه سیاهدانه

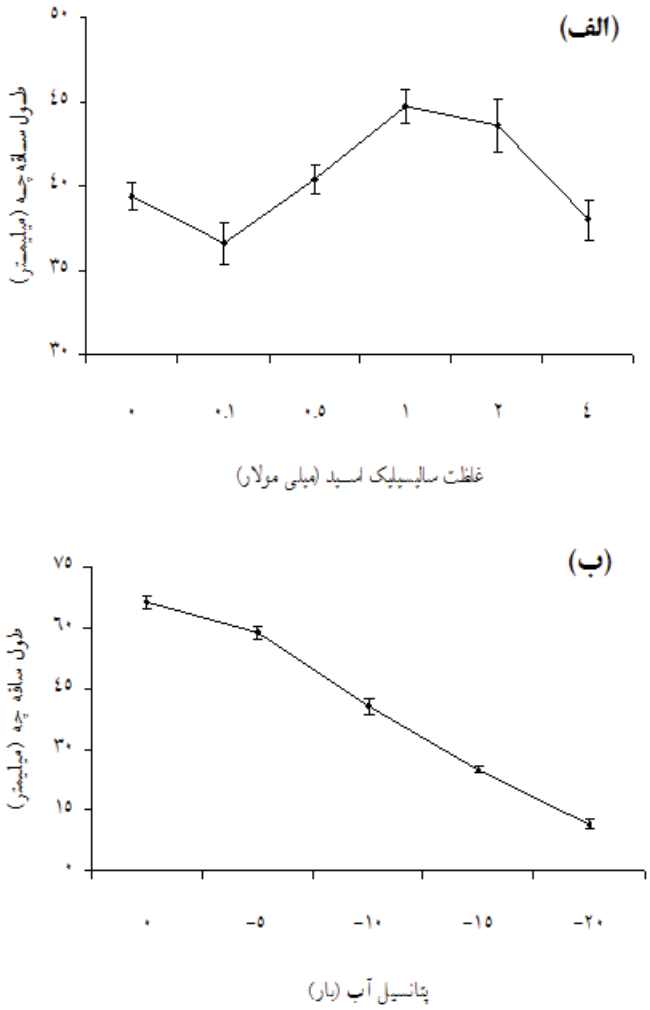
www.SID.ir

هنان (۳۰) بیان داشت کـه پـیش تیمـار بـذر گنـدم (*Triticum aestivum* L.) و جو با سالیسیلیک اسـید بـدلیل بهبـود خـصوصیات جوانه‌زنی منجر به افزایش طول ریشه‌چه گردید. بررسـی‌هـای انجـام شده نشان داده است که یکی از دلایـل افـزایش طـول ریـشه‌چـه در شرایط تنش جذب بیشتر آب برای جوانه‌زنی و مقابله با کمبود رطوبت است، که این امر منجر به بهبود فعالیـت‌هـای متـابولیکی بـذر بـرای فرآیند جوانه‌زنی می‌گردد (۳۷ و ۱۹). از دیگر عوامل مؤثر در نوسـانات طول ریشه‌چه می‌توان به تفاوت در تجمع ماده خشک در بافـت‌هـای ذخیره‌ای ریشه‌چه و ساقه‌چه اشاره کرد (۱۹).

طول ساقه‌چه: با افزایش تنش خشکی طول ساقه‌چـه کـاهش یافت، به طوریکه با کاهش پتانسیل آب از صفر بـه ۲۰- بـار کـاهش ۸۲/۷ درصدی در طول ساقه‌چه ایجاد شد. بیشترین طول ساقه‌چـه در پتانسیل صفر بار با ۶۶ میلی‌متر و کمترین آن در پتانسیل ۲۰- بـار بـا ۱۱ میلی‌متر مشاهده گردید (شکل ۶- الف). نتایج برخی آزمایشات نیز کاهش طول ساقه‌چه را به دلیل اختلال در فعالیت‌های مـؤثر در رشـد بذر و همچنین کاهش سرعت جوانه‌زنی در اثر اعمال پتانسیل اسمزی نشان داده است (۳).

غلظت ۱ میلی‌مولار و ۰/۱ میلی‌مولار به ترتیب با طول ساقه‌چـه ۴۵ میلی‌متر و ۳۷ میلی‌متر بلندترین و کوتاهترین طول ساقه‌چه را دارا بودند (شکل ۶- ب). آزمایـشات مختلـف (۴، ۲۰، ۲۴ و ۳۰) افـزایش طول ساقه‌چه را در شرایط پیش تیمار بذر با سالیسیلیک اسید گـزارش کرده‌اند.

غلظت صفر میلی‌مولار سالیسیلیک اسید در شرایط عـدم تـنش و پتانسیل ۲۰- بار و غلظت صفر میلی‌مولار سالیسیلیک اسید با ۷۷ و ۸ میلی‌متر به ترتیب بیـشترین و کمتـرین طـول سـاقه‌چـه را بـه خـود اختصاص دادند (جدول ۲).

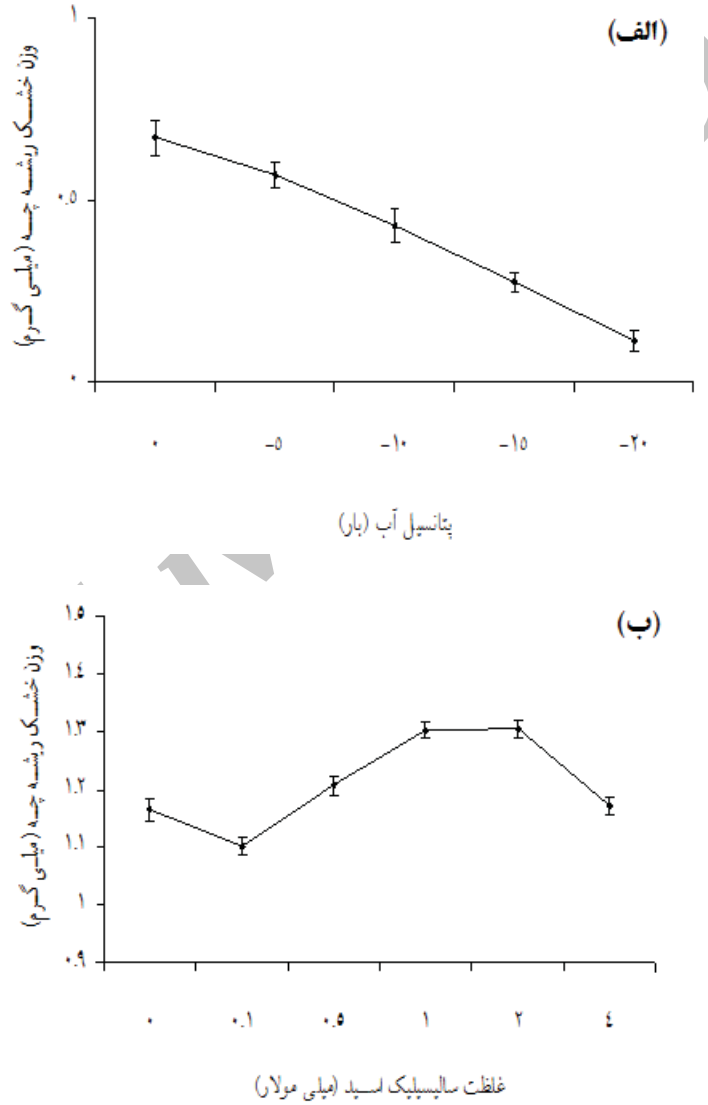


شکل ٦- اثر (الف) سطوح تنش خشکی و (ب) غلظت‌های سالیسیلیک اسید بر طول ساقه‌چه سیاهدانه

www.SID.ir

شکاری و همکاران (۲) بیان داشتند که طول ساقه‌چه در مقایسه با سایر صفات، از حساسیت بیشتری نسبت به تنش خشکی برخوردار است. بنابراین چنین بنظر می‌رسد که اختلال در جذب آب بدلیل اعمال تنش خشکی، باعث کاهش و یا عدم انتقال مواد غذایی از لپه‌ها شده که در نهایت، منجر به کاهش رشد ساقه‌چه می‌شود. علاوه بر آن، کاهش جذب آب توسط بذر به دلیل کاهش ترشح هورمون‌های مؤثر در تنظیم رشد و نمو گیاهچه باعث اختلال در رشد و در نتیجه کاهش طول ساقه‌چه می‌گردد (۳).

وزن خشک ریشه‌چه: با کاهش پتانسیل آب، وزن خشک ریشه‌چه به میزان زیادی کاهش یافت، به گونه‌ای که در شرایط عدم تنش ۲ میلی‌گرم و در پتانسیل ۲۰- بار، ۰/۳ میلی‌گرم بود. بدین ترتیب با کاهش پتانسیل آب از صفر به ۲۰- بار، کاهش ۸۵ درصدی در وزن خشک ریشه‌چه سیاهدانه مشاهده گردید (شکل ۷- الف). نتایج آزمایش کافی و همکاران (۳) نیز کاهش وزن خشک ریشه‌چه عدس (*Lens culinaris* Medik.) را در اثر اعمال تنش خشکی نشان داد.



شکل ۷- اثر (الف) سطوح تنش خشکی و (ب) غلظت‌های سالیسیلیک اسید بر وزن خشک ریشه‌چه سیاهدانه

www.SID.ir

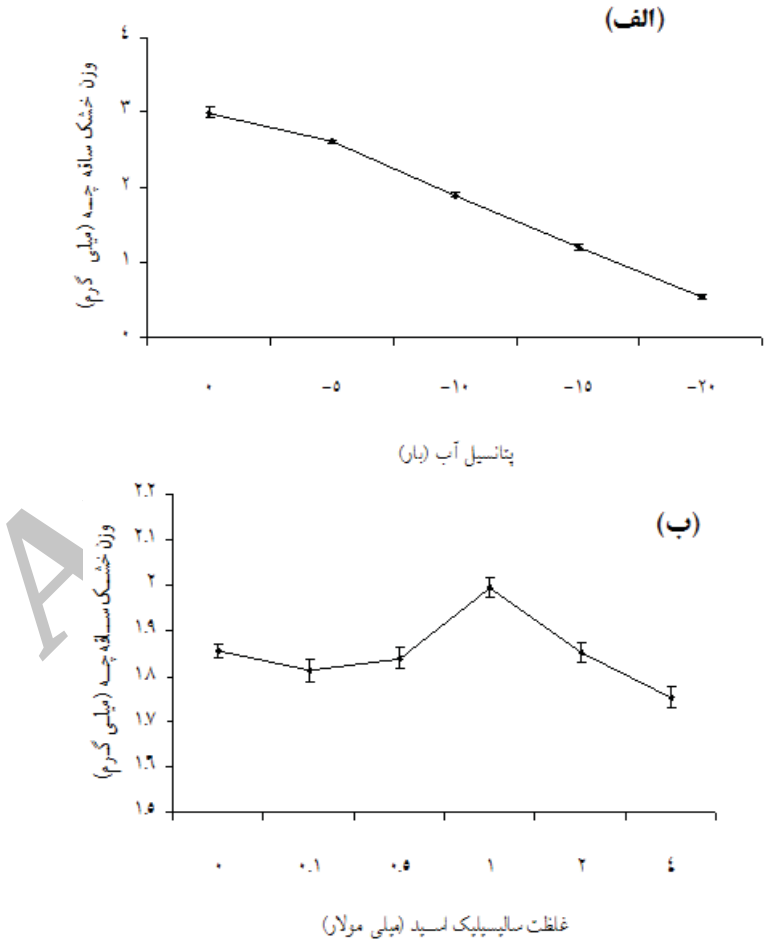
غلظت‌های ۱ و ۲ میلی‌مولار با ۱/۳ میلی‌گرم بیشترین و غلظت ۰/۱ میلی‌مولار با ۱/۱ میلی‌گرم کمترین وزن خشک ریشه‌چه را به خود اختصاص دادند (شکل ۷-ب). التایب (۲۰) و هنان (۳۰) نیز افزایش وزن خشک ریشه‌چه را شرایط پیش تیمار با سالیسیلیک اسید گزارش کردند.

با کاهش پتانسیل آب از صفر به ۲۰- بار، بذرهای تیمار شده با غلظت ۱ میلی‌مولار، حساسیت کمتری را به کاهش پتانسیل آب از خود نشان دادند. بطوریکه بیشترین و کمترین وزن خشک ریشه‌چه به ترتیب در شرایط عدم تنش و غلظت صفر میلی‌مولار سالیسیلیک اسید با ۳/۳ میلی‌متر و پتانسیل ۲۰- بار و غلظت ۴ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید با ۰/۲ میلی‌متر مشاهده گردید (جدول ۲). مشابه نتایج این آزمایش، توسط سایر محققین روی گیاهان مختلف نیز گزارش شده است (۳، ۱۸ و ۲۷).

وزن خشک ساقه‌چه: با کاهش پتانسیل آب از صفر به ۲۰- بار وزن خشک ساقه‌چه کاهش یافت، بگونه‌ای که از ۳ به ۰/۵ میلی‌گرم (کاهش ۸۳ درصدی) رسید (شکل ۸-الف). کافی و همکاران (۳) نیز کاهش طول ساقه‌چه عدس را در شرایط اعمال تنش خشکی گزارش کردند.

غلظت‌های ۱ و ۴ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید با ۲ و ۱/۷ گرم به ترتیب بیشترین و کمترین وزن خشک ساقه‌چه را دارا بودند (شکل ۸-ب). نتایج برخی از آزمایشات نیز افزایش وزن خشک ساقه‌چه را در شرایط پیش تیمار با سالیسیلیک اسید اثبات کرده است (۴، ۲۰، ۲۴ و ۳۰). البته همانگونه که بیان شد، این ماده در غلظت‌های مختلف تأثیر ات متفاوتی را بر رشد بذر دارد.

غلظت صفر میلی‌مولار سالیسیلیک اسید در شرایط عدم تنش و پتانسیل ۲۰- بار و غلظت صفر میلی‌مولار سالیسیلیک اسید با ۳/۶ و ۰/۴ میلی‌گرم به ترتیب بیشترین و کمترین وزن خشک ساقه‌چه را به خود اختصاص دادند (جدول ۲).



شکل ۸- اثر (الف) سطوح تنش خشکی و (ب) غلظت‌های سالیسیلیک اسید بر وزن خشک ساقه‌چه سیاهدانه

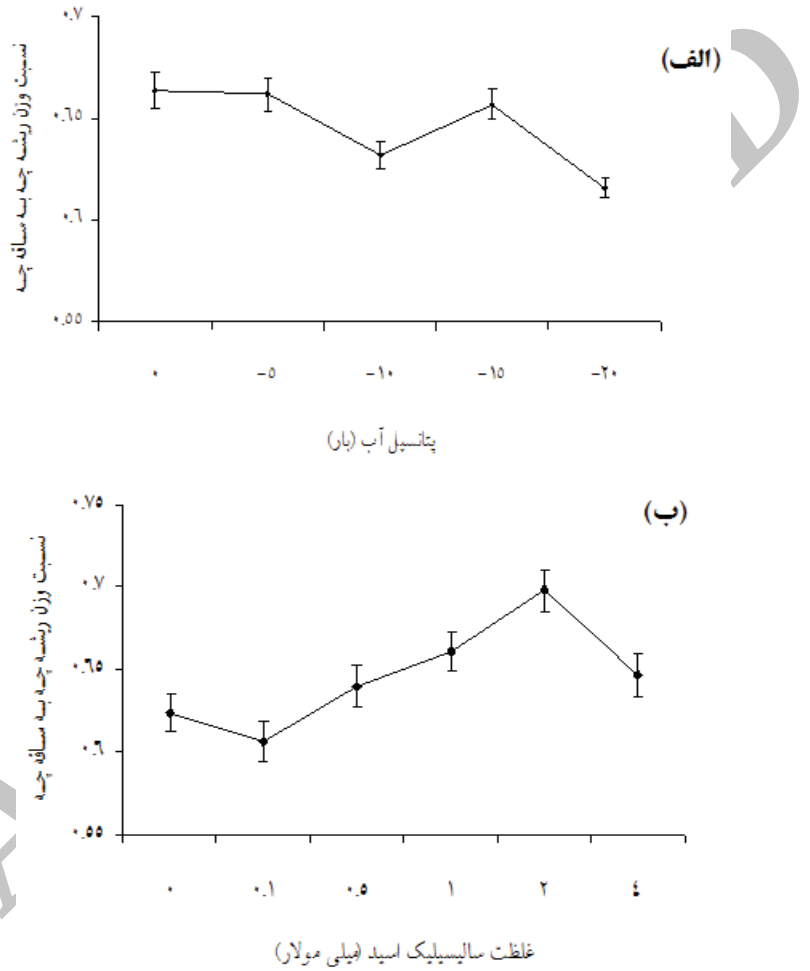
www.SID.ir

بنظر می‌رسد که یکی از دلایل کاهش وزن ساقه‌چه در پتانسیل-های آب پایین، تحرک کم مواد غذایی و انتقال کمتر آنها از لپه‌ها به محور جنینی باشد. بنابراین، عواملی که سرعت رشد محور جنینی را تحت تأثیر قرار می‌دهند، می‌توانند بر تحرک مواد غذایی و انتقال آنها از لپه به محور جنینی نیز تأثیر بگذارند. بدین ترتیب بین میزان تجمع ماده خشک و رشد ساقه‌چه گیاهان متحمل به تنش‌های مختلف از جمله خشکی، رابطه مستقیمی گزارش شده است (۴۱).

نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه: با کاهش پتانسیل آب از صفر به ۲۰- بار ۷ درصد کاهش در این نسبت مشاهده گردید (شکل ۹- الف).

غلظت‌های ۲ و ۰/۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید با ۰/۶ و ۰/۷ گرم به ترتیب بیشترین و کمترین نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه را دارا بودند (شکل ۹-ب).

غلظت ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید در پتانسیل ۱۰- بار و پتانسیل ۱۰- بار و غلظت ۰/۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید با ۰/۵ و ۰/۸ به ترتیب بیشترین و کمترین نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه را به خود اختصاص دادند (جدول ۲).



شکل ۹- اثر (الف) سطوح تنش خشکی و (ب) غلظت‌های سالیسیلیک اسید بر نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه سیاهدانه

وزن آندوسپرم مصرفی: با کاهش پتانسیل آب از صفر به ۲۰- بار میزان آندوسپرم مصرفی کاهش یافت. بیشترین مصرف آندوسپرم به دلیل وجود شرایط بهتر برای رشد، در شرایط عدم تنش و کمترین آن در پتانسیل ۲۰- بار مشاهده گردید (شکل ۱۰-الف). افزایش میزان آندوسپرم مصرفی در شرایط عدم تنش در مقایسه با پتانسیل‌های بالاتر را می‌توان به جذب بهتر آب بوسیله بذر، بهبود فرآیندهای فیزیولوژیکی، فعال شدن آنزیم‌های مؤثر در رشد گیاهچه و در نتیجه افزایش رشد گیاهچه و میزان آندوسپرم مصرفی نسبت داد.

غلظت‌های ۱ و ۲ میلی‌مولار با ۰/۴۶ میلی‌گرم بیشترین و غلظت

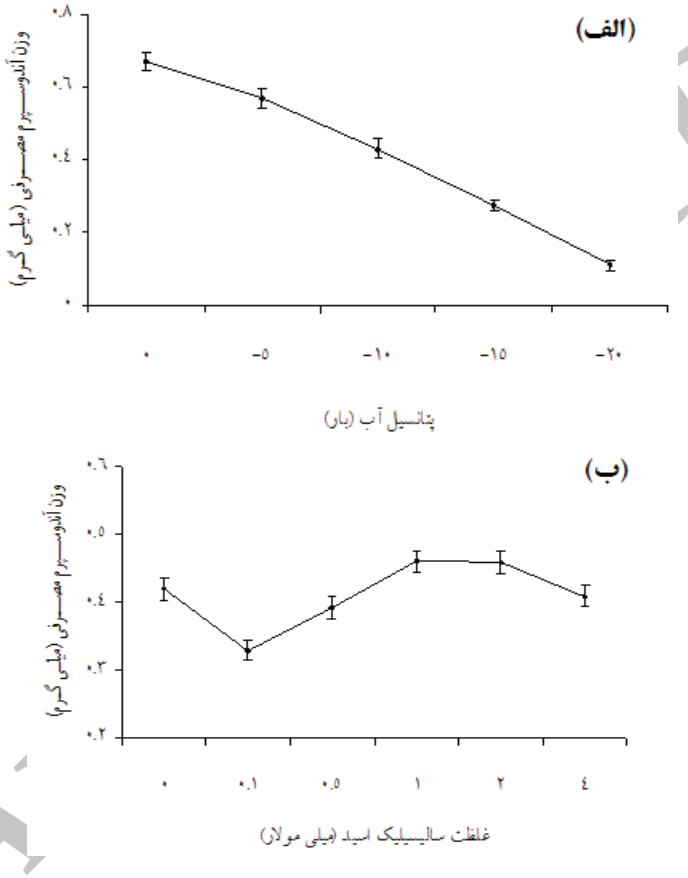
www.SID.ir

۰/۱ میلی‌مولار با ۰/۳۳ میلی‌گرم کمترین میزان مصرف آندوسپرم را دارا بودند (شکل ۱۰-ب).

غلظت صفر میلی‌مولار سالیسیلیک اسید در شرایط عدم تنش و پتانسیل ۲۰- بار و غلظت صفر میلی‌مولار سالیسیلیک اسید با ۰/۸۳ و ۰/۰۷ میلی‌گرم به ترتیب بیشترین و کمترین وزن آندوسپرم مصرفی را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). بدین ترتیب هر چه شرایط برای بذر بهتر باشد، فرآیندهای متابولیکی فعال کننده رشد بذر و به تبع آن رشد گیاهچه افزایش یافته که این امر در نهایت منجر به افزایش میزان استفاده از اندوخته لپه‌ها می‌گردد.

نتیجه‌گیری

سالیسیلیک اسید یکی از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهان می‌باشد که بصورت پیش تیمار بذر قبل از کاشت مورد استفاده قرار می‌گیرد. این تنظیم‌کننده دامنه‌ای از فرآیندهای مختلف را در گیاهان، از جوانه‌زنی تا تأثیر بر خصوصیات رشدی تحت تأثیر قرار می‌دهد. نتایج بررسی‌های مختلف نشان داده است که این تنظیم‌کننده در غلظت‌های مختلف اثرات متفاوتی را نشان می‌دهد.



شکل ۱۰- اثر (الف) سطوح تنش خشکی و (ب) غلظت‌های سالیسیلیک اسید بر وزن آندوسپرم مصرفی سیاهدانه

در سیاهدانه پیش تیمار بذر با سالیسیلیک اسید باعث افزایش مقاومت این گیاه نسبت به تنش خشکی شد. بنابراین، پیش تیمار بذر سیاهدانه با سالبسیلیک اسید می‌تواند در بهبود خصوصیات جوانه‌زنی این گیاه در مناطق خشک و نیمه خشک مؤثر باشد و چنین بنظر می‌رسد که پیش تیمار سیاهدانه با سالیسیلیک اسید می‌تواند از اثرات سوء ناشی از این تنش بکاهد. البته باید توجه داشت که غلظت‌های بالاتر از ۱ میلی‌مولار می‌تواند اثرات کاهنده‌ای را بر جوانه‌زنی و رشد سیاهدانه داشته باشد.

منابع

۱- اکرمیان م.، س.ح.، ا. حسینی کازرونی منفرد و پ. رضوانی مقدم ۱۳۸۶. اثر آماده سازی اسمزی بذر بر جوانه زنی و رشد گیاه رازیانه

www.SID.ir

Foeniculum vulgare Mill.). مجله پژوهش‌های زراعی ایران ۵(۱): ۴۶-۳۷.

۲- شکاری ف.، ف.، رحیم زاده خویی م.، ولیزاده ه. آلیاری و م. ر. شکیبا ۱۳۷۷. اثر تنش شوری بر جوانه زنی ۱۸ رقم کلزا. چکیده مقالات پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. نشر آموزش کشاورزی. کرج. ۲۷-۲۱.

۳- کافی م.، ا.، نظامی ح. حسینی و ع. معصومی ۱۳۸۴. اثرات فیزیولوژیک تنش خشکی ناشی از پلی اتیلن گلایکول بر جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های عدس. مجله پژوهش‌های زراعی ایران ۳: ۷۹-۶۹.

۴- مظاهری تیرانی م. و خ. منوچهری کلانتری ۱۳۸۵. بررسی سه فاکتور سالیسیلیک اسید، تنش خشکی واتیلن واثر متقابل آنها بر جوانه زنی بذر کلزا (*Brassica napus* L.). مجله زیست شناسی ایران ۹: ۴۱۸-۴۰۸.

۵- یزدی صمدی ب.، ع.م. رضائی و م. ولی‌زاده ۱۳۸۳. طرحهای آماری در پژوهش‌های کشاورزی. انتشارات دانشگاه تهران. تهران.

6-Afzali S.F., M.A., Hajabbasi H., Shariatmadari K., Razmjoo and A.H. Khoshgoftarmanesh 2006. Comparative adverse effects of PEG-or NaCl- induced osmotic stress on germination and early seedling growth of potential medicinal plant *Matricaria chamomilla*. Pakistan Journal of Botany, 38(5):1709-1714.

7- Ahmad S., R., Ahmad M.Y., Ashraf M., Ashraf and E.A. Waraich. 2009. Sunflower (*Helianthus annuus* L.) response to drought stress at germination and seedling growth stage. Pakistan Journal of Botany, 41(2):647-654.

8-Ashraf C.M., and S.A. Shakra. 1978. Wheat seed germination under low temperature and moisture stress. Agronomy Journal, 65:135-139.

9-Barkosky R.R., and F.A. Einhellig. 1993. Effects of salicylic acid on plant water relationship. Journal of Chemical Ecology, 19:237–247.

10-Boskabady M.H., and B. Shimohammadi .2002. Effect of *Nigella sativa* on isolated guinea pig tracheal chains. Archives of Institute of Rehabilitation Medicine (IRM), 5:103-107.

11- Bradford K.J. 1986. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. Horticultural Sciences, 21:1105–1112.

12- Bukhtiar B., and A. Shaykra. 1990. Drought tolerance in lentil. II Differential genotypic response to drought. Journal of Agricultural Research Lahore, 28: 117-126.

13- Casa R., A., D'Annibale F., Pieruccetti S.R., Stazi G., Giovannozzi Sermanni and B.L. Cascio 2003. Reduction of the phenolic components in olive-mill wastewater by an enzymatic treatment and its impact on durum wheat (*Triticum durum* Desf.) germinability. Chemosphere, 50:959-966.

14- Cutt J.R. and D.F. Klessig. 1992. Salicylic acid in plants. A changing perspective. Pharmaceutical Technology, 16:25–34.

15- D'Antuono L.F., A., Moretti and A.F.S. Lovato.2000. Seed yield component, oil content and essential oil content and composition of (*Nigella sativa* L.) and (*Nigella damascene* L.). Industrial Crops and Products, 15:59-69.

16- De F., and R.K. Kar.1994. Seed germination and seedling growth of mung bean (*Vigna radiate*) under water stress included by PEG-6000. Seed Science and Technology, 23:301-304.

17- Demir I., and Mavi K. 2004. The effect of priming on seedling emergence of differentially matured watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum and Nakai) seeds. Scientia Horticulturae, 102:467-473.

18- Eissenstat D.M., E.L., Whaley and A. Volder. 1999. Recovery of citrus surface roots following prolonged exposure to dry soil. Journal Experimental Botany, 50:18458-1854.

19- El-Sharkawi H.M., K.A., Farghali and S.A. Sayed. 1989. Interactive Effects of Water Stress, Temperature and Nutrients in Seed Germination of Tree Desert Plants, Academic Press of Egypt.

20- El-Tayeb M.A. 2005 .Response of barley Grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regulation, 45:215-225.

21- Emmerrich W.E., and S.P. Hadegree. 1990. Polyethylene glycol solution contact effect on seed germination. Agronomy Journal, 82:1103-1107.

22- FAO. 2004. FAO Bulletin of Statistics.

23- Farooq M., S.M.A., Basra A., Wahid and M.B. Khan 2006. Rice seed invigoration by hormonal and vitamin priming. Seed Science and Technology, 34:775-780.

24- Farooq M., S.M.A., Basra R., Tabassum and N. Ahmed. 2006. Evaluation of seed vigour enhancement techniques on physiological and biochemical basis in coarse rice *(Oryza sativa L.)*. Seed Science and Technology, 34:741-750.

Archive of SID

www.SID.ir

25. Farooq M., T., Aziz, S.M.A., Basra, M.A., Cheema and H. Rehman. 2008. Chilling tolerance in hybrid maize induced by seed priming with salicylic acid. Journal of Agronomy and Crop Science, 194(2):161 – 168.
26- Ghosheh D.A., A., Abdulghani Houdi and P.A. Crooks. 1999. High performance liquid chromatographic analysis of the pharmacologically active quinines and related compounds in the oil of the black seed (*Nigella sativa* L.). Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 19:757-762.
27- Goicochea N., M.C., Antolin and D.M. Sanchez. 1997. Gas exchange is related to hormone balance in mycorrhizal or nitrogen-fixing alfalfa subjected to drought. Physiologia Plantarum, 100:989-997.
28- Gupta A.K., J., Singh, N., Kaur and R. Sing. 1993. Effect of polyethylene glycol-induced water stress on uptake inter conversion and transport of sugars in chickpea seedlings. Plant Physiology and Biochemistry, 31:743-747.
29- Halmer P. 2004. Methods to improve seed performance in the field. In: Handbook of Seed Physiology; Application to Agriculture. R.L. Benech-Arnold and R.A. Sanchez (eds.). pp; 125-165, the Haworth Press, New York.
30- Hanan E.D. 2007. Influence of salicylic acid on stress tolerance during seed germination of *Triticum aestivum* and *Hordeum vulgare*. Biological Research, 1:40-48.
31- Hardgree S.P., and W.E. Emmerich. 1994. Seed germination response to polyethylene glycol solution depth. Seed Science and Technology, 22:1-7.
32- Harper J.P. and N.E. Balke. 1981. Characterization of the inhibition of K^+ absorption in oat roots by salicylic acid. Plant Physiology, 68:1349–1353.
33- Hartman H., Kester D., and Davis F. 1990. Plant Propagation, Principle and Practices. Prentice Hall International Editions. 647 pp.
34- Khan W., B., Prithiviraj and D. Smith. 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. Journal of Plant Physiology, 6:1–8.
35- Larque-Saaveda A. 1979. Stomatal closure in response to salicylic acid treatment. Z. Pflanzenphysiol, 93: 371–375.
36- Maguire J.D. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Science, 2:176-177.
37- Marchner H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants, Academic Press.
38- Mauromicale G., and V. Cavallaro. 1995. Effects of seed osmopriming on germination of tomato at different water potential. Seed Science and Technology, 23(2):393-403.
39- Metwally A., I., Finkemeier, M., Georgi and K. J. Dietz. 2003. Salicylic acid alleviates the cadmium toxicity in barley seedlings. Physiology and Biochemistry of Plant, 132:272- 281.
40. Michel B.E., and M.R. Kaufman. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiology, 51: 914-916.
41- Nagashiro C., and W.F. Shibata. 1995. Influence of flooding and drought conditions on herbage yield and quality of phases bean (*Macroptillium lathyroides*). Grassland Science, 41:218-225.
42- Nascimento W.M. 2003. Muskmelon seed germination and seedling development in response to seed priming. Scientia Agricola, 60:71-75.
43- Okcu G. 2005. Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 29:237-242.
44- Pereira S.M., B.L. Filgueiras, B.J. Filgueiras, and D.M.E. Aparecida. 2008. Water and saline stresses on the germination of *Plantago ovata* Forsk. (Plantaginaceae) seeds. Revista Árvore, 32(1):33-38.
45- Senaratna T., D., Touchell, E., Bunn and K. Dixon. 2000. Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. Plant Growth Regulation, 30(2):157-161.
46- Sharma R., Kwon E.H., and K.P. Ganeshan. 1993. Response of soybean (*Glycine max* L.) to seed priming with salicylic acid. Indian Journal of Ecology, 20:27-29.
47- Stefanello R., D.C., Garcia, N.L.D., Menezes, M.F.B., Muniz and C.F. Wrasse. 2006. The effect of light, temperature and hydric stress on the physiologic potentiality of fennel seeds. Revista Brasileira de Sementes, 28(2):135-141.
48- William E., and P. Stuart. 1990. Polyethylene glycol solution contact effects on seed germination. Agronomy Journal, 82:1103-1107.

Archive of SID

www.SID.ir