Archive of SID

تأثیر محلول‌پاشی گیاه مادری با اسید سالیسیلیک و اسپرمین تحت تنش خشکی بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر سرخارگل (*Echinacea purpurea*)

حکیمه درویژه [۱]، مرتضی زاهدی [۲،*]، بهلول عباس زاده [۳]، جمشید رزمجو [۲]

چکیده مبسوط

مقدمه: سرخارگل از خانواده آستراسه، گیاه دارویی مؤثر در تقویت سیستم ایمنی بدن به شمار می‌آید. عوامل محدودکننده رشد گیاه مادری از جمله تنش خشکی بر کیفیت جوانه‌زنی بذر آن‌ها تأثیرگذار است. نقش اسید سالیسیلیک و اسپرمین در تعدیل تنش مشخص شده و انتظار می‌رود بر جوانه‌زنی بذر تولیدی گیاهان نیز مؤثر باشد.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی بنیه‌ی بذر سرخارگل پس از محلول‌پاشی گیاه مادری با اسید سالیسیلیک و اسپرمین (عدم محلول‌پاشی، اسید سالیسیلیک در دو سطح ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر، اسپرمین در سطح ۷۰ میلی‌گرم در لیتر و سطوح مختلف اسید سالیسیلیک همراه با اسپرمین) تحت سطوح مختلف رطوبت (آبیاری پس از تخلیه ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد رطوبت قابل استفاده) آزمایشی به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در ایستگاه البرز موسسه جنگل‌ها و مراتع کشور طی سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ به اجرا درآمد.

یافته‌ها: در اثر تنش خشکی درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و گیاهچه، وزن خشک ساقه‌چه، انرژی جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر کاهش یافت. نتایج نشان داد که محلول‌پاشی، به‌تنهایی روی طول ساقه‌چه، ریشه‌چه و گیاهچه، وزن خشک ساقه‌چه، ریشه‌چه و گیاهچه، سرعت جوانه‌زنی، ضریب آلومتریک و شاخص بنیه بذر تأثیر معنی‌دار داشت. مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی در محلول‌پاشی نشان داد که بیشترین مقدار طول ریشه‌چه (۲۸/۸ میلی‌متر)، وزن خشک ریشه‌چه (۱/۸۱ میلی‌گرم)، وزن خشک گیاهچه (۶/۲۰ میلی‌گرم) و ضریب آلومتریک (۰/۴۱۲) متعلق به شاهد (بدون تنش) و تیمار ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک + ۷۰ میلی‌گرم در لیتر اسپرمین بود.

نتیجه‌گیری: براساس نتایج این آزمایش محلول‌پاشی سرخارگل با اسید سالیسلیک و اسپرمین موجب بهبود جوانه‌زنی بذر سرخارگل در هر دو شرایط بدون تنش و تنش کم‌آبی گردید و بیشترین تأثیر مثبت با کاربرد توأم غلظت بالای اسید سالیسیلیک (۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر) با اسپرمین (۷۰ میلی‌گرم در لیتر) حاصل شد.

واژه‌های کلیدی: انرژی جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، ضریب آلومتریک

جنبه‌های نوآوری:

۱- بررسی نقش محلول‌پاشی گیاه مادری سرخارگل با اسید سالیسیلیک و اسپرمین تحت تنش خشکی بر جوانه‌زنی بذر

۲- محلول‌پاشی گیاهان سرخارگل با اسید سالیسیلیک و اسپرمین موجب افزایش کیفیت جوانه‌زنی بذر تحت تنش خشکی می‌گردد.

DOI: 10.29252/yujs.5.1.1

[۱] دانشجوی دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
[۲] دانشیار و استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
[۳] استادیار، بخش تحقیقات گیاهان دارویی، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران
[*] پست الکترونیک نویسنده مسئول: mzahedi@cc.iut.ac.ir

www.SID.ir

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۷/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۱۲)

Archive of SID

مقدمه

تقاضای روزافزون به استفاده از گیاهان دارویی در سراسر جهان، اهمیت توجه به تولید گیاهان دارویی را نشان می‌دهد. سرخارگل (*Echinacea purpurea* L.) گیاهی چندساله از تیره آستراسه[1] است که کاربرد وسیعی در صنایع دارویی، آرایشی و بهداشتی دارد (سیح[2]، ۲۰۰۶). این گیاه به دلیل خاصیت تقویت سیستم ایمنی بدن، به‌منظور پیشگیری و درمان بیماری‌های مزمن ناشی از نقص پاسخ ایمنی استفاده می‌شود (هو و کیتسی[3]، ۲۰۰۰).

جوانه‌زنی و سبز شدن یکی از مهم‌ترین مراحل رشد گیاهان است. از این رو توانایی جوانه‌زنی بالای بذرها در شرایط محیطی مختلف، احتمال استقرار بهتر گیاه و حصول تراکم مطلوب را در پی خواهد داشت (بعلبکی[4] و همکاران، ۱۹۹۹). جوانه‌زنی تحت تأثیر عوامل ژنتیکی و محیطی از جمله درجه حرارت، طول روز، در دسترس بودن آب و میزان جذب مواد غذایی قرار می‌گیرد (فیگوئرا[5] و همکاران، ۲۰۱۰). پژوهش‌ها نشان داده‌اند که گیاهان متعلق به یک گونه، چنانچه در محیط‌هایی با شرایط اقلیمی متفاوت رشد کنند، بذرهایی با ویژگی‌های متفاوت از نظر واکنش به شرایط اقلیمی تولید می‌کنند. اندازه بذر معمولاً تحت تأثیر فرآیندهایی که در زمان پر شدن دانه روی گیاه مادری اعمال می‌شود، قرار می‌گیرد و بر کیفیت بذر و نحوه استقرار گیاهچه در فصل بعدی رشد تأثیر می‌گذارد (مورینو-مارتینیرز[6] و همکاران، ۱۹۹۸؛ زکریا[7] و همکاران، ۲۰۰۹).

کمبود آب به‌عنوان یک عامل محیطی مهم رشد و نمو گیاهان را تحت تأثیر قرار داده و بر کیفیت و جوانه‌زنی بذر حاصل از آن‌ها تأثیرگذار است. تنش خشکی اعمال شده بر گیاهان مادری در زمان تشکیل دانه، به‌دلیل کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها، می‌تواند سبب کاهش بنیه بذر شود (کیانی[8] و همکاران، ۱۹۹۸؛ سادات نوری[9] و همکاران، ۲۰۰۷). به‌علاوه، گیاهچه‌های ضعیف تولید شده در شرایط تنش از توان رقابتی پایینی برای مقابله با سایر عوامل از جمله بیماری‌ها و علف‌های هرز برخوردار هستند (ریجینوس[10] و همکاران، ۲۰۰۷). تنش ناشی از کمبود آب در گیاهان باعث کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی مانند درصد جوانه‌زنی، رشد گیاهچه در گیاهان رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill) (عسکری[11] و همکاران، ۲۰۱۶)، نوروزک (*Salvia leriifolia Benth*) (حسینی و حدادپرست[12]، ۲۰۰۴)، اکالیپتوس (*Eucalyptus globulus*) (لوپز[13] و همکاران، ۱۹۹۹) و ارزن دم روباهی (*Setaria italica*) (حیدری[14]، ۲۰۱۲) می‌گردد. در مطالعه عبدلی و سعیدی[15] (۲۰۱۲) اعمال تنش خشکی بر گندم (*Triticum aestivum* L.) منجر به کاهش وزن و عملکرد دانه و برخی از مؤلفه‌های جوانه‌زنی بذر حاصل از آن‌ها گردید. سیداحمدی[16] (۲۰۱۳) در پژوهشی، جوانه‌زنی کلزا (*Brassica napus*) در معرض تنش گرما و خشکی انتهایی فصل رشد را ارزیابی کرد و گزارش نمود که وقوع تنش منجر به تولید دانه‌های با وزن کم و چروکیده گردید و درصد جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه به‌عنوان معیاری از بنیه بذر مادری کاهش یافت. به‌علاوه، تنش خشکی باعث کاهش صفاتی نظیر درصد گیاهچه‌های طبیعی، طول و وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و بنیه بذر حاصل از آن‌ها گردید. حیدری (۲۰۱۲) در بررسی تأثیر تنش خشکی روی گیاه ارزن دم روباهی دریافت که اعمال تنش خشکی بر گیاه مادری طی مرحله پرشدن دانه، باعث کاهش درصد جوانه‌زنی و طول ریشه‌چه می‌شود.

اسید سالیسیلیک یک ترکیب فنولی است که در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیک گیاه مانند القای گل‌دهی، رشد و نمو، جذب یونی، فتوسنتز، بسته شدن روزنه‌ها، تعرق، سنتز کلروفیل و پروتئین، ممانعت از بیوسنتز

[1] Asteraceae
[2] Ceeh
[3] Hu and Kitts
[4] Baalibaki
[5] Figueroa
[6] Moreno-Martiners
[7] Zakaria
[8] Kiani
[9] Sadat Noori
[10] Riginos
[11] Askari
[12] Hosseini and Hadad Khodaparast
[13] Lopez
[14] Heidari
[15] Abdoli and Saeidi
[16] Seyed Ahmadi

www.SID.ir

Archive of SID

اتیلن و افزایش وزن دانه و کیفیت جوانه‌زنی مؤثر می‌باشد (ژینگ[1] و همکاران، ۲۰۰۷). ژو[2] و همکاران (۱۹۹۹) افزایش ۹ درصدی وزن دانه را در اثر کاربرد اسید سالیسیلیک ناشی از انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی به دانه‌ها گزارش کردند. به‌علاوه، اسید سالیسیلیک به‌عنوان یک مولکول سیگنالی در ایجاد تحمل گیاهان به طیف وسیعی از تنش‌های زنده و غیرزنده نقش کلیدی بر عهده دارد. راسکین[3] (۱۹۹۲) گزارش نمود که که اسید سالیسیلیک از کاهش مقدار اکسین و سیتوکنین در گیاه جلوگیری کرده و با افزایش سطح اسید آبسیزیک در ریشه یک پیش تطابق به تنش ایجاد می‌کند. همچنین، از طریق اثر بر پلی‌آمین‌ها باعث ایجاد کمپلکس‌های پایدار با غشاء شده و حفاظت از غشاء را در شرایط تنش سبب می‌شود. در پژوهش کبیری و نقی‌زاده[4] (۲۰۱۵) کاربرد اسید سالیسیلیک اثرات تنش خشکی را کاهش و عملکرد بذر، محتوای نسبی آب برگ و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را افزایش داد. در مطالعه عظیمی[5] و همکاران (۲۰۱۳) نیز کاربرد اسید سالیسیلیک باعث کاهش تنش خشکی در گندم گردید. در آزمایش دانشمند[6] و همکاران (۲۰۱۴) تنش خشکی درصد، سرعت و متوسط زمان جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن خشک گیاهچه را تحت تأثیر قرار داد، ولی تیمار ۰/۱ میلی‌مولار اسید سالیسلیک باعث افزایش معنی‌دار کلیه صفات و کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی گردید. در واقع تیمار گیاهان با اسید سالیسلیک با تأثیر بر بیوسنتز جیبرلین، به‌عنوان القاکننده ترموژن عمل کرده و بر جوانه‌زنی تأثیر می‌گذارد (رجاسکاران[7] و همکاران، ۲۰۰۲). تأثیر مثبت اسید سالیسلیک بر جوانه‌زنی گیاهان آرابیدوپسیس (*Arabidopsis thaliana*) (میتوالی[8] و همکاران، ۲۰۰۳)، خارمقدس (*Cnicus benedictus*) (کافی[9] و همکاران، ۲۰۱۰) و بابونه (*Matricaria chamomilla*) (پارمون[10] و همکاران، ۲۰۱۳) در شرایط تنش نیز گزارش شده است. براساس این نتایج، انتظار می‌رود با کاهش اثرات تنش بر گیاهان تیمار شده با اسید سالیسیلیک، بذرهای حاصله از شاخص‌های جوانه‌زنی بالاتری برخوردار باشند.

پلی‌آمین‌ها از جمله اسپرمین، اسپرمیدین و پوتریسین هیدروکربن‌های آلفاتیک با وزن مولکولی کم می‌باشند که در طیف وسیعی از فرآیندهای فیزیولوژیکی از جمله تثبیت غشاء، فعال کردن آنزیم‌ها، تقسیم سلولی و فرایندهای درگیر در رشد و توسعه سلول‌ها (کویر-آوهانی[11] و همکاران، ۲۰۰۳)، جنین‌زایی، جوانه‌زنی بذر و واکنش به تنش‌ها نقش دارند (باچراچ[12]، ۲۰۰۵). کاربرد خارجی پلی‌آمین‌ها می‌تواند فرایندهای فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان را تحت تأثیر قرار داده و به‌عنوان یک تنظیم‌کننده رشد مورد استفاده قرار گیرند (کویر-آوهانی و همکاران، ۲۰۰۳). اخیراً نقش پلی‌آمین‌ها در افزایش تحمل گیاهان به تنش‌ها از جمله خشکی مورد توجه قرار گرفته است. تعدیل تنش‌ها توسط پلی‌آمین‌ها را می‌توان به‌دلیل نقش آن‌ها در تنظیم اسمزی، پایداری غشا و حذف رادیکال‌های فعال و جلوگیری از تجمع این ترکیبات مضر دانست که باعث ایجاد تنش در سلول‌ها می‌شوند (لئو[13] و همکاران، ۲۰۰۷؛ خان[14] و همکاران، ۲۰۰۷). پلی‌آمین‌ها می‌توانند در شرایط تنش خشکی روزنه‌ها را بسته نگه‌داشته و باعث کاهش از دست رفتن آب گیاه شوند (ژای[15] و همکاران، ۲۰۱۰). تیمار گیاه با پلی‌آمین‌ها منجر به القا و افزایش تقسیم سلولی ناشی از افزایش مقدار آن‌ها در مریستم‌های انتهایی می‌گردد (فاروق[16] و همکاران، ۲۰۰۸). اصلانی[17] و همکاران (۲۰۱۵) با مطالعه اثر

[1] Jing
[2] Zhou
[3] Raskin
[4] Kabiri and Naghizadeh
[5] Azimi
[6] Daneshmand
[7] Rajasekaran
[8] Metwally
[9] Kafi
[10] Parmoon
[11] Kaur-awhney
[12] Bachrach
[13] Liu
[14] Khan
[15] Jie
[16] Farooq
[17] Aslani

www.SID.ir

Archive of SID

اسپرمیدین در چهار غلظت (صفر، ۰/۱، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار) بر ارقام خیار تحت تنش دریافتند که تیمار ۰/۱ میلی‌مولار اسپرمیدین باعث افزایش درصد جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه، وزن‌تر و خشک ریشه‌چه در رقم رشید گردید؛ ولی تیمار ۱ میلی‌مولار اثر بازدارندگی بر فاکتورهای جوانه‌زنی این رقم داشت. نتایج مطالعه روی اثر پیش‌تیمار بذر ذرت با اسپرمین (۲۰، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌گرم در لیتر) بر بهبود جوانه‌زنی بذر و فعالیت آنزیمی در شرایط تنش نشان داد که کاربرد پلی‌آمین با غلظت ۶۰ میلی‌گرم در مقایسه با سایر تیمارها، با افزایش مقدار فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، مقاومت گیاهان در مقابل تنش را افزایش داده و باعث بهبود جوانه‌زنی بذر می‌شوند (ساعدنژاد[1] و همکاران، ۲۰۱۲).

اعمال تنش خشکی بر گیاهان مادری در شرایط مزرعه می‌تواند اثرات نامطلوبی بر بنیه و شاخص‌های جوانه‌زنی و نیز رشد گیاهچه‌های حاصل از بذر آن‌ها داشته باشد. در سال‌های اخیر برای افزایش تحمل گیاهان و کاهش اثرات منفی تنش خشکی، کاربرد خارجی برخی تنظیم‌کننده‌های رشد مانند اسید سالیسیلیک و اسپرمین افزایش یافته است. بعلاوه، میزان جوانه‌زنی بذر در تعیین تراکم نهایی گیاه حائز اهمیت است و تراکم مطلوب با کاشت بذرهای با بنیه مناسب حاصل می‌شود. بر این اساس، این تحقیق با هدف ارزیابی تأثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و اسپرمین بر گیاهان مادری سرخارگل در مزرعه بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر حاصل از آن‌ها انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق جهت ارزیابی مؤلفه‌های جوانه‌زنی بذر حاصل از گیاهان سرخارگل که قبلاً در یک آزمایش مزرعه‌ای که در آن اثر تیمارهای مختلف محلول‌پاشی (عدم محلول‌پاشی، اسید سالیسیلیک در دو سطح ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر، اسپرمین در یک سطح ۷۰ میلی‌گرم در لیتر و سطوح مختلف اسید سالیسیلیک همراه با اسپرمین) تحت سطوح مختلف رطوبت (آبیاری پس از تخلیه ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد رطوبت قابل دسترس خاک) بر رشد و نمو گیاه سرخارگل به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور در سال ۱۳۹۵ مورد مطالعه قرار گرفته بودند، انجام شد. بدین منظور بذرهای حاصل از گیاهان مادری در مزرعه برداشت شده و برای انجام آزمایش جوانه‌زنی به آزمایشگاه انتقال داده شد. ابتدا بذر در محلول ۲ درصد هیپوکلریت سدیم به‌مدت ۲۰ ثانیه ضدعفونی و با آب مقطر شستشو شدند. سپس از هر تیمار تعداد ۲۵ عدد بذر در پتری روی کاغذ صافی کشت گردید و به هر ظرف ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد و در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد در داخل ژرمیناتور قرار داده شدند. تعداد بذرهای جوانه‌زده از روز چهارم (شمارش اولیه) تا روز بیست و یکم (شمارش نهایی) به‌صورت روزانه در یک ساعت معین شمارش گردید (ایستا[2]، ۲۰۱۱). سپس سپس طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه و وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت داخل آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. سپس با استفاده از روابط ۱ تا ۵، صفات سرعت جوانه‌زنی (رابطه ۱) (ماگوئر[3]، ۱۹۶۲)، درصد جوانه‌زنی (رابطه ۲) (باجی[4] و همکاران، ۲۰۰۲)، انرژی جوانه‌زنی (رابطه ۳) (اگراول[5]، ۱۹۸۰)، ضریب‌آلومتریک (رابطه ۴) (خاوازی[6]، ۱۹۹۸) و شاخص بنیه بذر (رابطه ۵) (اسکوت[7] و همکاران، ۱۹۸۴) محاسبه گردید:

رابطه (۱):

$$GR = \sum N_i / T_i$$

GR = سرعت جوانه‌زنی بر حسب تعداد بذر در روز شمارش؛ N_i = تعداد بذر جوانه‌زده در هر روز و T_i = شمارش روز پس از شروع آزمایش.

رابطه ۲:

[1] Saeidnejad

[2] ISTA
[3] Maguire
[4] Bajji
[5] Agrawal
[6] Khavazeh
[7] Scott

www.SID.ir

Archive of SID

= درصد جوانه‌زنی
۱۰۰× (جوانه‌زده بذرهای تعداد)/(بذرها کل تعداد)

رابطه ۳:

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

رابطه ۴:

میانگین وزن خشک ریشه‌چه) =ضریب آلومتریک
(میانگین وزن خشک ساقه‌چه/

رابطه ۵:

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

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه آماری داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS انجام شد و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار (LSD) استفاده گردید.

نتایج و بحث

طول ساقه‌چه، ریشه‌چه و گیاهچه

تأثیر تنش خشکی اعمال شده بر گیاهان مادری در مزرعه بر طول ساقه‌چه، ریشه‌چه و گیاهچه بذر جوانه‌زده آن‌ها در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین طول ساقه‌چه و گیاهچه به ترتیب برابر ۳۴/۷ و ۶۰/۸ میلی‌متر در شرایط شاهد (آبیاری پس از ۲۰ درصد تخلیه رطوبت) بدست آمد (جدول ۲). طول ساقه‌چه تحت آبیاری ۴۰ و ۶۰ درصد تخلیه رطوبت نسبت به شاهد به ترتیب ۲۵/۶ و ۵۷/۹ درصد و طول گیاهچه ۲۵/۴ و ۶۵/۴ درصد کاهش یافت (جدول ۲). این نتایج نشان می‌دهد که اثر منفی تنش خشکی بر هر سه پارامتر در تیمار آبیاری ۴۰ درصد تخلیه رطوبت مشابه ولی تحت تنش شدید طول ریشه‌چه به نسبت بیشتری کاهش یافت. در آزمایش سید احمدی (۲۰۱۳) نیز در اثر تنش خشکی اعمال‌شده بر گیاهان مادری کلزا طول ساقه‌چه، ریشه‌چه و گیاهچه بذر آن‌ها کاهش یافت. در مطالعه ایشان در تیمار آبیاری براساس ۶۰ درصد نسبت به تیمار آبیاری ۵۰ درصد تخلیه رطوبت درصد کاهش در اثر تنش در طول ریشه‌چه (۱۳/۰ درصد) در مقایسه با طول ساقه‌چه (۱۰/۵ درصد) و گیاهچه (۱۱/۰ درصد) بیشتر بود. با این حال، با افزایش سطح تنش در تیمار آبیاری ۷۰ درصد تخلیه رطوبت، درصد کاهش در طول ریشه‌چه (۱۴/۹ درصد) در مقایسه با طول ساقه‌چه (۲۶/۰ درصد) و گیاهچه (۲۲/۱ درصد) کمتر بود. در آزمایش خاکسار[1] و همکاران (۲۰۱۳) تنش خشکی اعمال‌شده بر گیاهان مادری ارقام کلزا سبب کاهش کیفیت جوانه‌زنی و قدرت گیاهچه بذر آن‌ها گردید. به‌طور کلی، محیط تنش‌زا بر گیاهان مادری مانع از انتقال کافی مواد غذایی به بذر در حال رشد آن‌ها شده و بذر ریزتر با بنیه تولید گیاهچه ضعیف‌تری تشکیل می‌شوند (رجینوس و همکاران، ۲۰۰۷).

تأثیر محلول‌پاشی گیاهان مادری با اسید سالیسیلیک و اسپرمین بر طول ساقه‌چه و گیاهچه بذر جوانه‌زده آن‌ها در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین طول ساقه‌چه و گیاهچه به ترتیب برابر ۲۸/۷ و ۵۰/۵ میلی‌متر در تیمار محلول‌پاشی توأم غلظت بالای اسید سالیسیلیک (۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر) با اسپرمین به دست آمد (جدول ۲). محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌گرم و محلول‌پاشی اسپرمین به ترتیب موجب افزایش ۱۶/۲، ۲۸/۶ و ۶/۶۷ درصدی طول ساقه‌چه و ۱۶/۰، ۲۹/۳ و ۷/۴۷ درصدی طول گیاهچه گردید. این نتایج نشان می‌دهد که تأثیر مثبت اسید سالیسیلیک در مقایسه با اسپرمین بیشتر بود. افزایش غلظت اسید سالیسیلیک از ۷۵ به ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر به ترتیب موجب افزایش ۱۰/۷ و ۱۱/۴ درصدی طول ساقه‌چه و گیاهچه گردید. بیشترین افزایش در طول ساقه‌چه و گیاهچه در تیمار محلول‌پاشی توأم غلظت بالای اسید سالیسیلیک با اسپرمین برابر ۳۶/۷ و ۴۵/۱ درصد به دست آمد. لذا، محلول‌پاشی توأم اسید سالیسیلیک و اسپرمین تأثیر مثبت بیشتری بر طول گیاهچه داشت. کاربرد اسید سالیسیلیک و اسپرمین می‌تواند فعالیت

[1] Khaksar

www.SID.ir

Archive of SID

آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را افزایش داده و از طریق کنترل تولید رادیکال‌های آزاد باعث بهبود تولید بذر در شرایط تنش شود (ویرما و ماشیرا[1]، ۲۰۰۵). همچنین، اسید سالیسیلیک تأثیر مثبت بر فتوسنتز و فعالیت آنزیم‌های نیترات رداکتاز و کربنیک آنهیدراز دارد که موجب افزایش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها می‌شود (ال-طیب[2]، ۲۰۰۵). اسپرمین نقش مهمی در کنترل تقسیم سلولی ریشه، تشکیل ریشه اولیه و ریشه‌های جانبی دارد (کویی[3] و همکاران، ۲۰۰۴). به‌علاوه، اسپرمین از طریق کاهش میزان تعرق، افزایش فتوسنتز و تنظیم اسمزی باعث بهبود رشد گیاهان در شرایط تنش می‌شود (حشمت[4] و همکاران، ۲۰۱۳).

تأثیر برهمکنش تنش خشکی و محلول‌پاشی بر طول ریشه‌چه در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین طول ریشه‌چه (۲۸/۸ میلی‌متر) در اثر محلول‌پاشی توأم غلظت بالای اسید سالیسیلیک با اسپرمین در شرایط بدون تنش و کمترین آن (۳/۱۳ میلی‌متر) در تیمار محلول‌پاشی نشده در شرایط تنش شدید به دست آمد (جدول ۳). اعمال تنش خشکی بر گیاه مادری، طول ریشه‌چه را در کلیه تیمارهای محلول‌پاشی کاهش داد. بیشترین درصد کاهش در طول ریشه‌چه در سطح تنش ملایم آب در تیمار محلول‌پاشی با اسپرمین (۳۲/۱ درصد) و تیمار عدم محلول‌پاشی (۳۱/۹ درصد) و در سطح شدید تنش در تیمار عدم محلول‌پاشی (۸۶/۳ درصد) و تیمار محلول‌پاشی اسپرمین (۸۵/۶) و کمترین درصد کاهش در سطح تنش ملایم (۲۱/۲ درصد) در تیمار محلول‌پاشی توأم اسید سالیسیلیک با اسپرمین و در سطح تنش شدید (۶۶/۶ درصد) در تیمار محلول‌پاشی توأم غلظت بالای اسید سالیسیلیک با اسپرمین به دست آمد. در اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و اسپرمین طول ریشه‌چه افزایش و میزان تأثیر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک به‌تنهایی و یا همراه با اسپرمین با افزایش تنش افزایش یافت. میزان افزایش طول ریشه‌چه در اثر محلول‌پاشی اسپرمین فقط در سطح شدید تنش از تیمار شاهد بیشتر بود.

وزن خشک ساقه‌چه، ریشه‌چه و گیاهچه

تأثیر تنش خشکی اعمال شده بر گیاهان مادری بر وزن خشک ساقه‌چه بذرهای جوانه‌زده آن‌ها در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین وزن خشک ساقه‌چه برابر ۴۵/۰ میلی‌گرم در شرایط شاهد به دست آمد (جدول ۲). تحت رژیم‌های آبیاری ۴۰ و ۶۰ درصد تخلیه رطوبت وزن خشک ساقه‌چه به ترتیب ۱۳ و ۳۵/۵ درصد کاهش یافت. در آزمایش سید احمدی (۲۰۱۳) نیز در اثر تنش خشکی اعمال شده بر گیاهان مادری کلزا وزن خشک ساقه‌چه، ریشه‌چه و گیاهچه بذر آن‌ها کاهش یافت. در مطالعه ایشان در هر دو تیمار آبیاری ۶۰ و ۷۰ درصد تخلیه رطوبت نسبت به شاهد (۵۰ درصد تخلیه رطوبت)، درصد کاهش در وزن خشک ریشه‌چه (۲۳/۷ و ۴۲/۴ درصد) در اثر تنش خشکی در مقایسه با وزن خشک ساقه‌چه (۸/۹۰ و ۱۶/۱ درصد) و گیاهچه (۱۳/۱ و ۲۲/۱ درصد) بیشتر بود. معمولاً گیاهانی که در معرض تنش خشکی قرار می‌گیرند بذری تولید می‌کنند که دارای ذخایر غذایی اندکی هستند. کمبود ذخایر غذایی و کاهش کارایی تبدیل ذخایر به بافت گیاهچه از جمله دلایل عمده کاهش وزن گیاهچه در چنین شرایطی است (سلطانی[5] و همکاران، ۲۰۰۶).

تأثیر محلول‌پاشی گیاهان مادری با اسید سالیسیلیک و اسپرمین بر وزن خشک ساقه‌چه بذرهای جوانه‌زده آن‌ها در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین وزن خشک ساقه‌چه برابر ۳/۶۹ میلی‌گرم در تیمار محلول‌پاشی توأم غلظت بالای اسید سالیسیلیک با اسپرمین به دست آمد (جدول ۲). در اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌گرم و اسپرمین وزن خشک ساقه‌چه به ترتیب ۷/۳۰، ۱۳/۶ و ۵/۶۴ درصد افزایش یافت. افزایش غلظت اسید سالیسیلیک از ۷۵ به ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر موجب افزایش ۵/۸۸ درصدی وزن خشک ساقه‌چه گردید. بیشترین میزان افزایش در وزن خشک ساقه‌چه

[1] Verma and Mishra
[2] EL-Tayeb
[3] Couee
[4] Heshmat
[5] Soltani

www.SID.ir

Archive of SID

در تیمار محلول‌پاشی توأم غلظت بالای اسید سالیسیلیک با اسپرمین برابر ۲۲/۵ درصد به دست آمد.

با توجه به اینکه تنش خشکی باعث کاهش فعالیت آنزیم روبیسکو و تولید مواد فتوسنتزی می‌شود به‌نظر می‌رسد اسید سالیسیلیک با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو و بهبود فتوسنتز سبب افزایش رشد گیاه می‌شود. بعلاوه، نقش اسید سالیسیلیک بر رشد گیاهان تحت تنش به تأثیر آن بر جذب عناصر نیز نسبت داده شده است (پوپووا[1] و همکاران، ۲۰۰۹). کاربرد پلی‌آمین‌ها، تحت شرایط تنش کم‌آبی باعث فعال‌سازی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌شود و از این طریق ضمن جلوگیری از تخریب پروتئین‌ها و پراکسیداسیون غشاء، تحمل به کم‌آبی را در گیاه افزایش داده و باعث بهبود بذر تولیدی و افزایش وزن گیاهچه می‌گردد (فاروق[2] و همکاران، ۲۰۰۹). به‌علاوه، کاربرد اسید سالیسیلیک میزان پلی‌آمین‌ها را در گیاه افزایش می‌دهد که به حفظ غشا که موجب بهبود رشد گیاه و تولید بذر با کیفیت بالاتر تحت شرایط تنش خشکی می‌شود، کمک می‌کند (نیمیت[3] و همکاران، ۲۰۰۲).

تأثیر برهمکنش تنش خشکی و محلول‌پاشی بر وزن خشک ریشه‌چه و گیاهچه در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). در اثر اعمال تنش خشکی بر گیاهان مادری وزن خشک ریشه‌چه و گیاهچه بذر جوانه‌زده آن‌ها در کلیه تیمارهای محلول‌پاشی کاهش یافت. بیشترین درصد کاهش وزن خشک ریشه‌چه در سطح تنش ملایم آب در تیمارهای محلول‌پاشی غلظت بالا (۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر) (۳۴/۸ درصد) و پایین (۷۵ میلی‌گرم در لیتر) (۲۸/۳ درصد) اسید سالیسیلیک با اسپرمین و در سطح شدید تنش خشکی در تیمار بدون محلول‌پاشی (۸۹/۳ درصد) و در تیمار محلول‌پاشی اسپرمین (۸۷/۵ درصد) و کمترین درصد کاهش در سطح ملایم تنش خشکی (۱۲/۵ درصد) در تیمار محلول‌پاشی توأم غلظت پایین اسید سالیسیلیک با اسپرمین و در سطح شدید تنش خشکی (۵۳/۰ درصد) در تیمار محلول‌پاشی توأم غلظت بالای اسید سالیسیلیک با اسپرمین به دست آمد. بیشترین درصد کاهش در وزن خشک گیاهچه در سطح تنش ملایم آب در تیمارهای محلول‌پاشی توأم غلظت بالا (۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر) (۲۲/۹ درصد) و پایین (۷۵ میلی‌گرم در لیتر) (۲۰ درصد) اسید سالیسیلیک با اسپرمین و در سطح شدید تنش خشکی در تیمار بدون محلول‌پاشی (۵۵/۴ درصد) و محلول‌پاشی اسپرمین (۵۶/۳ درصد) و کمترین آن در سطح ملایم تنش خشکی (۷/۵ درصد) در تیمار محلول‌پاشی غلظت پایین اسید سالیسیلیک و در سطح شدید تنش خشکی (۳۶/۴ درصد) در تیمار محلول‌پاشی توأم غلظت بالای اسید سالیسیلیک با اسپرمین مشاهده شد. در اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و اسپرمین وزن خشک ریشه‌چه و گیاهچه افزایش یافت. بالاترین مقادیر افزایشی در اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک به‌تنهایی و یا همراه با محلول‌پاشی اسپرمین در سطح شدید تنش خشکی به دست آمد (جدول ۳). در حالی که میزان تأثیر مثبت محلول‌پاشی اسپرمین به‌تنهایی بر وزن خشک گیاهچه در هر دو سطح تنش خشکی در مقایسه با تیمار آبیاری شاهد کمتر بود. کاربرد اسید سالیسیلیک، با جلوگیری از اکسیداسیون اکسین، افزایش طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و وزن گیاهچه را به دنبال خواهد داشت (فریدودین[4] و همکاران، ۲۰۰۳). همچنین کاربرد پلی‌آمین‌ها به همراه اسید سالیسیلیک، تحت شرایط تنش کم‌آبی، با فعال‌سازی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، ضمن جلوگیری از تخریب پروتئین‌ها و پراکسیداسیون غشاء، تحمل به کم‌آبی را در گیاه افزایش می‌دهد (فاروق و همکاران، ۲۰۰۹).

درصد و سرعت جوانه‌زنی

تأثیر تنش خشکی اعمال شده بر گیاهان مادری بر سرعت و درصد جوانه‌زنی در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین سرعت و درصد جوانه‌زنی به ترتیب برابر ۱۳/۶ بذر در روز و ۹۰ درصد

[1] Popova
[2] Farooq
[3] Nemeth
[4] Fariduddin

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- تجزیه واریانس شاخص‌های جوانه‌زنی بذر گیاه سر خار گل تحت سطوح مختلف تنش خشکی، اسید سالیسیلیک و اسپرمین

Table 1. Analysis of variance for germination indices of Purple coneflower seed, evaluated under different moisture levels, salicylic acid and spermine

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	طول ساقه‌چه Plumule length	طول ریشه‌چه Radicle length	طول گیاهچه Seedling length	وزن خشک ساقه‌چه Plumule dry weight	وزن خشک ریشه‌چه Radicle dry weight	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	انرژی جوانه‌زنی Germination energy	ضریب آلومتریک Allometric factor	شاخص بنیه بذر Germination vigour
Replications (R)	تکرار	2	85.5 ns	1.17 ns	97.7 ns	0.048 ns	0.011 ns	0.090 ns	1.07 ns	10.9 ns	0.017 ns	0.006 ns	0.877 ns
Drought Stress (DS)	تنش خشکی	2	1830 **	1810 **	7256 **	9.31 **	5.30 **	28.6 **	251.9 **	143 **	0.229 **	0.266 **	75.48 **
R(DS)	تکرار (تنش خشکی)	4	27.8	0.55	30.9	0.020	0.001	0.023	1.34	10.9	0.017	0.001	0.360
Spray (S)	محلول‌پاشی	5	80.9 **	77.7 **	311 **	0.606 **	0.432 **	2.04 **	13.2 **	26.0 ns	0.041 ns	0.024 **	3.317 **
DS×S	تنش خشکی ×محلول‌پاشی	10	9.03 ns	5.49 **	19.3 ns	0.083 ns	0.062 **	0.268 **	0.499 ns	26.07 ns	0.042 ns	0.008 **	0.250 ns
Error	خطا	30	3.48	0.539	4.17	0.022	0.001	0.025	0.258	10.9	0.017	0.0001	0.040
CV (%)	ضریب تغییرات (درصد)	-	7.43	4.23	4.81	4.50	3.18	3.70	5.00	3.36	3.36	4.62	4.75

ns و ** : به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

ns and **: non-significant difference, significant difference at the level of 5 and 1 percent probability, respectively

www.SID.ir

در تنش خشکی شاهد به دست آمد (جدول ۲). سرعت جوانه‌زنی تحت تنش خشکی ۴۰ درصد تخلیه رطوبت نسبت به شاهد ۲۲ درصد کاهش یافت ولی درصد جوانه‌زنی تغییری نکرد. تحت تنش ۶۰ درصد تخلیه رطوبت درصد و سرعت جوانه‌زنی به ترتیب ۴/۹ و ۵۴/۳ درصد کاهش یافت. لذا، تنش خشکی اعمال شده بر گیاهان مادری، سرعت جوانه‌زنی بذر را به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. در آزمایش ورمزیاریان[1] و همکاران (۲۰۱۵) نیز در اثر تنش خشکی اعمال شده بر گیاهان مادری چهار رقم نخود (*Cicer arietinum* L.) درصد و سرعت جوانه‌زنی، میانگین مدت جوانه‌زنی و شاخص بنیه گیاهچه بذر حاصل از آن‌ها کاهش یافت؛ همچنین تنش خشکی بر میزان عناصر غذایی، هورمون‌های محور جنینی، فتوسنتز و آماده‌سازی گیاهان تأثیر داشته و از طریق کاهش ذخایر غذایی دانه باعث کاهش اندازه بذر گردیده و در نتیجه کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر حاصل را به‌دنبال داشت. تأثیر محلول‌پاشی گیاهان مادری با اسید سالیسیلیک و اسپرمین بر سرعت جوانه‌زنی در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین سرعت جوانه‌زنی برابر ۱۱/۷ بذر در روز در تیمار محلول‌پاشی توأم غلظت بالای اسید سالیسیلیک با اسپرمین به دست آمد (جدول ۲). سرعت جوانه‌زنی در اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر و اسپرمین به ترتیب ۱۵/۵، ۲۱/۹ و ۷/۶۲ درصد افزایش یافت. این نتایج نشان می‌دهد که تأثیر مثبت اسید سالیسیلک در هر دو غلظت بکار برده شده در مقایسه با اسپرمین بیشتر بود. بیشترین میزان افزایش در سرعت جوانه‌زنی در تیمار محلول‌پاشی توأم غلظت بالای اسید سالیسیلیک با اسپرمین برابر ۳۷/۱ درصد به دست آمد. در آزمایش شکاری[2] و همکاران (۲۰۱۰) نیز پیش‌تیمار بذر گل گاوزبان (*Borago officinalis*) با پلی آمین‌ها (اسپرمین، اسپرمیدین و پوتریسین) از طریق کاهش اثرات تنش و افزایش تولید مواد فتوسنتزی، افزایش اندازه بذر تولید شده را به دنبال داشت و بذر دارای ذخایر غذایی بیشتر، از سرعت جوانه‌زنی بالاتری برخوردار بودند. همچنین علت تسریع جوانه‌زنی در بذرهای تیمار شده با دو ترکیب فوق می‌تواند به‌علت افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده مثل آلفا آمیلاز، افزایش سطح شارژ انرژی زیستی در قالب افزایش مقدار ATP، افزایش سنتز RNA و DNA، افزایش تعداد و ارتقا عملکرد میتوکندری باشد. در واقع بخشی از پروتئین و کربوهیدرات‌های بذر در اثر فعالیت آنزیم‌ها هیدرولیزکننده تجزیه و آماده شرکت در فرایند جوانه‌زنی می‌شوند؛ که می‌تواند توجیهی برای تسریع سرعت جوانه‌زنی و کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی باشد (پیل و کورینگل[3]، ۱۹۹۷).

انرژی جوانه‌زنی، ضریب آلومتریک و شاخص بنیه بذر

تأثیر تنش خشکی اعمال شده بر گیاهان مادری بر انرژی جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین انرژی جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر به ترتیب برابر ۴ و ۶/۰۸ در شرایط بدون تنش به دست آمد (جدول ۲). شاخص بنیه بذر گیاهچه تحت تنش ۴۰ درصد تخلیه رطوبت نسبت به شاهد ۲۵/۴ درصد کاهش نشان داد ولی انرژی جوانه‌زنی تغییر نکرد. تحت تنش خشکی ۶۰ درصد انرژی جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر به ترتیب ۵/۰ و ۶۶/۶ درصد کاهش یافت. در آزمایش سید احمدی (۲۰۱۳) در تیمارهای آبیاری بر اساس ۶۰ و ۷۰ درصد نسبت به تیمار ۵۰ درصد تخلیه رطوبت، در اثر تنش خشکی اعمال‌شده بر گیاهان مادری کلزا، ضریب آلومتریک برابر ۱۷/۹ و ۳۲/۵ درصد و شاخص بنیه بذر برابر ۱۸/۴ و ۳۶/۱ درصد کاهش یافت. ماشی و گالشی[4] (۲۰۰۶) در بررسی تأثیر تنش شوری بر جوانه‌زنی بذر جو دریافتند که با افزایش سطح تنش، ضریب آلومتریک،

[1] Warmazyaryan
[2] Shekari
[3] Pill and Korengle
[4] Mashi and Galeshi

www.SID.ir

Archive of SID

به علت تغییر در تخصیص مواد بین ریشه‌چه و اندام‌های هوایی کاهش می‌یابد.

گیاهان برای تحمل تنش‌های خشکی و شوری نیاز به تنظیم اسمزی دارند و یکی از راه‌های آن تولید مواد آلی مانند سوربیتول، مانیتول، پرولین و گلایسین می‌باشد. ساخت این مواد برای گیاهان با صرف انرژی همراه است و لذا باعث کاهش رشد گیاه و کیفیت بذر آن می‌گردد (پنولاس[1] و همکاران، ۱۹۹۷). بنیه بذر که نشان‌دهنده میزان توان یک بذر برای تولید گیاهچه‌های سالم و به‌عنوان یک شاخص مهم در جوانه‌زنی و قدرت گیاهچه می‌باشد، تحت تأثیر تنش قرار می‌گیرد (هاستروپ پدرسون[2] و همکاران، ۱۹۹۳). عوامل بر شاخص بنیه بذر اثر دارند که مهم‌ترین آن‌ها ساختار ژنتیکی، محیط و تغذیه گیاه مادری و ذخایر بذر می‌باشند. تنش خشکی از طریق کاهش ضریب آلومتریک باعث کاهش بنیه بذر می‌شود. در واقع تنش با تحت تأثیر قرار دادن انتقال مواد از لپه‌ها به محور جنین، سرعت رشد محور جنین را کاهش و با جلوگیری از رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه میزان ضریب آلومتریک را کاهش می‌دهد (داتا و دایال[3]، ۱۹۹۱).

تأثیر محلول‌پاشی گیاهان مادری با اسید سالیسیلیک و اسپرمین بر شاخص بنیه بذر در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین شاخص بنیه بذر برابر ۵/۰۵ در تیمار محلول‌پاشی توأم غلظت بالای اسید سالیسیلیک با اسپرمین به دست آمد (جدول ۲). در اثر محلول‌پاشی گیاهان مادری با اسید سالیسیلیک و اسپرمین، شاخص بنیه بذر افزایش یافت. شاخص بنیه بذر با غلظت ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر و با محلول‌پاشی اسپرمین برابر ۱۵/۶، ۲۹/۴ و ۶/۰۶ درصد افزایش یافت. این نتایج نشان می‌دهد که تأثیر مثبت اسید سالیسیلیک در مقایسه با اسپرمین بیشتر بود. افزایش غلظت اسید سالیسیلیک از ۷۵ به ۱۵۰ میلی‌گرم موجب افزایش ۸۸/۴ درصدی شاخص بنیه بذر گردید. بیشترین میزان افزایش در شاخص بنیه بذر در تیمار محلول‌پاشی توأم غلظت بالای اسید سالیسیلیک با اسپرمین برابر ۴۵/۹ درصد به دست آمد.

در آزمایش شکاری و همکاران (۲۰۱۵) کاربرد پلی‌آمین‌ها (پوتریسین، اسپرمیدین و اسپرمین) از طریق تقویت سیستم آنتی‌اکسیدانی موجب بهبود درصد جوانه‌زنی، انرژی جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر گیاه گاوزبان تحت تنش شوری گردید. حسین[4] و همکاران (۲۰۰۶) نیز گزارش نمودند که کاربرد پوتریسین از طریق افزایش طول ساقه‌چه، ضریب آلومتریک را افزایش داده و باعث ایجاد مقاومت در برابر تنش می‌گردد. تأثیر مثبت پلی‌آمین‌ها در چنین شرایطی احتمالاً مربوط به نقش این هورمون‌ها در افزایش تقسیم سلولی و هورمون‌های گیاهی از قبیل اکسین و جیبرلین و کاهش آبسیزیک اسید در پایه مادری می‌باشد که به‌دنبال آن ضریب آلومتریک بذر افزایش می‌یابد. در واقع تیمار با پلی‌آمین‌ها موجب به‌حداقل رساندن آسیب سلولی می‌شود. تیمار کردن پایه مادری احتمالاً باعث‌ترمیم غشای آسیب‌دیده بذر و تغییرات در رشد محور جنینی و در نتیجه افزایش قدرت جوانه‌زنی می‌شود (روان[5] و همکاران، ۲۰۰۲).

تأثیر برهمکنش تنش خشکی و محلول‌پاشی بر ضریب آلومتریک در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین ضریب آلومتریک (۰/۴۱۲) در اثر محلول‌پاشی توأم غلظت بالای اسید سالیسیلیک با اسپرمین در تنش خشکی شاهد به دست آمد (جدول ۲). در اثر اعمال تنش خشکی بر گیاهان مادری ضریب آلومتریک بذرهای جوانه‌زده آن‌ها کاهش یافت. بیشترین درصد کاهش (۲۰/۶ درصد) در سطح تنش ملایم آب در تیمار محلول‌پاشی توأم غلظت بالای اسید سالیسیلیک با اسپرمین و در تنش شدید در تیمار بدون محلول‌پاشی (۶۰/۶ درصد) و کمترین آن در سطح تنش ملایم (۲/۸۳ درصد) در تیمار محلول‌پاشی با اسپرمین و در سطح تنش شدید (۳۳/۲ درصد) در تیمار محلول‌پاشی توأم غلظت بالای اسید سالیسیلیک با اسپرمین به دست آمد. (جدول ۳). بالاترین مقادیر افزایشی در اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک به‌تنهایی

[1] Penuelas
[2] Hasstrup Pedersen
[3] Datta and Dayal
[4] Hussein
[5] Ruan

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف تنش خشکی، اسید سالیسیلیک و اسپرمین بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر گیاه سرخارگل

Table 2. Mean comparison of different moisture levels, salicylic acid and spermine effect on seed germination indices of Purple coneflower.

Treatment: تیمار								
Drought Stress (% of moisture depletion) تنش خشکی (درصد تخلیه رطوبت)		طول ساقه‌چه Plumule length (mm)	طول گیاهچه Seedling length (mm)	وزن خشک ساقه‌چه Plumule dry weight (mg)	سرعت جوانه‌زنی Germination rate (seed/day)	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	انرژی جوانه‌زنی Germination energy	شاخص بنیه بذر Germination vigour
20		34.7 a	60.8 a	4.00 a	13.6 a	90 a	4.00 a	6.08 a
40		25.8 b	45.3 b	3.48 b	10.6 b	90 a	4.00 a	4.53 b
60		14.6 c	21.0 c	2.58 c	6.21 c	85.1 b	3.80 b	2.03 c
Spray	محلول‌پاشی							
Non- Spray	عدم محلول‌پاشی	21.0 d	34.8 d	3.01 d	8.53 d	87.7 a	3.91 a	3.46 d
Salicylic acid 75 mg/l	اسید سالیسیلیک ۷۵ میلی‌گرم در لیتر	24.4 bc	40.4 c	3.23 c	9.86 b	87.7 a	3.91a	4.00 c
Salicylic acid 150 mg/l	اسید سالیسیلیک ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر	27 ab	45.0 b	3.42 b	10.4 b	89.1 a	3.96 a	4.48 b
Spermine	اسپرمین	22.4 cd	37.4 cd	3.18 c	9.18 c	85.5 a	3.82 a	3.67 cd
Salicylic acid 75 mg/l + spermine	اسپرمین + اسید سالیسیلیک ۷۵ میلی‌گرم در لیتر	26.9 ab	46.2 b	3.59 a	11.1 a	90 a	4.00 a	4.62 b
Salicylic acid 150 mg/l + spermine	اسپرمین + اسید سالیسیلیک ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر	28.7 a	50.5 a	3.69 a	11.7 a	90 a	4.00 a	5.05 a

در هر ستون و برای هر تیمار، میانگین‌های با حروف مشابه در سطح ۵٪ آزمون LSD با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

In each coulmn and for each treatment, means with the same letters are not significantly different at P<0.05 of LSD test.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- مقایسه میانگین برهمکنش تنش خشکی و محلول‌پاشی برای برخی صفات مربوط به رشد گیاهچه سرخارگل.

Table 3. Mean comparison of interaction of irrigation and spray on some seedling growth traits of *Echinacea purpurea*.

تنش خشکی (درصد تخلیه رطوبت) Drought Stress (Moisture depletion (%))	Spray	محلول‌پاشی	طول ریشه‌چه (میلی‌متر) Radicle length (mm)	وزن خشک ریشه‌چه (میلی‌گرم) Radicle dry weight (mg)	وزن خشک گیاهچه (میلی‌گرم) Seedling dry weight (mg)	ضریب آلومتریک Allometric factor
20	Non- Spray	عدم محلول‌پاشی	22.9 ^{d}	1.20 ^{ef}	4.83 ^{de}	0.330 ^{cde}
	Salicylic acid 75 mg/l	اسید سالیسیلیک ۷۵ (mg/l)	25.3 ^{c}	1.27 ^{d}	5.00 ^{cd}	0.340 ^{cd}
	Salicylic acid 150 mg/l	اسید سالیسیلیک ۱۵۰ (mg/l)	27.0 ^{b}	1.37 ^{c}	5.32 ^{b}	0.346 ^{c}
	Spermine	اسپرمین	24.6 c	1.24 ^{de}	5.22 ^{bc}	0.317 ^{ef}
	Salicylic acid 75 mg/l + Spermine	اسید سالیسیلیک ۷۵ (mg/l) + اسپرمین	27.9 ^{ab}	1.62 ^{b}	5.94 ^{a}	0.375 ^{b}
	Salicylic acid 150 mg/l + Spermine	اسید سالیسیلیک ۱۵۰ (mg/l) + اسپرمین	28.8 ^{a}	1.81 ^{a}	6.20 ^{a}	0.412 ^{a}
40	Non- Spray	عدم محلول‌پاشی	15.6 ^{g}	0.97 ^{h}	4.26g	0.294 f ^{g}
	Salicylic acid 75 mg/l	اسید سالیسیلیک ۷۵ (mg/l)	18.4 f	1.11 ^{g}	4.64 ^{ef}	0.315 ^{ef}
	Salicylic acid 150 mg/l	اسید سالیسیلیک ۱۵۰ (mg/l)	21.2 ^{e}	1.14 f ^{g}	4.72 ^{de}	0.320 ^{e}
	Spermine	اسپرمین	16.7 ^{g}	1.03 h	4.36 ^{fg}	0.308 ^{ef}
	Salicylic acid 75 mg/l + Spermine	اسید سالیسیلیک ۷۵ (mg/l) + اسپرمین	22.0 ^{de}	1.16 ^{fg}	4.75 ^{de}	0.324 ^{cde}
	Salicylic acid 150 mg/l + Spermine	اسید سالیسیلیک ۱۵۰ (mg/l) + اسپرمین	22.7 ^{d}	1.18 ^{f}	4.78 ^{de}	0.327 ^{cde}
60	Non- Spray	عدم محلول‌پاشی	3.13 ^{k}	0.028 ^{m}	2.15 ^{l}	0.030 ^{k}
	Salicylic acid 75 mg/l	اسید سالیسیلیک ۷۵ (mg/l)	4.13 ^{k}	0.135 ^{l}	2.56 ^{k}	0.054 ^{j}
	Salicylic acid 150 mg/l	اسید سالیسیلیک ۱۵۰ (mg/l)	5.83 ^{j}	0.420 ^{k}	3.17 ^{j}	0.152 ^{i}
	Spermine	اسپرمین	3.53 ^{k}	0.055 ^{m}	2.28 ^{l}	0.024 ^{k}
	Salicylic acid 75 mg/l + Spermine	اسید سالیسیلیک ۷۵ (mg/l) + اسپرمین	8.10 ^{i}	0.680 ^{j}	3.55 ^{i}	0.236 ^{h}
	Salicylic acid 150 mg/l + Spermine	اسید سالیسیلیک ۱۵۰ (mg/l) + اسپرمین	13.6 ^{h}	0.850 ^{i}	3.94 ^{h}	0.275 ^{g}

در هر ستون، میانگین‌های با حروف مشابه در سطح ۵٪ آزمون LSD با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

In each coulmn means with the same letters are not significantly different at P<0.05 of LSD test.

www.SID.ir

Archive of SID

و یا همراه با اسپرمین در سطح شدید تنش خشکی به دست آمد. با این حال، میزان افزایش ضریب آلومتریک در اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک توأم با محلول‌پاشی اسپرمین در سطح ملایم تنش در مقایسه با شاهد کمتر بود. بالاترین مقادیر افزایشی ضریب آلومتریک در اثر محلول‌پاشی اسپرمین در سطح تنش ملایم آب به دست آمد.

به نظر می‌رسد تیمار گیاهان با اسید سالیسیلیک و اسپرمین، به دلیل فعال‌سازی فعالیت متابولیکی، مانند همانندسازی DNA، تحریک فعالیت RNA و در نتیجه افزایش میزان پروتئین‌سازی، ترمیم غشای سلولی آسیب دیده و تولید هورمون‌های تحریک‌کننده جوانه‌زنی، باعث افزایش وزن خشک گیاهچه و افزایش ضریب آلومتریک می‌شود (چوجونوواسکی و کومی[1]، ۱۹۹۷). افزایش معنی‌دار ضریب آلومتریک تحت تأثیر محلول‌پاشی، بیان‌کننده این مطلب است که رشد ساقه‌چه در مقایسه با ریشه‌چه به کاهش پتانسیل آب حساس‌تر بوده و آستانه فشار آماس سلول‌های ریشه‌چه نسبت به ساقه‌چه کمتر است (ایسوند[2] و همکاران، ۲۰۰۸).

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، اعمال تنش خشکی بر گیاهان مادری سرخارگل تأثیر منفی و محلول‌پاشی این گیاهان با اسید سالیسیلیک و اسپرمین در مزرعه تأثیر مثبت بر جوانه‌زنی بذر حاصل از آن‌ها در آزمایشگاه داشت. در اثر تنش خشکی بر گیاه مادری، وزن ریشه‌چه در مقایسه با وزن ساقه‌چه و گیاهچه و سرعت جوانه‌زنی در مقایسه با درصد جوانه‌زنی به نسبت بیشتری کاهش یافت. همچنین تنش خشکی اعمال شده در مزرعه بر گیاه مادری بر شاخص بنیه بذر در مقایسه با انرژی جوانه‌زنی و ضریب آلومتریک اثر منفی بیشتری داشت. تأثیر مثبت اسید سالیسیلیک در مقایسه با اسپرمین بیشتر بود. براساس این نتایج محلول‌پاشی گیاهان سرخارگل با اسید سالیسیلیک و اسپرمین در مزرعه موجب بهبود کیفیت جوانه‌زنی بذر آن‌ها گردید و محلول‌پاشی غلظت بالای اسید سالیسیلیک با اسپرمین بیشترین اثر مثبت را بر مولفه‌های جوانه‌زنی دارا بود. بر این اساس، برای کاهش اثرات تنش خشکی در مزرعه بر جوانه‌زنی بذر سرخارگل، محلول‌پاشی این گیاه با اسید سالیسیلیک با غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر به همراه اسپرمین با غلظت ۷۰ میلی‌گرم در لیتر توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از کارکنان محترم ایستگاه البرز موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور و دانشگاه صنعتی اصفهان، به‌واسطه همکاری ایشان و فراهم آوردن شرایط لازم جهت اجرای این پژوهش سپاسگزاری می‌شود.

[1] Chojnovski and Come
[2] Eisvand

www.SID.ir

منابع

Abdoli, M., and Saeidi, M. 2012. Effects of water deficiency stress during seed growth on yield and its components, germination and seedling growth parameters of some wheat cultivars. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 4(15): 1110-1118.

Agrawal, R. 1980. Seed technology. Oxford adnd IBH Publishing Co. LTD. New Dehli.

Askari, E., Ehsanzadeh, P., and Zenali, H. 2016. Physiological and growth responses of 12 fennel (*Foeniculum valgare* Mill) genotypes to water potential at seedling stage. Journal of Plant Process and Function, 4(14): 1-16. [In Persian with English Summary].

Aslani, L., Mobli, M., and Solaimani, M. 2015. Effects of different spermidine concentrations on germination of three cucumber (*Cucumis sativus*) cultivars under low temperature. Iranian Journal of Seed Research, 2(1): 53-63. [In Persian with English Summary].

Azimi, M. S., Daneshian, J., Sayfzadeh, S., and Zare, S. 2013. Evaluation of amino acid and salicylic acid application on yield and growth of wheat under water deficit. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 5(8): 816-819.

Baalibaki, R.Z., Zurayk, R.A., Bleik, M.M., and Talhouk, S.N. 1999. Germination and seedling development of drought tolerant and susceptible wheat under moisture stress. Seed Science and Technology, 27(1): 291-302.

Bachrach, U. 2005. Naturally occurring polyamines: interaction with macro-molecules. Current Protein Peptide Science, 6(6): 559-566. https://doi.org/10.2174/138920305774933240

Bajji, M., Kient, J.M., and Lutts, S. 2002. Osmotic and ionic effects of NaCl on germination, early seedling growth and ion content of *Atriplex halimus* (Chenopodiaceae). Canadian Journal of Botany, 80(3): 297-304. https://doi.org/10.1139/b02-008

Ceeh, R. 2006. Phytochemical variation within populations of *Echinacea purpurea* (Asteraceae). Biochemical Systematics and Ecology, 30(9): 837-854.

Chojnowski, F.C., and Come, D. 1997. Physiology and biochemical changes induced in sunflower seeds by osmopriming and drying, storage and aging. Seed Science Research, 7: 323-331. https://doi.org/10.1017/S096025850000372X

Couee, I., Hummel, I., Sulmon, C., Gouesbet, G., and EL- Amrani, A. 2004. Involvement of polyamines in root development. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 76(1): 1-10. https://doi.org/10.1023/A:1025895731017

Daneshmand, F., Arvin, M.J., Keramat, B., and Momeni, N. 2014. Interactive effects of salt stress and salicylic acid on germination and plant growth parameters of maize (*Zea mays* L.) under field conditions. Journal of Plant Process and Function, 1(1): 56-70. [In Persian with English Summary].

Datta, K.S., and Dayal, J. 1991. Studies on germination and early seedling growth of gram (*Cicer arietinum* L.) as affected by salinity. In: K.K., Dhir, I.S., Dua., and K S. Chark, (eds.). New Trends in Plant Physiology, 1: 273-276.

El-Tayeb, M.A. 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regulators, 45(3): 215-225. https://doi.org/10.1007/s10725-005-4928-1

Eisvand, H.R., Tavakkol Afshari, R., Sharifzadeh, F., Maddah Arefi, H., and Hesamzadeh Hejazi, S.M. 2008. Improve the physiological quality of the seeds of decline in tall wheat grass (*Agropyron elongatum* Host) using hormonal priming for stress and non-stress conditions. Iranian Journal of Field Crop Science, 39(1): 53-65. [In Persian with English Summary].

Fariduddin, Q., Hayat, S., and Ahmad, A. 2003. Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity, and seed yield in *Brassica juncea*. Photosynthetica, 41: 281-284. https://doi.org/10.1023/B:PHOT.0000011962.05991.6c

www.SID.ir

Farooq, M., Shahzad, M.A., Basra, H., and Rehman, M. 2008. Seed priming with polyamines improves the germination and early seedling growth in fine rice. Journal of New Seed, 9(1): 145-155. https://doi.org/10.1080/15228860802087297

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., and Basra, S. M. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development, 29(1): 185-212. https://doi.org/10.1051/agro:2008021

Figueroa, R., Herms, D. A., Cardina, J. and Doohan, D. 2010. Maternal environment effects on common groundsel (*Senecio vulgaris*) seed dormancy. Weed Science, 58(2): 160-166. https://doi.org/10.1614/WS-D-09-00006.1

Hasstrup Pedersen, L., Jorjensen, P.E., and Poulsen, I. 1993. Effect of seed vigour and dormancy on field emergence, development and grain yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) and winter barley (*Hordeum vulgare* L.). Seed Science and Technology, 21(1): 159-178.

Heidari, H. 2012. Foxtail millet (*Setaria italica*) mother plants exposure to deficit and alternate furrow irrigation and their effect on seed germination. Annals of Biological Research, 3(6): 2559-2564.

Heshmat, S., Aldesuqu, A., akaria, Y., Baka, Z., and Bardees, M. 2013. Does exogenous application of kinetin and spermine mitigate the effect of seawater on yield attributes and biochemical aspects of grains?. Journal of Stress Physiology and Biochemistry, 2(1): 21-34.

Hosseini, M., and Hadad Khodaparast, M.H. 2004. Effect of environmental agent on Nurozak (*Salvia leriifolia* Benth) germination in lab condition. Pajouhesh and Sazandegi, (10)37: 42-45. [In Persian with English Summary].

Hu, C., and Kitts, D. D. 2000. Studies on the antioxidant activity of Echinacea root extract. Journal of Agricultural Food Chemistry Abbreviation, 48(5): 1466-1472. https://doi.org/10.1021/jf990677+

Hussein, M., Nadia, M., EL-Gereadly, H.M., and EL-Desuki, M. 2006. Role of putrescine in resistance to salinity of pea plants (*Pisum sativum* L.). Journal of Applied Science Research, 2(9): 598-604.

International Seed Testing Association (ISTA). 2011. Handbook of vigor test methods. 2nd International Seed Testing Association, Zurich, Switzerland.

Jie, S,. Xing-Zheng, F., Ting, P., Xiao-San, H., Qi-Jun, F., and Ji-Hong, L. 2010. Spermine pretreatment confers dehydration tolerance of citrus in vitro plants via modulation of antioxidative capacity and stomatal response. Tree Physiology, 30(7): 914-922. https://doi.org/10.1093/treephys/tpq030

Jing, C., Cheng, Z., and Zhong, S. 2007. Effect of exogegenous salicylic acid on growth and H2O2-metabolizing enzymes in rice seedlings under lead stress. Journal of Environmental Sciences, 19(1): 44-49. https://doi.org/10.1016/S1001-0742(07)60007-2

Kabiri, R., and Naghizadeh, M. 2015. Exogenous acetyl salicylic acid stimulates physiological changes to improve growth, yield and yield components of barley under water stress condition. Journal of Plant Physiology and Breeding, 5(1): 35-45.

Kafi, M., Eishi Rezaii, A., Hagighikhah, M., and Gorbanim, S. 2010. Effect of salinity and seed priming on germination and seedling characteristics of two medicinal citrus species. Journal of Agricultural Ecology, 2: 245-255.

Kaur-awhney, R., Tiburcio, A., Altabella, T., and Galton, W. 2003. Polyamines in plants: An overview. Journal of Cell and Molecular Biology, 2(1): 1-12.

www.SID.ir

Khaksar, K., Badrooj, H.R., Hamidi, A., and Shiranirad, A.H. 2013. Effect of drought stress and normal irrigation on mother plant of some canola spring cultivars seedling emergence and establishment in field. Crop Production in Environmental Stress, 4(4): 63-71.

Khan, A.S., Zora, S., and Abbasi, N.A. 2007. Pre-storage putrescine application suppresses ethylene biosynthesis and retards fruit softening during low temperature storage in Angelino plum. Postharvest Biology and Technology, 46(1): 36-46. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.03.018

Khavazeh, M. 1998. Effect of salinity on germination, growth, and Cl, Na content of four arid and desert species. M.Sc. Thesis, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. [In Persian with English Summary].

Kiani, M., Bagheri, M., and Nezami, A. 1998. Lentil genotypes response using PEG 6000. Agricultural Science and Technology, 1(1): 39-59.

Liu, J.H., Kitashiba, H., Wang, J., Ban, Y., and Moriguchi, T. 2007. Polyamines and their ability to provide environmental stress tolerance to plants. Plant Biotechnology, 24(1): 117-126. https://doi.org/10.5511/plantbiotechnology.24.117

Lopez, M., Humara, J. M., Casares, A. and Majada, J.1999. The effect of temperature and water stress on laboratory germination of *Eucalyptus globulus* Labill. seeds of different sizes. Annals of Forest Science, 57: 245-250. https://doi.org/10.1051/forest:2000115

Maguire, J. D. 1962. Speed of germination in selection and evolution for seeding vigor. Crop Science, 2(2): 176-177. https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x

Mashi, A., and Galeshi, S. 2007. The effect of salinity on germination indexes of four Hull-less barley genotypes. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 13(6): 45-57. [In Persian with English Summary].

Metwally, A., Finkemeier, I., Georgi, M., and Dietz, K.J. 2003. Salicylic acid alleviates the cadmium toxicity in barley seedlings. Physiology and Biochemistry of Plant, 132: 272-281. https://doi.org/10.1104/pp.102.018457

Moreno-Martiners, E., Vazquez-badillo, M. E., Rivera, A., Navarrete, R., and Esquive villargana, F. 1998. Effect of seed shape and size on germination of corn (*Zea mays* L.) saturated under adverse condition. Seed Science and Technologies, 26(1): 439-448.

Nemeth, M., Janda, T., Hovarth, E., Paldi, E., and Szali, G. 2002. Exogenous salicylic acid increases polyamine content but may decrease drought tolerance in maize. Plant Science, 162(4): 569-574. https://doi.org/10.1016/S0168-9452(01)00593-3

Parmoon, G.H., Ebadi, A., Ghaviazm. A., and Miri, M. 2013. Effect of seed priming on germination and seedling growth of Chamomile under salinity. Electronic Journal of Crop Production, 6(3): 145-164. [In Persian with English Summary].

Penuelas, J., Isla, R., Filella, I., and Araus, J. 1997. Visible and near-infrared reflectance assessment of salinity effects on barley. Reprinted from Crop Science, 37(1): 198-202. https://doi.org/10.2135/cropsci1997.0011183X003700010033x

Pill, W.G., and Korengle, T.K. 1997. Seed priming advance the germination of Kentuckly bluegrass (*Poa pratensis* L.). Journal of Turfgrass Management, 2: 27-43. https://doi.org/10.1300/J099v02n01_03

Popova, L.P., Maslenkova, L.T., Yordanova, R.Y., Ivanova, A.P., Krantev, A P., Szalai, G., and Janda, T. 2009. Exogenous treatment with salicylic acid attenuates cadmium toxicity in pea seedlings. Plant Physiology and Biochemistry, 47(3): 224-231. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2008.11.007

Rajasekaran, L.R., Stiles, A., Surette, M.A., Sturz, A.V., Blake, T.J., Caldwell, C., and Nowak, J. 2002. Stand establishment technologies for processing carrots: Effects of various temperature

www.SID.ir

regimes on germination and the role of salicylates in promoting germination at low temperatures. Canadian Journal of Plant Science, 82: 443-450. https://doi.org/10.4141/P01-016

Raskin, I. 1992. Role of salicylic acid in plants. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 43(1): 439-463. https://doi.org/10.1146/annurev.pp.43.060192.002255

Riginos, C., Heschel, M.S., and Schmitt, J. 2007. Maternal effects of drought stress and inbreeding in impatiens capensis (Balsaminaceae). American Journal of Botany, 94(12): 1984-1991. https://doi.org/10.3732/ajb.94.12.1984

Ruan, S., Xue, Q., and Tylkawska, K. 2002. The influence of priming on germination of rice (*Oryza sativa* L.) seeds and seedling emergence and performance in flooded soil. Seed Science and Technology, 30(1): 61-67.

Sadat Noori, A., Shiranirad, A.H., Alahdadi, I., Akbari, G.H. and Labafi Hasan Abadi, M.R. 2007. Investigation of seed vigor and germination of canola cultivars under less irrigation in padding stage and after it. Pakistan Journal of Biological Science, 10(17): 2880-2884. https://doi.org/10.3923/pjbs.2007.2880.2884

Saeidnejad, A.H., Pouramir, F., and Naghizadeh, M. 2012. Improving chilling tolerance of maize seedlings under cold conditions by spermine application. Notulae Scientia Biologicae, 4(3): 110-117. https://doi.org/10.15835/nsb437554

Scott, S.J., Jones, R.A., and Williams, W.A. 1984. Review of data analyisis methods for seed germination. Crop Science, 24(6): 1192-1199. https://doi.org/10.2135/cropsci1984.0011183X002400060043x

Seyed Ahmadi, S.A. 2013. Evaluation of germination components and vigor of parent seeds canola produced from of heat and drought stress in end of the growing season. Crop Physiology Journal, 17(5): 61-75.

Shekari, F., Asadi Danalo, A., and Mustafavi, S.H. 2015. Exogenous polyamines improve seed germination of borage under salt stress via involvement in antioxidant defenses. Walia Journal, 31(6): 57-63.

Shekari, F., Baljani, R., Saba, J., Afsahi, K., and Shekari, F. 2010. Effect of seed priming with salicylic acid on growth characteristics of borage plants (*Borago officinalis*) seedlings. Agroecology Journal (Journal of New Agricultural Science), 6(18): 47-53. [In Persian with English Summary].

Soltani, A., Gholipoor, M., and Zeinali, E. 2006. Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. Environmental and Experimental Botany, 55(1-2): 195-200. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2004.10.012

Verma, S., and Mishra, S.N. 2005. Putrescine alleviation of growth in salt stressed *Brassica Juncea* by inducing antioxidative defense system. Journal of Plant Physiology, 162(2): 669-677. https://doi.org/10.1016/j.jplph.2004.08.008

Warmazyaryan, Kh., Sohrabi, Y., and Weisani, W. 2015. Germination characteristics of seeds obtained from four chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under different irrigation levels. Plant Production Technology, 15(1): 87-98. [In Persian with English Summary].

Zakaria, M.S., Ashraf, H., and Serag, E.Y. 2009. Direct and residual effects of nitrogen fertilization, foliar application of potassium and plant growth retardant on Egyptian cotton growth, seed yield, seed viability and seedling vigor. Acta Ecological Sinica, 29(1): 116-123.

Zhou, X., Mackeuzie, A., Madramootoo, C., and Smith, D. 1999. Effect of stem-injected plant growth regulators with or without sucrose on grain production, biomass and photosynthetic activity of field

www.SID.ir

grown corn plants. Journal of Agronomy and Crop Science, 183(2): 103-110. https://doi.org/10.1046/j.1439-037x.1999.00331.x

www.SID.ir

Archive of SID

Effects of Foliar Application of Salicylic Acid and Spermine on Maternal Plant under Drought Stress on Germination Indices of Purple Coneflower (*Echinacea purpurea*)

Hakimeh Darvizheh [1], Mortez Zahedi [2,*], Bohlul Abbaszadeh [3], Jamshid Razmjoo [2]

Extended abstract

Introduction: *Echinacea purpurea*, a member of Asteraceae family, is a herbal medicine which is effective for promoting human immune system. Enviromental stresses including water defecit, which limit maternal plant growth, can also affect their seed quality and germination. Various compounds such as salicylic acid and spermin are known to be useful in the alleviation of harmful effects of drought on plants and their seed production.

Materials and Methods: In order to investigate the seed vigor of Purple Coneflower after foliar application of salicylic acid (SA) and spermine (SPM) on maternal plant (no spray,75 mg/l SA, 150 mg/L SA, 75 mg/L SPM, 75 mg/l SA+75 mg/L SPM and 150 mg/L SA+75 mg/L SPM) under three irrigation regimes (irrigation after 20, 40 and 60% depletion of soil available water), a split plot experiment was conducted based on a completely randomized block design with three replications during 2016- 2017 growing seasons at research field of Institute of Forests and Rangelands, Iran.

Results: Water stress decreased the percentage and rate of germination, shoot and seedling length, shoot dry weight, germination energy and seed germination vigour. The results showed that foliar application had a significant effect on shoot, root and seedling length, shoot, root and seedling dry weight, germination rate, allometric factor, and germination vigour. The interaction effect of drought stress and foliar application indicated that non-stress and 150 SA+70 SPM mg/L had the highest radicle length (28.8 mm), radicle dry weight (1.81mg), seedling dry weight (6.20 mg) and Allometric factor (0.412).

Conclusions: Based on the results of the current experiment, the foliar application of salicylic acid and spermine improved the seed germination of coneflower plants under both normal and water stress conditions and the highest values of these parameters were obtained under combained application of high concentrations of salicylic acid (150 mg/L) and spermine (75 mg/L).

Keywords: Germination energy, Germination rate, Germination vigour, Allometric factor

Highlights:

1- Investigating the foliar application of salicylic acid and spermine in maternal Echinacea purpurea plant under drought stress in germination of seed.
2- The foliar application of salicylic acid and spermine on maternal plants of Echinacea improved germination quality under water stress.

[1] Ph.D. Student Department of Agronomy, Collage of Agricultural Sciences, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran
[2] Associate Professor and Professor, Department of Agronomy and Plant breeding, Collage of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran
[3] Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

*Corresponding author, E-mail address: mzahedi@cc.iut.ac.ir

DOI: 10.29252/yujs.5.1.1

(Received: 07.10.2017; Accepted: 02.06.2018)

www.SID.ir