به‌زراعی کشاورزی

دوره ۱۷ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۴

صفحه‌های ۴۴۰-۴۳۱

بررسی کاربرد اسید سالیسیلیک بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه مریم‌گلی کبیر تحت تنش شوری

بهاره کاشفی[۱]*، محدثه قدس[۲]، محمد مقدم[۳]

۱. استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان، دامغان، ایران
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان، دامغان، ایران
۳. استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۳/۰۴/۰۶ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۹/۲۰

چکیده

به‌منظور بررسی اثر متقابل شوری و اسید سالیسیلیک بر برخی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی در گیاه مریم‌گلی کبیر، آزمایشی گلدانی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه سطح کلرید سدیم و شاهد (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار)، به‌عنوان فاکتور اول و سه سطح محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و شاهد (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر) به‌عنوان فاکتور دوم با سه تکرار، در گلخانهٔ مرکز آموزش جهاد کشاورزی شهرستان سمنان در سال ۱۳۹۲ اجرا شد. نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد اثر متقابل تنش شوری و سطوح اسید سالیسیلیک به‌غیر از طول برگ، وزن تر و مقدار کاروتنوئید در بقیهٔ صفات معنادار بود. بیشترین تأثیر در سطح شوری ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار و کاربرد ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک دیده شد. سطوح شوری بر تعداد و سطح برگ، طول دمبرگ، طول و عرض برگ، وزن تر و خشک برگ، طول ریشه، غلظت کلروفیل‌ها در این گیاه تأثیرگذار بود، به‌طوری که با افزایش سطح شوری میزان آنها کاهش یافت، اما مقدار قندهای محلول و پرولین و کاروتنوئید افزایش یافت. کاربرد اسید سالیسیلیک در همهٔ صفات اثر کاهنده نشان داد.

کلیدواژه‌ها: تنظیم‌کنندهٔ رشد، صفات رشدی، کلریدسدیم، مریم‌گلی، نعناعیان.

* نویسنده مسئول Email: bahareh.kashefi@gmail.com

۱. مقدمه

گیاهان دارویی ارزش و اهمیت خاصی در تأمین بهداشت و سلامت جوامع، به‌لحاظ درمان و پیشگیری از بیماری‌ها، دارند و در طول نسل‌ها از مهم‌ترین منابع تأمین‌کنندهٔ غذایی و دارویی بشر بوده‌اند [۱].

جنس مریم‌گلی[1] در ایران ۵۸ گونه دارد که ۱۷ گونهٔ آن بومی ایران‌اند؛ بقیهٔ گونه‌ها علاوه‌بر ایران، اغلب در کشورهای منطقهٔ خاورمیانه می‌رویند [۲]. مریم‌گلی کبیر از تیرهٔ نعناعیان[2] زیر راستهٔ لامیان است؛ گیاهی چندساله، بوته‌ای که بومی سواحل مدیترانه‌ای اروپاست و در ایران نیز کشت می‌شود [۹]. گیاهان تیرهٔ نعناع پراکندگی وسیعی در سراسر جهان دارند و شامل ۱۸۷ جنس و حدود ۳۰۰۰ گونه‌اند [۸]. از ترکیباتی که در این گیاه شناسایی شده‌اند، می‌توان اسانس (توجون[3]، بورنئول[4] و سینئول[5]) تانن و اسیدهای فنولیک را نام برد. مریم‌گلی در طب سنتی، برای رفع ضعف مفرط با منشأ عصبی، ضعف اعصاب، خستگی عمومی، سرگیجه‌های عصبی، تهوع و استفراغ، لرزش اندام‌ها و فلج مصرف می‌شود [۶]. این گیاه در بسیاری از نقاط کشور قابلیت کشت دارد، به‌طوری که در آذربایجان، مازندران، فارس و مناطقی در کوه‌های البرز، دیزین، کندوان و مکان‌های خشک یا سنگلاخی و دامنه‌های بایر قابل رؤیت است [۲].

اسید سالیسیلیک متعلق به گروهی از ترکیبات فنولی است که به‌طور وسیعی در گیاهان وجود دارد و امروزه ماده‌ای شبه‌هورمونی محسوب می‌شود که عامل مهمی در رشدونمو گیاهان است [۲۳]. این ترکیب یکی از مولکول‌های سیگنال‌دهندهٔ مهم است که سبب واکنش گیاه در برابر تنش‌های محیطی می‌شود و همانند یک آنتی‌اکسیدانت غیرآنزیمی تأثیر زیادی در تنظیم فعالیت‌های فیزیولوژیکی و مقاومت سیستمیک در گیاه دارد [۲۴، ۱۳].

اسید سالیسیلیک موجب بهبود فتوسنتز و عملکرد ذخیره‌شده در بافت گیاه تحت تنش شوری شد [۷]. پیش‌تیمار گیاه جو با اسید سالیسیلیک موجب افزایش میزان آب نسبی، وزن تر و خشک، میزان رنگدانه‌های فتوسنتز، و کربوهیدرات‌های نامحلول در شرایط تنش شوری شد [۲۰]. با توجه به اهمیت دارویی گیاه مریم‌گلی کبیر و همچنین توسعهٔ مناطق شور در بسیاری از نقاط کشور، استفاده از راهکارهایی به‌منظور افزایش عملکرد و کارایی گیاهان می‌تواند مسیری در جهت پیشبرد اهداف بلندمدت دارویی باشد. کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی با حداقل آثار سوء و هزینهٔ کم می‌تواند در توسعه و بهبود کشاورزی مؤثر باشد.

هدف پژوهش حاضر، بررسی کاربرد اسید سالیسیلیک بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه مریم‌گلی کبیر تحت تنش شوری است.

۲. مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌صورت آزمایش فاکتوریل بر پایهٔ طرح کاملاً تصادفی در سه گلدان در سه تکرار، در مرکز آموزش جهاد کشاورزی سمنان در سال ۱۳۹۲ انجام گرفت. هر تکرار شامل سه گلدان بود. بذر مریم‌گلی کبیر از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. پس از کشت بذور و تولید نشا، گیاهچه‌ها به گلدان‌هایی به ابعاد ۲۰ × ۱۰ سانتی‌متر منتقل و در شرایط گلخانه با دمای ۲ ± ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری شدند. روشنایی مورد نیاز با شدت نور معادل ۱۲۰۰۰ لوکس تأمین شد. خاک گلدان‌ها از ماسه، خاک زراعی و خاکبرگ (به نسبت ۱:۱:۲) تشکیل شده بود. مشخصات خاک استفاده‌شده در جدول ۱ آورده شده است.

1. *Salvia Sclarea*
2. Labiatae
3. Thujon
4. 1-8-borneo
5. Cineol

جدول ۱. نتایج آزمون خاک استفاده‌شده در تحقیق

نیتروژن (٪)	فسفر (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	آهک (%)	اسیدیته	هدایت الکتریکی (ds/m)	کربن آلی (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	شن (٪)	بافت خاک	کربنات (meq/l)	بی‌کربنات (meq/l)	کلر (meq/l)
۰/۰۰۴	۱۳/۵	۱۸۰	۲۵	۷/۸	۳/۵	۰/۰۳۵	۲۸	۶	۶۶	لوم ماسه‌ای	۰	۳	۱۵/۵

آبیاری گلدان‌ها در حد ظرفیت زراعی و به‌صورت روزانه با آب مقطری که هدایت الکتریکی آن ۱۸۹/۴ میکروزیمنس بر سانتی‌متر و اسیدیتهٔ ۶/۵ بود، صورت گرفت. تیمار شوری و اسید سالیسیلیک بعد از استقرار یک گیاهچه در هر گلدان و در مرحلهٔ چهار تا پنج‌برگی اعمال شد. تیمار شوری در سه سطح کلرید سدیم ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار و شاهد (بدون شوری)، به‌فاصلهٔ پنج روز توسط آب آبیاری با حجم ۱ لیتر انجام گرفت. کاربرد اسید سالیسیلیک در سه سطح ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر و شاهد و به‌صورت اسپری برگی یک هفته پس از تیمار شوری اعمال و به‌فاصلهٔ هفت روز یک بار اعمال شد. براساس واکنش گیاهان پس از اعمال تیمارها به‌مدت پنج هفته، گیاهان برداشت و صفات مورد نظر اندازه‌گیری شدند. صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی مورد بررسی شامل تعداد و سطح برگ، طول دمبرگ، طول و عرض برگ، وزن تر و خشک برگ، طول ریشه، مقدار کاروتنوئید و کلروفیل، غلظت پرولین و قندهای محلول در برگ‌ها بودند.

پس از خارج کردن حجم کامل ریشه، اندازه‌گیری برحسب سانتی‌متر مربع صورت گرفت. اندازه‌گیری وزن تر و خشک برگ‌ها با ترازویی با دقت یک‌هزارم گرم انجام گرفت. به‌منظور تعیین وزن خشک برگ‌ها، نمونه‌ها داخل فویل در آون به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد خشک شدند. اندازه‌گیری سطح برگ با دستگاه سطح برگ‌سنج[1] برحسب سانتی‌متر مربع صورت گرفت. به‌منظور اندازه‌گیری طول و عرض برگ و طول دمبرگ به‌طور تصادفی چند برگ از هر گلدان انتخاب و میانگین طول و عرض برگ و طول دمبرگ به‌طور جداگانه تعیین و برحسب سانتی‌متر ثبت شد.

برای به‌دست آوردن غلظت قندهای محلول، یک‌دهم گرم از نمونه‌ها آسیاب شد و ۱۵ میلی‌لیتر اتانول ۸۰ درصد که پیشتر گرم شده بود درون فالکون ۲۰ ثانیه ورتکس و به‌مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه در دستگاه سانتریفیوژ رسوب‌گیری شد. فاز مایع در پتری‌دیش به‌مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری شد تا اتانول آنها تبخیر شود. جرم زرد باقی‌مانده با ۴۰ میلی‌لیتر آب مقطر شست‌وشو و درون فالکون ۵۰ میلی‌لیتر ریخته شد. به‌منظور حذف رسوبات اضافی و ترکیبات دیگر، ۵ میلی‌لیتر از محلول ۵ درصد سولفات روی و ۴/۷ میلی‌لیتر از محلول هیدروکسیدباریم ۳ درصد نرمال کاملاً ورتکس شد و به فالکون‌ها اضافه شد. فالکون‌ها به‌مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ و ۲ میلی‌لیتر از عصارهٔ فاز مایع به فالکون ۱۵ میلی‌لیتر منتقل شد. به هر لولهٔ آزمایش ۱ میلی‌لیتر محلول ۵ درصد فنل اضافه شد و سپس به‌شدت تکان داده شد تا کف در آن ظاهر شود. به‌وسیلهٔ پاپیتور ۵ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک ۹۸ درصد به داخل هر یک از نمونه‌ها اضافه شد و پس از ۴۵ دقیقه و تثبیت رنگ محلول‌ها، نمونه‌ها با دستگاه اسپکتروفتومتر با طول موج ۴۸۵ نانومتر قرائت شدند. با قرائت استانداردهای قند و رسم منحنی استاندارد مقادیر قند نمونه‌ها محاسبه شد [۲۳].

1 Leaf area meter

برای اندازه‌گیری کلروفیل و کاروتنوئید نیم گرم از برگ گیاهی پس از کوبیدن در هاون چینی و اختلاط با ۲۰ میلی‌لیتر استن ۸۰ درصد، با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. مقادیر جذب در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر با اسپکتروفتومتر قرائت شده و غلظت کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئیدها برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر محاسبه شد [۱۴].

به‌منظور اندازه‌گیری پرولین، ۰/۵ گرم برگ گیاهی با هاون و ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک ۳ درصد کوبیده شد و در ۱۵۰۰۰ دور به‌مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شد. ۲ میلی‌لیتر از عصارهٔ صاف‌شده، ۲ میلی‌لیتر معرف ناین‌هیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال درون لولهٔ آزمایش ریخته شد. همزمان ۲ میلی‌لیتر از محلول‌های استاندارد صفر، ۴، ۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر پرولین خالص نیز درون لولهٔ آزمایش ریخته و به ترکیبات بالا اضافه شد. پس از حمام آب گرم به‌مدت یک ساعت و حمام یخ، ۴ میلی‌لیتر تولوئن به لوله‌ها اضافه و به‌مدت ۲۰ ثانیه با دستگاه ورتکس به‌هم زده شد. پس از تشکیل دو فاز مجزا قسمت رنگی و بالایی نمونه‌ها و استانداردها در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت و براساس منحنی استاندارد مقادیر پرولین در نمونه‌ها محاسبه شد [۱۶].

پس از اجرای پروژه و جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه‌وتحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS انجام گرفت. میانگین صفات از طریق آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱ درصد مقایسه شد. برای رسم نمودار نیز از نرم‌افزار اکسل استفاده شد.

۳. نتایج و بحث

نتایج تجزیهٔ واریانس صفات مورد بررسی نشان داد سطوح شوری بر تعداد و سطح برگ، طول دمبرگ، طول و عرض برگ، وزن خشک، طول ریشه، غلظت کلروفیل‌ها، قندهای محلول و پرولین در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معناداری نشان داد.

سطوح اسید سالیسیلیک بر طول برگ و ریشه در سطح احتمال ۵ درصد و بر طول دمبرگ، عرض برگ، وزن خشک، غلظت کلروفیل‌ها، قندهای محلول و پرولین در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معناداری نشان داد. تأثیرات متقابل فاکتورها نیز بر طول ریشه، کلروفیل a و کل در سطح ۵ درصد و بر تعداد برگ، سطح برگ، طول دمبرگ، عرض برگ، وزن خشک، کلروفیل b، غلظت قندهای محلول و پرولین در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معناداری نشان دادند (جدول ۲).

جدول ۲. تجزیهٔ واریانس صفات مورد بررسی تحت شرایط تنش شوری و اسید سالیسیلیک در گیاه مریم‌گلی کبیر

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات							
		تعداد برگ	سطح برگ	طول دمبرگ	طول برگ	عرض برگ	وزن تر	وزن خشک	طول ریشه
اسید سالیسیلیک	۳	۰/۱۳۲^{ns}	۰/۱^{ns}	۰/۰۵**	۰/۰۳۸*	۰/۰۹**	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۰۹**	۳/۵۳۲*
شوری	۳	۹/۵۸**	۵۱/۰۷**	۰/۶۹**	۲/۶۳۱**	۰/۸۲**	۰/۰۱۵^{ns}	۰/۰۰۱**	۲۲۵/۲**
شوری × اسید سالیسیلیک	۹	۱/۲۴**	۰/۶۹**	۰/۰۰۴**	۰/۰۲۱^{ns}	۰/۰۲**	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۰۳**	۰/۵۸*
خطا	۳۲	۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۰۰۱	۰/۰۱۳	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۶	۰/۷۸
ضریب تغییرات (٪)		۱۶/۹	۱۸/۱	۲۰/۷	۱۳/۷	۱۲/۶	۲۱	۱۸/۸	۱۷/۵

ns, ** و *: به‌ترتیب غیرمعنادار و معنادار در سطح ۱ و ۵ درصد.

ادامهٔ جدول ۲

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات					
		کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید	قندهای محلول	پرولین
اسید سالیسیلیک	۳	۴۰/۵۵**	۶۷/۹۴**	۰/۸۲۹**	۱۰۸۱۳۹۳ns	۰/۰۲۷**	۰/۰۳۴**
شوری	۳	۱۱۹۳/۲۳**	۱۳۲/۵۴**	۸/۰۲**	۱۲۵۴۳۳ns	۰/۰۳۷**	۰/۱۱**
شوری × اسید سالیسیلیک	۹	۶/۳۴*	۲۲/۳۵**	۰/۰۱*	۱۰۵۴۳۰ns	۰/۰۰۷**	۰/۰۰۷**
خطا	۳۲	۲/۱۳	۱/۸۹	۰/۳۶	۹۸۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲
ضریب تغییرات (٪)		۲۳/۷	۱۹/۱	۱۹	۲۱	۱۷/۴	۱۷/۹

ns, ** و *: به‌ترتیب غیرمعنادار و معنادار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

جدول مقایسهٔ میانگین نشان داد که کاربرد اسید سالیسیلیک تا سطح ۵۰ میلی‌مولار شوری موجب بهبود یا تعدیل شدت تنش در کاهش تعداد برگ شد، ولی با افزایش سطوح تنش، تعداد برگ نسبت به شرایط عدم کاربرد اسید سالیسیلیک کاهش یافت. با افزایش سطوح شوری سطح برگ در گیاه کاهش یافت، ولی در شرایط تنش، سطوح اسید سالیسیلیک موجب افزایش سطح برگ نسبت به شرایط عدم کاربرد اسید سالیسیلیک شد. همچنین کاربرد اسید سالیسیلیک در سطوح بالاتر شوری موجب بهبود یا تعدیل شدت تنش در سطح برگ شد. بالاترین سطح برگ در تیمار بدون شوری و اسید سالیسیلیک و کمترین در سطح ۱۵۰ میلی‌مولار شوری بدون محلول‌پاشی مشاهده شد (جدول ۳). کاهش سطح برگ یکی از اولین پاسخ‌های مورفولوژیک در برابر تنش شوری است [۱۰]. تنش شوری از جمله مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که رشد و عملکرد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تنش شوری رشد رویشی و زایشی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و بنابراین موجب کاهش وزن خشک و عملکرد گیاهان می‌شود. سطوح بالای شوری سبب کاهش چشمگیر پارامترهای رشد نظیر سطح و طول برگ، وزن خشک ریشه و ساقه می‌شود [۶]. گیاه با این سازوکار سعی در حفظ آب در بافت‌های خود دارد. مهم‌ترین واکنش گیاه به افزایش شوری خاک، کاهش رشد است. در خاک‌های شور، ابتدا رشد رویشی گیاه و توسعهٔ برگ متوقف می‌شود. احتمال داده می‌شود که اسید سالیسیلیک به‌عنوان تنظیم‌کنندهٔ رشد بالقوه، بتواند سبب بهبود جذب عناصر غذایی در شرایط تنش شوری و خشکی شود که این خود ممکن است افزایش رشد را در پی داشته باشد [۱۹].

کاربرد اسید سالیسیلیک موجب افزایش طول دمبرگ و طول و عرض برگ نسبت به شاهد شد (جدول‌های ۳ و ۴). به‌طور کلی، با افزایش سطوح شوری از طول دمبرگ و طول و عرض برگ کاسته شد، ولی اسید سالیسیلیک موجب توسعهٔ شرایط رشدی و افزایش این صفات شد. به‌ترتیب بیشترین طول دمبرگ در شرایط بدون و ۵۰ میلی‌مولار تنش، بدون کاربرد یا با کاربرد ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک مشاهده شد. بیشترین عرض برگ در شرایط بدون تنش و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و کمترین در شرایط تنش شوری ۱۵۰ میلی‌مولار و بدون محلول‌پاشی مشاهده شد (جدول ۳).

جدول ۳. مقایسهٔ میانگین سطوح مختلف شوری و اسید سالیسیلیک بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه مریم‌گلی کبیر

شوری (mM)	اسید سالیسیلیک (ppm)	تعداد برگ	سطح برگ (cm^2)	طول دمبرگ (cm)	عرض برگ (cm)	وزن خشک (g)	طول ریشه (cm)	کلروفیل a (mg/g FW)	کلروفیل b (mg/g FW)	کلروفیل کل (mg/g FW)	قندهای محلول (mg/g DW)	پرولین (µmg/mg FW)
۰	۰	۷/۳۳^{a}	۱۰/۴۲^{a}	۱/۲۸^{bc}	۲/۳۴^{a}	۰/۰۵^{a}	۲۶/۴۳^{a}	۳۹^{a}	۲۱/۳۲^{a}	۳۰۱/۲۳^{a}	۰/۳۲^{f}	۰/۳۹^{g}
۰	۱۰۰	۶^{b}	۹/۷۷^{b}	۱/۳۴^{ab}	۲/۳۷^{a}	۰/۰۵^{ab}	۲۶/۴۳^{a}	۳۸/۵۱^{a}	۱۸/۱۲$^{b-d}$	۳۱۶/۲۵^{a}	۰/۳۸^{e}	۰/۶۳$^{b-d}$
۰	۲۰۰	۶^{b}	۹/۰۶^{b}	۱/۳۵^{a}	۲/۳۱^{a}	۰/۰۴^{bc}	۲۷/۳۳^{a}	۳۹/۳۰^{a}	۱۹/۱۲^{ab}	۲۹۲/۱۱^{a}	۰/۴۸^{bc}	۰/۵۵^{fe}
۰	۳۰۰	۶^{b}	۸/۸۲^{c}	۱/۳۳^{ab}	۲/۳۴^{a}	۰/۰۴۴^{c}	۲۷/۶۶^{a}	۴۰/۲۳^{a}	۱۷/۷۳$^{b-e}$	۲۹۶/۳۳^{a}	۰/۳۲^{e}	۰/۵۷$^{c-e}$
۵۰	۰	۶^{b}	۶/۱۹^{d}	۱/۱۲^{e}	۲/۰۴^{c}	۰/۰۴^{fg}	۲۶/۰۶^{dc}	۲۶/۴۵^{c}	۱۲/۱۴^{hg}	۱۹۳/۴^{c}	۰/۳۰^{e}	۰/۵۷$^{c-e}$
۵۰	۱۰۰	۶^{b}	۶/۴۱^{d}	۱/۲۱^{d}	۲/۱۶^{b}	۰/۰۴^{dc}	۲۴/۱۶^{bc}	۳۲/۲۰^{b}	۱۳/۶۵^{fg}	۲۲۹/۲۵^{b}	۰/۴۵^{dc}	۰/۶۲$^{b-e}$
۵۰	۲۰۰	۶^{b}	۶/۵۸^{d}	۱/۲۴^{dc}	۲/۱۷^{b}	۰/۰۴۴^{c}	۲۴/۸۶^{b}	۳۱/۸۶^{b}	۱۳/۴۸^{bc}	۲۵۱/۷۵^{b}	۰/۵۳^{ab}	۰/۵۸$^{c-e}$
۵۰	۳۰۰	۶^{b}	۶/۴۹^{d}	۱/۲۱^{d}	۲/۱۰^{bc}	۰/۰۴^{dc}	۲۴/۸۰^{b}	۲۹/۷۱^{b}	۱۵/۶۸$^{d-f}$	۲۲۶/۹۶^{b}	۰/۴۱^{ed}	۰/۵۶$^{c-f}$
۱۰۰	۰	۵/۷^{b}	۵/۵۵^{e}	۰/۸۳^{ih}	۱/۶۹^{e}	۰/۰۳^{h}	۲۰/۶۰^{e}	۱۷/۷۰^{e}	۷/۸۸^{i}	۱۲۷/۹۱^{e}	۰/۳۰^{ed}	۰/۴۹^{f}
۱۰۰	۱۰۰	۶^{d}	۵/۹۹^{ed}	۰/۹۳^{fg}	۱/۸۸^{d}	۰/۰۴$^{d-f}$	۲۲/۰۳^{ed}	۲۳/۳۰^{b}	۱۵/۲۰^{fe}	۱۹۲/۵^{c}	۰/۵۶^{a}	۰/۵۶$^{d-f}$
۱۰۰	۲۰۰	۶^{b}	۶/۲۰^{d}	۰/۹۵^{f}	۱/۹۴^{d}	۰/۰۴$^{c-d}$	۲۱/۹۶^{ed}	۲۲/۸۰^{b}	۱۶/۵۰$^{c-e}$	۱۹۶/۵^{c}	۰/۵۴^{a}	۰/۵۴^{fe}
۱۰۰	۳۰۰	۶^{b}	۶/۱۷^{d}	۰/۹۲^{fg}	۱/۹۰^{d}	۰/۰۴$^{e-g}$	۲۱/۱۰^{e}	۱۹/۳۵^{e}	۱۵/۷۹$^{d-f}$	۱۷۵/۷۵^{cd}	۰/۵۴^{a}	۰/۶۴^{bc}
۱۵۰	۰	۳^{d}	۴/۲۱^{h}	۰/۶۵^{j}	۱/۴۸^{f}	۰/۰۲۴^{i}	۱۶/۲۰^{f}	۱۳/۶۸^{f}	۵/۳۵^{j}	۹۵/۱۶^{f}	۰/۴۲^{ed}	۰/۶۷^{b}
۱۵۰	۱۰۰	۴/۶۶^{c}	۴/۸۱^{fh}	۰/۸۸^{hg}	۱/۸۶^{d}	۰/۰۳۱^{h}	۱۷/۱۶^{f}	۱۸/۴۳^{e}	۱۲/۱۵^{hj}	۱۵۲/۹۱^{ed}	۰/۴۳$^{c-e}$	۰/۷۷^{a}
۱۵۰	۲۰۰	۵^{c}	۴/۸۵^{f}	۰/۹۱^{fg}	۱/۸۹^{d}	۰/۰۳۴^{hg}	۱۷/۰۶^{f}	۱۸/۶^{e}	۱۵/۸۱$^{d-f}$	۱۷۲/۰۵^{cd}	۰/۴۲^{ed}	۰/۷۹^{a}
۱۵۰	۳۰۰	۴/۶۶^{c}	۴/۶۸^{fh}	۰/۸۲^{i}	۱/۸۲^{d}	۰/۰۳۱^{h}	۱۶/۸۳^{f}	۱۷/۲۶^{e}	۱۰/۹۶^{h}	۱۴۱/۱۶^{e}	۰/۴۲^{ed}	۰/۷۷^{a}

حروف متفاوت نشان‌دهندهٔ معنادار بودن و حروف مشترک نشان‌دهندهٔ معنادار نبودن تفاوت در میانگین‌هاست.

تأثیرات متقابل سطوح شوری و اسید سالیسیلیک تفاوت معناداری در طول برگ نشان ندادند (جدول ۲). سطوح شوری، اسید سالیسیلیک و تأثیرات متقابل آنها بر طول ریشه تفاوت معناداری نشان دادند (جدول ۲). بیشترین طول ریشه در شرایط بدون تنش و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و کمترین در شرایط تنش ۱۵۰ میلی‌مولار بدون محلول‌پاشی مشاهده شد (جدول ۳).

سطوح شوری و کاربرد اسید سالیسیلیک تفاوت معناداری در وزن تر گیاه، نشان نداد. بیشترین وزن خشک برگ در شرایط بدون تنش و بدون کاربرد یا با کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و کمترین وزن خشک برگ در شرایط تنش ۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم و بدون محلول‌پاشی حاصل شد. همچنین سطوح بالاتر شوری موجب کاهش وزن خشک برگ نسبت به شرایط بدون تنش شد، ولی کاربرد اسید سالیسیلیک موجب تعدیل شدت تنش به‌خصوص در سطوح بالاتر شد (جدول ۳). جدول مقایسهٔ میانگین نشان داد به‌غیر از سطح ۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم، در بقیهٔ سطوح کاربرد اسید سالیسیلیک موجب افزایش طول ریشه نسبت به شرایط بدون محلول‌پاشی شد (جدول ۳). تیمار گوجه‌فرنگی و تاج‌خروس با اسید سالیسیلیک در مراحل مختلف رشد در طی تنش خشکی از کاهش مادهٔ خشک تولیدی گیاه جلوگیری کرد [۷].

مقدار کلروفیل a، b و کل نیز با افزایش سطوح شوری نسبت به شرایط عدم تنش کاهش یافت (جدول ۳). کاربرد اسید سالیسیلیک غلظت کلروفیل a، b و کل را نسبت به شرایط عدم کاربرد افزایش داد. بیشترین مقدار کلروفیل a در شرایط بدون تنش و کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک، بیشترین مقدار کلروفیل b در شرایط بدون تنش و کاربرد ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و بیشترین مقدار کلروفیل کل در شرایط بدون تنش و کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و کمترین غلظت کلروفیل‌ها در شرایط تنش ۱۵۰ میلی‌مولار و بدون محلول‌پاشی مشاهده شد. کاربرد اسید سالیسیلیک از طریق افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو و افزایش کلروفیل، میزان فتوسنتز کل را افزایش می‌دهد [۲۴].

جدول ۴. مقایسهٔ میانگین تأثیرات اصلی سطوح مختلف شوری و اسید سالیسیلیک بر طول برگ در گیاه مریم‌گلی کبیر

تیمارها	سطوح شوری	طول برگ (cm)
شاهد	۰	۳/۷[a]
سطوح شوری	۵۰	۳/۲۴[a]
	۱۰۰	۲/۸[a]
	۱۵۰	۲/۴۵[a]
سطوح اسید سالیسیلیک	۱۰۰	۳/۷[bc]
	۲۰۰	۳/۶[fe]
	۳۰۰	۳/۷[h]

به‌نظر می‌رسد در آغاز فرایند پیری، اسید سالیسیلیک با افزایش کلروفیل در برگ‌ها، سبب افزایش فتوسنتز و در نتیجه افزایش رشد می‌شود [۱۷]. در پژوهشی مهار بیوسنتز کلروفیل در گیاهان سورگوم به‌دلیل تنش شوری گزارش شد [۱۸]. افزایش میزان کلروفیل در گیاهان ذرت تیمار شده با اسید سالیسیلیک گزارش شده است [۲۵]. همچنین تنش شوری، سطوح اسید سالیسیلیک و تأثیرات متقابل آنها در تحقیق حاضر تفاوت معناداری در مقدار کاروتنوئید گیاه مریم‌گلی کبیر نشان نداد (جدول ۲).

در این پژوهش، با افزایش سطوح شوری و کاربرد اسید سالیسیلیک در برخی موارد، مقدار قندهای محلول نسبت به شرایط عدم محلول‌پاشی به‌خصوص در سطوح بالاتر شوری، افزایش یافت (جدول ۳). بیشترین غلظت در شوری ۱۰۰ میلی‌مولار و کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و کمترین مقدار در شرایط شوری ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار بدون محلول‌پاشی مشاهده شد. ازاین‌رو یافته‌ها مشخص کرد که سطوح اسید سالیسیلیک بر بهبود و افزایش غلظت قندهای محلول در گیاه مؤثر است. در ریحان سبز پیش‌تیمار با اسید سالیسیلیک، مقدار قند احیاکننده در تنش کلریدسدیم را کاهش داد [۳]. همچنین محتوای قندهای محلول در گیاه لوبیا در شرایط تنش شوری افزایش یافت، ولی کاربرد اسید سالیسیلیک می‌تواند سبب مصرف متابولیک قندها به‌صورت محلول در ترکیبات سلول جدید، به‌عنوان یک سازوکار برای افزایش رشد در شرایط تنش شوری در این گیاه شود [۵]. در گیاه یونجه نیز با افزایش سطوح شوری، غلظت کربوهیدرات‌ها از جمله فروکتوز، گلوکز، ساکارز و کربوهیدرات‌ها در سیتوزول و مزوفیل برگ و ریشه افزایش یافت. قابلیت سازگاری گونه‌های گیاهی به غلظت زیاد شوری در خاک با پایین آوردن پتانسیل اسمزی بافت در اثر انباشتگی مواد حل‌شونده همراه است [۱۵].

کاربرد اسید سالیسیلیک روی مریم‌گلی کبیر موجب افزایش غلظت پرولین نسبت به شرایط بدون تنش شد و تأثیر مثبت محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر غلظت پرولین نمایان شد. کاربرد اسید سالیسیلیک موجب افزایش غلظت پرولین نسبت به شرایط بدون تنش شد. بیشترین غلظت آن در تیمار شوری ۱۵۰ میلی‌مولار و کاربرد ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و کمترین مقدار در شرایط بدون تنش و محلول‌پاشی مشاهده شد (جدول ۳). با افزایش اسید سالیسیلیک، پرولین نیز افزایش یافت و این دو رابطهٔ خطی مثبت داشتند. تجمع پرولین، شاخص انتخاب برای تحمل تنش است. شرایطی که تنش متوسط یا شدید باشد، غلظت اسیدآمینهٔ پرولین نسبت به سایر اسیدآمینه‌ها افزایش می‌یابد. پرولین به‌عنوان یک مخزن ذخیرهٔ نیتروژن یا به‌صورت مادهٔ محلولی که مادهٔ پتانسیل اسمزی را کاهش می‌دهد عمل می‌کند و گیاه را در تحمل تنش یاری می‌رساند [۱۲]. مؤثرترین مادهٔ فشار اسمزی گیاهان عالی در تنش شوری و خشکی پرولین است. به‌نظر می‌رسد پرولین در سلول‌های تحت تنش، نقش آنتی‌اکسیدانی دارد و با تجمع در سیتوپلاسم سلول‌ها از طریق کاهش پتانسیل اسمزی درون‌سلولی تجمع نمک در واکوئل را تنظیم می‌کند [۱۱].

پرولین سبب محافظت غشای سلولی در مقابل تنش زیستی و غیرزیستی می‌شود. افزایش پرولین و قند احیا، سبب افزایش مقاومت گیاه در برابر شوری می‌شود. در محیط درون‌شیشه‌ای، پرولین، جاروکنندهٔ رادیکال‌های آزاد (ROS) است و سبب افزایش سنتز سلولی در طول تنش در گیاهان می‌شود [۲۰]. در شرایط تنش شوری پرولین تأثیر مهمی در افزایش تحمل گیاه دارد [۲۲].

۴. نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که محلول‌پاشی اسید

سالیسیلیک همزمان با تنش شوری موجب بهبود، اثر تعدیل‌کنندگی یا کاهش شدت تنش در گیاه مریم‌گلی کبیر شد. بیشترین تأثیر در سطوح شوری ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار و کاربرد ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک دیده شد، به‌طوری که با کاربرد اسید سالسیلیک در این شرایط خصوصیات رشدی گیاه تحت تأثیر قرار گرفت و روند افزایشی را طی کرد. نتایج این تحقیق با اجرای آزمون خاک و آب در مناطق مورد نظر و مقایسهٔ میزان سطوح شوری قابل توصیه و استفاده است. یافته‌های پژوهش حاضر مشخص کرد که اسید سالیسیلیک می‌تواند با کمترین هزینه و زیان در رشد گیاه یا محیط زیست، موجب توسعهٔ رشد گیاهی و بهبود رشد در سطوح مختلف تنش شوری شود، به‌طوری که کاربرد اسید سالیسیلیک در مریم‌گلی کبیر تأثیر مثبتی نسبت به گیاهان شاهد نشان داد. با توجه به تأثیرهای مختلف اسید سالیسیلیک در جهت بهبود صفات رشدی گیاه در شرایط تنش و نیز ارزان بودن آن، تکرار این آزمایش در شرایط مزرعه‌ای می‌تواند این ترکیب را به‌عنوان ماده‌ای مفید و مقرون‌به‌صرفه و مناسب در افزایش کارایی گیاهان به کشاورزان پیشنهاد کند.

منابع

۱. آریاپور ع، میرزاپورملااحمد ر و میرجلیلی س ع (۱۳۸۹) گیاهان دارویی معطر و صنعتی جنگل و مرتع. انتشارات مؤسسهٔ آموزش عالی علمی کاربردی جهاد کشاورزی، ۲۳۲ ص.

۲. امیدبیگی ر (۱۳۷۹) رهیافت‌های تولید و فراوری گیاهان دارویی. جلد سوم، انتشارات آستان قدس رضوی، ۳۹۷ ص.

۳. حاج‌باقری س، انتشاری ش و رضوی‌زاده ر (۱۳۸۹) نقش قارچ میکوریزی و سالیسیلیک‌اسید در مقاومت گیاه ریحان نسبت به تنش شوری. پنجمین همایش ملی ایده‌های نو در کشاورزی. ۵ ص.

۴. حیدری شریف آبادی ح (۱۳۸۰) گیاه و شوری .انتشارات مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، ۱۹۹ ص.

۵. خوشبخت د، رامین ع ا و باغبانها م (۱۳۹۱) امکان کاهش اثر تنش شوری در گیاه لوبیا با استفاده از سالیسیلیک اسید. تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. ۲(۵): ۱۹۹-۱۸۹.

۶. زرگری ع (۱۳۶۹) گیاهان دارویی. جلد پنجم. مؤسسهٔ انتشارات دانشگاه تهران. ۹۲۳ ص.

۷. شعاع م و میری م (۱۳۹۱) کاهش اثرات سوء تنش شوری بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیک گندم از طریق کاربرد اسید سالیسیلیک. تولید گیاهان زراعی. ۵(۱): ۷۸-۷۱.

۸. قهرمان ا (۱۳۷۳) کورومفیت‌های ایران (سیستماتیک گیاهی). جلد سوم. مرکز نشر دانشگاهی، ۶۱۸ ص.

۹. مظفریان و (۱۳۸۲) فرهنگ نام‌های گیاهان ایران. انتشارات فرهنگ معاصر، ۳۶۲ ص.

۱۰. همایی م (۱۳۸۱) واکنش گیاهان به شوری. انتشارات کمیتهٔ ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۹۷ ص.

11. Akhkha A, Boutra T and Alhejely A (2011) The rates of photosynthesis chlorophyll content, dark respiration, proline and abscicic acid (ABA) in wheat (*Triticum durum*) under water deficit conditions. International Journal of Agricuitural and Biological Sciences. 13: 215-221.

12. Akhondi M, Safarnejad E and Lahooti M (2006) Effect of drought strees on proline and accumulation of ions. Agricultural Science. 10: 165-173.

13. Arfan M, Athar HR and Ashraf M (2007) Does exogenous application salicylic acid through the rooting medium moduiate ghowth and photosynthetic capcity in two differently adapted spring wheat cultivars salt stress. Plant Physiology. 164: 685-694.

14. Arnon AN (1967) Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy. 23: 112-121.

15. Azooz MM, Ismail AM and Abou-Elhamd MF (2009) Growth, lipid peroxidation and antioxidant enzyme activities as a selection criterion for the salt tolerance of three maize cultivars grown under salinity stress. International Journal of Agricultural and Biological Sciences. 11: 21-26.

16. Bates LS, Waldern RP and Tear ID (1973) Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil. 39: 205-207.

17. Delany TP, Uknes S, Vernooij B, Friedrich L, Weymann K, Negrotto D, Gaffney T, Gut-Rella M, Kessmann H, Ward E and Ryals J (1994) A central role of salicylic acid in plant disease resistance. Science. 266: 1247-125.

18. Dela-Rosa IM and Maiti RK (1995) Biochemical mechanism in glossy sorghum lines for resistance to salinity stress. Plant Physiology. 146: 515-519.

19. Elizabeth MA and Munn e- Bosch S (2008) Salicylic acid may be involoved in the regulation of drought-induced leaf senescence in perennials: A cas study in field-grown *Salvia officinalis* L. plant. Environmental and Experimental Botany. 64: 105-112.

20. El-Tayeb MA (2005) Response of barley grain to the interactive effect of salinity and glycinebetaine and proline against NaCl stress. Plant Physiology and Biochemistry. 36(10): 767-772.

21. Grattan SR and Grieve CM (1999) Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. Scientia Horticulture. 78: 127-157.

22. Miri HR (2009) Plant Stress Physiology. Kermanshah Islamic Azad University Press. 472p. (In Persian)

23. Sheligl HQ (1986) Die verwertung orgngischer souren durch chlorella lincht. Planta. 47-51.

24. Singh B and Usha K (2003) Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. Plant Growth Regulation. 39: 137-141.

25. Sinha SK, Srivastava HS and Tripathi RD (1993) Influence of some growth regulators and cations on inhibition of chlorophyll biosynthesis by lead in maize. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 51: 241-246.s