تأثیر پوترسین و شوری بر ویژگی‌های مورفولوژیک، بیوشیمیایی و رنگیزه‌های گیاه همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.)

فاطمه بنی‌اسدی[۱]، وحیدرضا صفاری[۲*] و علی اکبر مقصودی مود[۲]

(تاریخ دریافت: ۹۲/۴/۲۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۱/۲)

چکیده

برای بررسی تأثیر تنش شوری و پوترسین بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک، بیوشیمیایی و رنگیزه‌های گیاه همیشه‌بهار، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی شامل چهار سطح کلرید سدیم (۱، ۳، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) و سه سطح پوترسین (صفر، ۱ و ۲ میلی‌مولار) در گلخانه انجام شد. کلرید سدیم به‌صورت کاربرد خاکی و تیمار پوترسین به صورت محلول‌پاشی برگی بود. نتایج نشان داد که شوری کلیه پارامترهای رویشی و رنگیزه‌ها را به‌طور معنی‌داری کاهش داد؛ ولی میزان قند احیاء برگ و ریشه را افزایش داد. کاربرد پوترسین باعث افزایش کلیه پارامترهای بیوشیمیایی و رنگیزه‌های همیشه‌بهار شد؛ ولی بر تعداد و قطر گل تأثیر معنی‌داری نداشت. محلول‌پاشی ۲ میلی‌مولار پوترسین تحت شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر، به‌ترتیب وزن تر گل، وزن خشک شاخساره، کلروفیل a، کلروفیل کل، کاروتنوئید گلبرگ و قند احیاء برگ را به میزان ۲۹، ۲۷، ۳۵، ۳۲، ۱۷ و ۱۵ درصد نسبت به عدم مصرف پوترسین افزایش داد. بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، کاربرد پوترسین موجب بهبود ویژگی‌های رشدی، بیوشیمیایی و رنگیزه‌های گیاه همیشه‌بهار تحت تنش شوری شد.

واژه‌های کلیدی: پلی‌آمین، شوری، رنگیزه، قند احیا

مقدمه

با گسترش سریع جمعیت و صنعت در برخی نقاط جهان، نیاز به آب شیرین افزایش پیدا کرده است. اگرچه، آب شیرین در دسترس کم می‌باشد. پیدا کردن منابع آب جایگزین برای آبیاری محصولات زراعی و فضای سبز یک راه برای ذخیره آب شیرین برای سایر اهداف است (۲۳).

شوری زیاد آب باعث تحریک یک‌سری از متابولیت‌های مخرب در گیاهان باغی شامل جذب بیش از حد مواد معدنی، برهم خوردن تعادل غذایی و همچنین برهم خوردن متابولیسم فتوسنتز و تنفس می‌شود (۲۱). تنش شوری، رشد و نمو گیاهی را در سطوح فیزیولوژیک محدود می‌کند و به‌موجب آن وزن تر و خشک برگ‌ها، ساقه‌ها و ریشه‌ها کاهش می‌یابد (۲۲). یکی از آثار کوتاه‌مدت شوری، کاهش رشد در نتیجه پدیده اسمزی می‌باشد که به نوبه خود موجب کاهش توسعه سلولی می‌شود (۲۰). پلی‌آمین‌ها هیدروکربن‌های آلیفاتیک با وزن مولکولی کم هستند که در طیف وسیعی از فرایندهای فیزیولوژیک گیاه، به‌ویژه واکنش به تنش‌های محیطی زنده و غیر زنده مانند شوری و تنش‌های آبی، نقش ایفا می‌کنند. میزان پلی‌آمین‌ها در گیاهان به عواملی مانند گونه گیاهی، مقاومت یا حساسیت به تنش‌ها و مدت زمان تنش بستگی دارد؛ اگرچه اثرهای متفاوتی بین پلی‌آمین‌ها و گونه‌های گیاهی وجود دارد (۱۱). مکانیسم فیزیولوژی پلی‌آمین‌ها در تنش‌ها به درستی

۱. گروه مهندسی علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان

۲. پژوهشکده باغبانی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی:safariv@mail.uk.ac.ir

شناخته نشده است. اما به‌دلیل خاصیت پلی‌کاتیونی می‌توانند با اتصال به ماکرومولکول‌های آنیونی شامل فسفولیپیدها، اسیدهای نوکلئیک و پروتئین‌ها باعث ثبات بیولوژی غشا و ساختارهای ماکرومولکولی سلول‌ها شوند (۲).

پلی‌آمین ها ممکن است به‌عنوان یک برداشت‌کننده موثر گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) تولید شده در آنزیم‌ها عمل کنند (۱۹). پلی‌آمین‌ها در تقسیم و بزرگ شدن سلول دخالت دارند و چون یک منبع نیتروژنی هستند می‌توانند رشد گیاه را تحریک کنند (۲۹). گزارش شده که پلی‌آمین‌ها و آنزیم‌های بیوسنتز آنها باعث افزایش تقسیم سلولی در برخی گیاهان مثل جنین‌زایی هویج، تخمدان گوجه، تخمدان تنباکو و تشکیل میوه شده است (۱۳).

گزارش‌های متنوعی نشان دادند که کلروفیل در واکنش به تنش‌های محیطی یا پیری برگ کاهش پیدا می‌کند. این در حالی است که پلی‌آمین‌های آلفاتیک، مانند پوترسین، باعث کاهش تخریب کلروفیل شده و منجر به دریافت بیشتر نور برای بهبود سرعت فتوسنتز می‌شوند. اما مکانیسم مولکولی آنها دقیقاً مشخص نیست (۲۵).

پلی‌آمین‌ها برخی فرایندهای فیزیولوژیک مانند رشد رویشی و فعالیت‌های فتوسنتزی را تحریک می‌کنند (۴). گیاهان مکانیسم‌های پیچیده‌ای برای سازگاری و بهبود تنش‌های محیطی دارند. این سازگاری‌ها شامل تنظیم اسمزی توسط برخی تنظیم‌کننده‌های اسمزی مثل پتاسیم، قندهای محلول، پرولین و بتائین هستند (۲۱). قندهای محلول که معمولاً تحت عنوان منوساکاریدها و دی‌ساکاریدها تعریف شده‌اند، نقش عمده‌ای در ساختار و عملکرد سلول‌های زنده دارند. گلوکز و فروکتوز منابع عمده کربن و انرژی برای سلول‌های حقیقی هستند. در موجودات فتوسنتز کننده، به‌ویژه در گیاهان عالی، ساکارز و مجموعه آنزیم‌ها و پروتئین‌های مربوطه دارای نقش اساسی در فرایندهای فتوسنتز، انتقال و مصرف هستند (۶). افزایش در مقدار ساکارز و مانیتول در گیاه صنوبر به‌عنوان نشانه‌های واکنش به تنش شوری شناخته شده است (۱۰)

همیشه‌بهار، با نام علمی *Calendula officinalis* L. متعلق به خانواده کاسنی‌هاست که به‌طور گسترده در باغ‌ها و فضای سبز کشت و به‌دلیل رنگ زیبا و بوی معطر مورد توجه قرار گرفته است (۸). این گیاه در مکان‌های آفتابی و سایه آفتابی ایران به‌خوبی رشد کرده و به‌مراقبت کمی نیاز دارد. هدف از این پژوهش، بررسی اثر تنش شوری بر صفات مورفولوژیک، به‌ویژه شرایط گل‌دهی و همچنین تغییرات حاصل بر رنگیزه‌ها و قند در این گیاه و تشخیص جایگاه پوترسین به‌عنوان یک پلی‌آمین در کاهش صدمات ناشی از این تنش بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر در پاییز سال ۱۳۹۱ اجرا شد. ابتدا بذرهای گیاه همیشه‌بهار در گلدان‌های حاوی کوکوپیت و پرلیت کشت و بعد از این که این دانهال‌ها به مرحله ۴ برگی رسیدند به داخل گلدان‌های پلاستیکی حاوی ۲/۵ کیلوگرم خاک لوم شنی منتقل شدند. بعد از اینکه گیاهان استقرار یافتند، تنک گلدان‌ها انجام گرفت. به‌طوری که در هر گلدان دو بوته باقی ماند. پیش از ورود به فاز زایشی (یک ماه بعد از انتقال)، تیمارهای شوری و پوترسین روی گیاهان اعمال شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی شامل چهار سطح کلرید سدیم (۱، ۳، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) و سه سطح پوترسین (صفر، ۱ و ۲ میلی‌مولار) با سه تکرار در گلخانه تحت شرایط کنترل شده با دمای متوسط روزانه ۳±۲۲ و دمای شبانه ۳±۱۵ سلسیوس، رطوبت نسبی ۶۰-۵۰ درصد و شدت روشنایی ۵۰۰ میکرومول بر متر مربع در ثانیه انجام شد. کلرید سدیم به صورت خاکی از طریق آب آبیاری (۴۵۰ میلی‌لیتر به ازای هر گلدان، بر حسب ظرفیت زراعی خاک) طی چند روز به گیاهان داده شد. محلول‌پاشی پوترسین بعد از اتمام تنش شوری، به‌صورت محلول‌پاشی برگی صورت گرفت و ۱۰ روز بعد تکرار شد. در طول دورهٔ رشد، آبیاری گلدان‌ها به‌وسیله آب مقطر جهت ثابت نگه داشتن میزان شوری آنها انجام شد. برای ثابت نگه داشتن شوری در سطح معین، گلدان‌ها روزانه توزین شده و با افزودن

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس تنش شوری و پوترسین بر برخی پارامترهای رویشی گیاه همیشه‌بهار

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد گل	قطر گل	طول عمر گل	تعداد برگ	وزن تر گل	وزن خشک گل	وزن تر شاخساره	وزن خشک شاخساره
شوری	۳	۸/۹۷**	۳۰۱/۸۰*	۴۹/۵۵**	۲۰/۸۸**	۱/۲۵**	۰/۰۵۷۵**	۱۳/۱۵**	۲/۷۵**
پوترسین	۲	۲/۰۶^{ns}	۴۸/۱۳^{ns}	۷/۴۸۲**	۶۷/۳۳**	۰/۷۵**	۰/۰۰۸۳**	۶/۲۹**	۳/۳۸**
شوری×پوترسین	۶	۰/۳۱^{ns}	۸/۷۰^{ns}	۰/۳۶۱^{ns}	۵/۹۶**	۰/۱۵**	۰/۰۰۰۸^{ns}	۳/۵۶**	۱/۰۵**
خطا	۲۴	۰/۸۳	۸۶/۳۶	۰/۴۰۷	۰/۸۳	۰/۰۲۰	۰/۰۰۰۷	۰/۱۹	۰/۰۳۶

**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

آب مقطر به وزن اولیه رسانده می‌شدند.

اندازه‌گیری صفات مرفولوژیک

برای اندازه‌گیری طول عمر گل، در اولین روز باز شدن هر کدام ازگل های بوته‌های تحت تیمار، آن گل توسط یک نخ رنگی علامت‌گذاری و پس از اتمام مرحله گل‌دهی، تاریخ پژمردگی نیز یادداشت و تفاضل این دو زمان مشخص‌کننده طول عمر بود. برای اندازه‌گیری وزن تر گل، زمانی که گل‌های بوته دیگر مستقر در آن گلدان کاملاً باز شد برداشت و به‌وسیله ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم اندازه‌گیری و سپس به‌مدت چند ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس خشک شدند. قبل از برداشت، تعداد گل و برگ یادداشت‌برداری شد و در زمان برداشت، وزن تر و خشک شاخساره اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری کلروفیل‌ها و کاروتنوئید

برای سنجش و اندازه‌گیری کلروفیل‌ها و کاروتنوئید از استون ۸۰٪ استفاده گردید و جذب آنها در طول موج ۴۷۰، ۶۶۳ و ۶۴۷ نانومتر اندازه‌گیری شد. غلظت کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها با استفاده از فرمول محاسبه و برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر گزارش شد (۱۵).

اندازه‌گیری مقدار قند احیاکننده

برای اندازه‌گیری قندهای احیاکننده، از محلول سولفات مس و فسفومولیبدیک اسید استفاده شد. شدت جذب رنگ محلول‌ها در طول موج ۶۰۰ نانومتر تعیین شد و با استفاده از منحنی استاندارد، غلظت قند احیا بر حسب میلی‌گرم بر گرم محاسبه گردید (۲۶). محاسبات آماری با نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث

شاخص‌های رشد

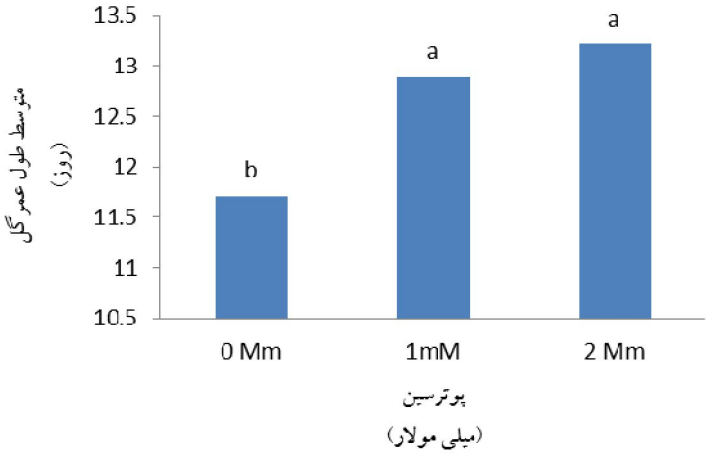
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنش شوری بر صفات تعداد، قطر و طول عمر گل‌ها معنی‌دار بود. در حالی که اثر پوترسین در بین این صفات فقط بر طول عمر گل معنی‌دار بود. برهمکنش شوری و پوترسین بر این پارامترها تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش سطوح شوری، تعداد، قطر و طول عمر گل کاهش معنی‌داری یافت. به‌گونه‌ای که در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر، نسبت به شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر، به‌ترتیب به میزان ۴۶، ۳۰ و ۴۷ درصد کاهش یافتند (جدول ۲). این در حالی بود که با کاربرد پوترسین، طول عمر گل‌های گیاه افزایش معنی‌داری داشت. کاربرد پوترسین ۲ میلی‌مولار باعث افزایش ۱۱/۵ درصدی طول عمر گل نسبت به عدم مصرف پوترسین شد (شکل ۱).

بررسی داده‌ها نشان داد که سطوح شوری، پوترسین و برهمکنش تنش شوری و محلول‌پاشی پوترسین بر تعداد برگ معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاربرد

جدول ۲. مقایسه میانگین اثرهای ساده تنش شوری بر برخی پارامترهای رشدی گیاه همیشه‌بهار

شوری (دسی زیمنس بر متر)	تعداد گل در بوته	قطر گل (میلی‌متر)	طول عمر گل (روز)	وزن خشک گل (گرم)
۱	۷/۰۵a	۵۲/۵۷a	۱۵/۰۰a	۰/۲۹a
۳	۶/۴۹a	۴۹/۹۷ab	۱۴/۱۷b	۰/۲۶b
۶	۵/۵۴b	۴۲/۸۸bc	۱۱/۰۶c	۰/۱۷c
۹	۴/۸۰b	۴۰/۲۸c	۱۰/۱۷d	۰/۱۲d

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ آزمون دانکن ندارند.



شکل ۱. تأثیر پوترسین بر طول عمر گل همیشه‌بهار

پوترسین در کلیه سطوح شوری به‌کار رفته در این پژوهش موجب افزایش تعداد برگ‌ها نسبت به عدم مصرف این پلی‌آمین گردید. محلول‌پاشی یک میلی‌مولار پوترسین تحت تنش شوری‌های ۱ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر، تعداد برگ را نسبت به عدم مصرف پوترسین به‌ترتیب به میزان ۱۰ و ۲۶ درصد و محلول‌پاشی ۲ میلی‌مولار پوترسین تحت تنش شوری‌های ۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر، ۲۷ و ۲۹ درصد افزایش داد (جدول ۳).

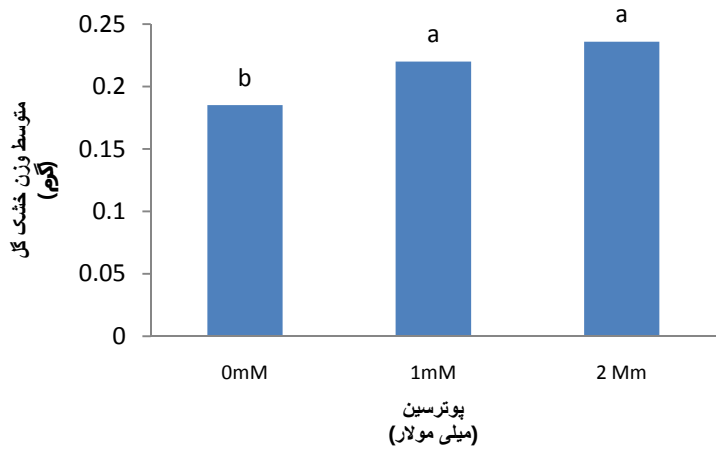
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از تأثیر معنی‌دار شوری و پوترسین بر وزن تر و خشک گل و شاخساره بود (جدول ۱). برهمکنش شوری و پوترسین بر کلیه این پارامترها، بجز وزن خشک گل، معنی‌دار بود (جدول ۱). محلول‌پاشی ۲ میلی‌مولار پوترسین تحت تنش شوری از پایین‌ترین تا بالاترین سطح، وزن تر گل را به‌ترتیب تقریباً به میزان ۱۵۰، ۳۵، ۲۶ و ۲۹ درصد نسبت به عدم مصرف پوترسین افزایش داد (جدول ۳).

تنش شوری، وزن خشک گل را کاهش داد. به‌طوری که در پایین‌ترین سطح شوری، وزن خشک گل نسبت به بالاترین سطح بیش از دو برابر بود (جدول ۲). پوترسین ۲ میلی‌مولار باعث افزایش ۲۶ درصدی وزن خشک گل نسبت به عدم مصرف پوترسین شد (شکل ۲). محلول‌پاشی ۲ میلی‌مولار پوترسین تحت تنش‌های شوری ۱ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر، وزن تر شاخساره را به‌ترتیب به میزان ۱۷ و ۱۲/۵ درصد و محلول‌پاشی ۱ میلی‌مولار پوترسین تحت تنش‌های شوری ۳ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب وزن تر شاخساره را به میزان ۱۱ و ۱۲/۵ درصد نسبت به عدم مصرف پوترسین افزایش داد (جدول ۳). همچنین، نتایج مقایسه میانگین نشان داد که کاربرد

۳. مقایسه میانگین اثر متقابل تنش شوری و پوترسین بر برخی پارامترهای رشدی گیاه همیشه‌بهار

شوری (دسی زیمنس بر متر)	پوترسین (میلی‌مولار)	تعداد برگ	وزن تر گل (گرم)	وزن تر شاخساره (گرم)	وزن خشک شاخساره (گرم)
	۰	۱۸/۰۰d	۰/۸۸de	۱۱/۴۲c	۱/۷۸efg
۱	۱	۲۰/۰۰bc	۱/۲۲bc	۱۳/۵۹b	۲/۹۶bc
	۲	۱۸/۶۶cd	۲/۰۰a	۱۳/۶۹b	۳/۷۰a
	۰	۱۶/۰۰ef	۰/۸۵def	۱۳/۲۵b	۳/۲۷b
۳	۱	۱۹/۶۶bc	۱/۰۰cd	۱۱/۵۴c	۱/۸۴d-g
	۲	۲۲/۰۰a	۱/۳۱b	۱۴/۸۵a	۳/۶۶a
	۰	۱۴/۶۶f	۰/۵۳g	۱۰/۵۸d	۱/۹۶def
۶	۱	۲۰/۳۷b	۰/۶۰fg	۱۲/۰۶c	۲/۱۶d
	۲	۲۰/۶۶ab	۰/۷۲efg	۱۲/۰۸c	۲/۷۰c
	۰	۱۳/۰۰g	۰/۴۹g	۱۰/۰۰d	۱/۵۰g
۹	۱	۱۷/۶۶d	۰/۵۸g	۱۱/۴۲c	۱/۶۹fg
	۲	۱۷/۰۳de	۰/۶۹efg	۱۰/۴۰d	۲/۰۵de

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ آزمون دانکن ندارند.



شکل ۲. تأثیر پوترسین بر وزن خشک گل همیشه‌بهار

پوترسین ۲ میلی‌مولار تحت تنش شوری از کمترین تا بیشترین سطح، وزن خشک شاخساره را به‌ترتیب به میزان ۵۲، ۱۰، ۲۷ و ۲۷ درصد نسبت به عدم کاربرد پوترسین افزایش داد (جدول ۳).

نتایج این آزمایش با نتایج راویا و همکاران (۲۴) که گزارش کردند تنش شوری باعث کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی و گل گیاه جعفری شد همسو بود. به‌دلیل کاهش پتانسیل اسمزی محلول خاک در اثر تنش شوری، جذب آب کاهش و در نتیجه روزنه‌ها بسته شده و نیز میزان تنفس و فتوسنتز کاهش می‌یابد. این موضوع یکی از دلایل کاهش رشد گیاه است (۳). در اثر تنش شوری، برخی از تنظیم‌کننده‌های رشد مثل ABA از ریشه به اندام هوایی منتقل می‌گردد که مانع از فعالیت آنزیم‌های

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس پوترسین و تنش شوری بر برخی پارامترهای فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه همیشه‌بهار

منابع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید برگ	کاروتنوئید گلبرگ	قند احیاء برگ	قند احیاء ریشه
شوری	۳	۱۳/۷۴**	۹/۹۴**	۴۶/۶۱**	۰/۶۳**	۳/۱۶**	۴/۲۴**	۰/۶۰**
پوترسین	۲	۳/۰۲**	۳/۹۹**	۱۲/۵۴**	۰/۰۹**	۱/۰۲**	۱/۷۳**	۰/۶۱**
شوری×پوترسین	۶	۰/۶۲*	۱/۴۱**	۲/۹۰**	۰/۰۳**	۰/۱۴**	۰/۵۷*	۰/۱۷**
خطا	۲۴	۰/۲۵	۰/۱	۰/۵	۰/۰۰۲	۰/۰۰۴	۰/۲۴	۰/۰۳۲

**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

مؤثر در انعطاف‌پذیری و گسترش دیواره سلولی می‌شود (۲۷). گزارش شده که کاهش وزن خشک ممکن است به‌دلیل کاهش رشد، کاهش سرعت فتوسنتز و آسیب به پایداری غشا توسط نمک باشد (۲۷). همچنین، گزارش شده که شوری باعث کاهش کیفیت گل و ساقه در ژربرا، داوودی و گل سرخ شد (۱۴). برخی گزارش‌ها نشان دادند که پوترسین باعث افزایش ارتفاع گیاه، تعداد برگ و وزن تر و خشک برگ در برخی گیاهان مانند شب‌بو، گلایول و کوکب شد (۱، ۱۷ و ۲۹). پلی‌آمین‌ها در طیف وسیعی از فرایندهای فیزیولوژیک، از جمله رشد و نمو گیاهان و جانوران، تحریک تقسیم سلولی، سنتز DNA و پروتئین‌ها، کنترل ریشه‌زایی و جنین‌زایی نقش ایفا می‌کنند (۱۶). پلی‌آمین‌ها در تقسیم و بزرگ شدن سلول دخالت دارند و چون یک منبع نیتروژنی هستند می‌توانند رشد گیاه را تحریک کنند (۲۸).

رنگیزه‌ها

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که شوری و پوترسین تأثیر معنی‌داری برکلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کاروتنوئید برگ و گلبرگ داشتند. این در حالی بود که اثرهای متقابل تنش شوری و پوترسین نیز در مورد این رنگیزه‌ها معنی‌دار شدند (جدول ۴).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش غلظت شوری، میزان کلروفیل a، b، کل، کاروتنوئید برگ و گلبرگ به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و محلول‌پاشی برگی پوترسین برای کاهش از دست دادن این رنگیزه‌ها مؤثر و معنی‌دار بوده است.

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمار ۲ میلی‌مولار پوترسین تحت تنش‌های شوری ۱، ۳ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر، میزان کلروفیل a را به‌ترتیب به میزان ۲۶، ۱۶/۵ و ۳۵ درصد و تیمار ۱ میلی‌مولار پوترسین تحت تنش شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر به میزان ۱۱ درصد نسبت به عدم مصرف آن افزایش داد (جدول ۵). تیمار پوترسین ۲ میلی‌مولار تحت تنش‌های شوری ۱ و ۳ دسی‌زیمنس بر متر، میزان کلروفیل b را به‌ترتیب به میزان ۵۲/۵ و ۶۳ درصد افزایش داد. همچنین، تیمار ۱ میلی‌مولار پوترسین تحت تنش‌های شوری ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر، میزان کلروفیل b را به‌ترتیب به میزان ۵۰ و ۳۱ درصد نسبت به عدم مصرف پوترسین افزایش داد (جدول ۵).

محلول‌پاشی پوترسین ۲ میلی‌مولار تحت تنش‌های شوری ۱، ۳ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر، میزان کلروفیل کل را به‌ترتیب به میزان ۳۲، ۲۵ و ۳۲ درصد و در شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر، پوترسین ۱ میلی‌مولار به میزان ۲۵ درصد نسبت به عدم مصرف آن افزایش داد (جدول ۵). نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرهای ساده و متقابل شوری و پوترسین بر کاروتنوئید برگ و گلبرگ معنی‌دار بود (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که اثر پوترسین در جهت محافظت از کاروتنوئید برگ و گلبرگ در مقابل شوری نیز قابل توجه بود. به گونه‌ای که محلول‌پاشی پوترسین ۱ میلی‌مولار، کاروتنوئید برگ را از کمترین تا بیشترین سطح شوری به میزان ۱۷، ۱۸، ۸ و ۳ درصد نسبت به عدم مصرف آن افزایش داد (جدول ۵). این در

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل تنش شوری و پوترسین بر برخی پارامترهای فیزیولوژیک گیاه همیشه‌بهار

شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	پوترسین (میلی‌مولار)	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید برگ	کاروتنوئید گلبرگ	قند احیاء برگ	قند احیاء ریشه
		(میلی‌گرم بر گرم وزن تر)						
	۰	۵/۹۳bc	۲/۲۵e	۸/۱۸cd	۱/۴۷abc	۳/۰۹d	۱/۱۵e	۰/۸۰d
۱	۱	۶/۰۴b	۳/۹۴b	۹/۹۸b	۱/۷۸a	۳/۶۳b	۲/۴۴bc	۱/۶۰bc
	۲	۷/۲۹a	۴/۷۴a	۱۲/۰۳a	۱/۵۱ab	۳/۸۷a	۲/۸۰abc	۱/۳۶bc
	۰	۵/۰۶cde	۱/۹۶e	۷/۰۲de	۱/۱۴bcd	۳/۰۳de	۱/۲۰e	۱/۳۰c
۳	۱	۵/۷۲bcd	۲/۴de	۸/۱۲cd	۱/۴abc	۳/۵۱c	۲cde	۱/۵۳bc
	۲	۶/۰۶b	۳/۲c	۹/۲۷bc	۱/۳۷abc	۳/۱۴d	۱/۳۶de	۱/۳۰c
	۰	۴/۴۹e	۱/۴۱f	۵/۹e	۱/۰۵cd	۲/۰۳i	۲/۱۹bcd	۱/۴۰bc
۶	۱	۵de	۲/۸۴cd	۷/۸۴d	۱/۱۴bcd	۲/۷۳f	۲/۶۰bc	۱/۵۸bc
	۲	۴/۵۴e	۱/۴۱f	۵/۹۵e	۱/۱۲bcd	۲/۹۳e	۲/۰۶cde	۲/۰۰a
	۰	۲/۹۵f	۰/۹۳f	۳/۸۸f	۱/۰۳cd	۲/۰۷h[i]	۳/۰۶ab	۱/۶۰bc
۹	۱	۳/۱۸f	۱/۳۵f	۴/۵۳f	۱/۰۵cd	۲/۱۷hi	۳/۶۰a	۱/۶۸b
	۲	۴/۵۲e	۱/۲۱f	۵/۷۳e	۰/۸۵d	۲/۴۷g	۲/۸۹abc	۲/۱۸a

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ آزمون دانکن ندارند

حالی بود که پوترسین ۲ میلی‌مولار تحت تنش‌های شوری ۱، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر، میزان کاروتنوئید گلبرگ را به ترتیب به میزان ۲۱، ۳۱ و ۱۷ درصد و پوترسین ۱ میلی‌مولار تحت تنش شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر، این رنگیزه را به میزان ۱۴ درصد نسبت به عدم مصرف پوترسین افزایش داد (جدول ۵).

نتایج این پژوهش با نتایج پریدا و داس (۲۲) که نشان دادند تنش شوری موجب کاهش رنگیزه‌های کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئیدها در گیاه *Bruguiera palviflora* شد، همسو است. عموماً مقدار کلروفیل با افزایش شوری کاهش می‌یابد. این کاهش ممکن است به‌دلیل تشکیل آنزیم‌های پروتئینی همچون کلروفیلاز، واکنش به کاهش کلروفیل یا صدمه به دستگاه فتوسنتزی باشد (۷). همچنین، بیان شده که کاهش کلروفیل مرتبط با ممانعت یون‌های نمک از بیوسنتز مجدد پروتئین‌ها و تأثیر مخرب آنها بر ساختار کلروپلاست است (۹). نتایج این پژوهش با نتایج کوهن و همکاران (۵) که نشان دادند پلی‌آمین‌ها از تخریب کلروفیل در شرایط تنش‌زا جلوگیری می‌کنند، همسو است. همچنین، گزارش شده که پلی‌آمین، میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئید را در برنج افزایش می‌دهد (۴). تیمار پوترسین، میزان کاروتنوئید را در برخی گیاهان مثل پریوش (۲۸)، شب‌بو (۲۹) و داوودی (۱۹) افزایش داده است. این اثرها علاوه بر کاهش مقدار یون‌های کلرید سدیم، می‌تواند به اثر آنتی‌اکسیدانی پلی‌آمین‌ها نیز مرتبط باشد (۵). پلی‌آمین‌ها ممکن است مانع فعالیت پروتاز در فرایند پیری و از دست دادن کلروفیل شوند (۱۲).

قند احیا

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر شوری، پوترسین و برهمکنش آنها بر قند احیاء برگ و ریشه معنی‌دار بود (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که به‌طور کلی با افزایش سطح شوری، میزان قند احیا در ریشه و برگ روند صعودی پیدا می‌کند (جدول ۵). در مقایسه بین سطوح شوری ۱ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر، افزایش ۳۰ تا ۳۵ درصدی در قند احیاء

برگ و ریشه دیده شد. کاربرد پوترسین، به‌ویژه در غلظت ۱ میلی‌مولار، در کلیه سطوح شوری موجب افزایش مقدار قند احیا نسبت به عدم مصرف پلی‌آمین گردید. اگرچه، اختلاف معنی‌دار فقط در پایین‌ترین سطح شوری ایجاد گردید. در مقایسه کلی و بررسی اثر متقابل نیز بیشترین مقدار قند احیا در برگ و ریشه در بالاترین سطح شوری به‌ترتیب در غلظت‌های کاربردی ۱ و ۲ میلی‌مولار پوترسین به‌دست آمد (جدول ۵).

افزایش در مقدار کربوهیدرات‌ها در گندم (۱۳) و برخی از واریته‌های برنج (۲۲) در گیاهان تحت تنش گزارش گردیده است. اما در مقابل، برخی گزارش‌ها نشان دادند که با افزایش سطح شوری، میزان قند احیا و ساکارز در گیاه لوبیا کاهش یافت که علت آن را ممانعت فتوسنتزی همراه با کاهش مقدار رنگیزه‌ها بیان کرده‌اند (۱). در تعدادی از گیاهان، کربوهیدرات‌هایی از قبیل قندهای گلوکز، فروکتوز، سوکروز، فروکتان‌ها و نشاسته در شرایط تنش ذخیره می‌شوند. عملکرد عمده این ترکیبات شامل حفاظت اسمزی، تعدیل اسمزی، ذخیره کربن و خورندگی رادیکال‌ها می‌باشد (۲۲). برخی مطالعات نشان دادند که پوترسین باعث افزایش کربوهیدرات کل در گیاهانی مانند داوودی و کوکب شد (۱۸ و ۱۹). پلی‌آمین‌ها در سنتز قندها و کربوهیدرات‌ها نقش مؤثری دارند. گزارش شده که آنها در گیاه همچون تنظیم‌کننده رشد عمل می‌کنند و ممکن است در برخی فرایندهای بیولوژیک دخالت داشته باشند که مرتبط با بیوستز کربوهیدرات‌ها است (۱۸).

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد غلظت‌های متفاوت پوترسین می‌تواند اثرهای منفی ناشی از تنش شوری بر مهمترین خصوصیات رشدی، زینتی، بیوشیمیایی و رنگیزه‌های گیاه همیشه‌بهار را کاهش دهد. بر اساس نتایج حاصل، هر دو غلظت پوترسین مورد استفاده در ا ین پژوهش مؤثر و قابل توصیه می‌باشند.

منابع مورد استفاده

1. Abdel Haleem, M.A.M. 2007. Physiological aspects of mungbean plant (*Vigna radiate* L. wilczek) in response to salt stress and gibberellic acid treatment. Res. J. Agric. Biol. Sci. 3: 200-213.
2. Alcázar, R., F. Marco, J.C. Cuevas, M. Patrón, A. Ferrando, P. Carrasco, A.F. Tiburcio and T. Altabella. 2006. Involvement of polyamines in plant response to abiotic stress. Biotechnol. Lett. 28: 1867-1876.
3. Ben-Asher, J., I. Tsuyuki, B.A. Bravdo and M. Sagih. 2006. Irrigation of grape vines with saline water: l. Leaf area index, stomatal conductance, transpiration and photosynthesis. Agric. Water Manage. 83: 13-21.
4. Chattopadayay, M.K., B.S. Tiwari, G. Chattopadhayay, A. Bose, D.N. Sengupta and B. Ghosh. 2002. Protective role of exogenous polyamines on salinity-stressed rice (*Oryza sativa*) plants. Physiol. Plant. 116: 192-199.
5. Cohen, A.S., R.B. Popovic and S. Zalik. 2004. Effects of polyamines on chlorophyll and protein content, photochemical activity, and chloroplast ultrastructure of barley leaf discs during senescence. Plant Physiol. 64: 717-720.
6. Couée, I., C. Sulmon, G. Gouesbet and A. El Amrani. 2006. Involvement of soluble sugars in reactive oxygen species balance and responses to oxidative stress in plants. J. Exp. Bot. 57: 449-459.
7. Dogan, M. 2011. Antioxidative and proline potential as a protective mechanism in soybean plants under salinity stress. Afr. J. Biotechnol. 10: 5972-5978.
8. Dole, J.M. and H.F. Wilkins. 2004. Floriculture: Principles and Species. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
9. Jaleel, C.A., P. Manivannan, G.M.A. Lakshmanan, R. Sridharan and R. Panneerselvam. 2007. NaCl as a physiological modulator of proline metabolism and antioxidant potential in *Phyllanthus amarus*. C.R. Biologies 330: 806-813.
10. Jouve, L., L. Hoffmann and J.F. Hausman. 2004. Polyamine, carbohydrate, and proline content changes during salt stress exposure of aspen (*Populus tremula* L.): Involvement of oxidation and osmoregulation metabolism. Plant Biol. 6: 74-80.
11. Kasukabe, Y., L. He, K. Nada, S. Misawa, I. Ihara and S. Tachibana. 2004. Over expression of spermidine synthase enhances tolerance to multiple environmental stresses and up-regulates the expression of various stress-regulated

genes in transgenic *Arabidopsis thaliana*. Plant Cell Physiol. 45: 712-722.
12. Kaur-Sawhney, R., L. Shih and A. Galston. 1982. Relation of polyamine biosynthesis to the initiation of sprouting potato tubers. Plant Physiol. 69: 411-415.
13. Kerepesi, I. and G. Galiba. 2000. Osmotic and salt stress-induced alteration in soluble carbohydrate content in wheat seedlings. Crop Sci. 40: 482-487.
14. Lee, M.K. and M.W. van Iersel. 2008. Sodium chloride effects on growth, morphology, and physiology of Chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium*). Sci. Hort. 43: 1888-1891.
15. Lichtenthaler, H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in Enzymol. 148: 350-382.
16. Liu, J.H., H. Kitashiba, J. Wang, Y. Ban and T. Moriguchi. 2007. Polyamines and their ability to provide environmental stress tolerance to plants. Plant Biotechnol. 24: 117-126.
17. Mahgoub, M.H., A.H. El-Ghorab and M.A. Bekheta. 2006. Effect of some bioregulators on the endogenous phytohormones, chemical composition, essential oil and its antioxidant activity of carnation (*Dianthus caryophyllus* L.). J. Agric. Sci. 31: 4229-4245.
18. Mahgoub, M.H., N.G. Abd El Aziz and M.A. Mazhar. 2011. Response of *Dahilia pinnata* L. plant to foliar spray with putrescine and thiamine on growth, flowering and photosynthetic pigments. Am.-Eur. J. Agric. Environ. Sci. 10: 769-775.
19. Mahros, K.M., E.M. Badawy, M.H. Mahgoub, A.M. Habib and I.M. El-Sayed. 2011. Effect of putrescine and uniconazole treatments on flower characters and photosynthetic pigments of *Chrysanthemum indicum* L. Plant. J. Am. Sci. 7: 399-408.
20. Munns, R. 1993. Physiological processes limiting plant growth in saline soils: Some dogmas and hypotheses. Plant Cell Environ. 16: 15-24.
21. Munns, R. and M. Tester. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Ann. Rev. Plant Biol. 59: 651-681.
22. Parida, A.K. and A.B. Das. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. Ecotoxicol. Environ. Saf. 60: 324-349.
23. Qian, Y.L., J.M. Fu, J. Klett and S.E. Newman. 2005. Effects of long-term recycled wastewater irrigation on visual quality and ion concentrations of ponderosa pine. J. Environ. Hort. 23: 185-189.
24. Rawia, A.E., L.S. Taha and S.M.M. Ibrahim. 2011. Alleviation of adverse effects of salinity on growth, and chemical constituents of marigold plants by using glutathione and ascorbate. J. Appl. Sci. Res. 7: 714-721.
25. Shu, S., S.R. Guo and L.Y. Yuan. 2012. A review: Polyamines and photosynthesis. PP. 439-464. *In*: Najafpour, M. (Ed.), Advances in Photosynthesis- Fundamental Aspects.
26. Somogyi, M. 1952. Notes on sugar determination. J. Biol. Chem.195: 19-23.
27. Suleiman, S. 2008. Effects of exogenous application of diamine (putrescine) on growth and mineral elements distribution in faba bean plants under saline conditions. Biol. Sci. Series 30: 258-265.
28. Talaat, I.M., M.A. Bekheta and M.H. Mahgoub. 2005. Physiological response of periwinkle plants (*Catharanthus roseus* L.) to tryptophan and putrescine. Int. J. Agric. Biol. 7: 210-213.
29. Youssef, A.A., M.H. Mahgoub and I.M. Talaat. 2004. Physiological and biochemical aspects of *Matthiola incana* plants under the effect of putrescine and kinetin treatments. Egypt. J. Appl. Sci. 19: 492-510.