تاثیر SNP در کاهش سمیت ناشی از کادمیوم در مریم گلی ترکه‌ای در شرایط درون شیشه

فائزه بهشتی قله‌زو[۱]، محمد مقدم[۲]، لیلا سمیعی[۳]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد: گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی، مشهد
[۲] دانشیار: گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی، مشهد
[۳] استادیار: گروه پژوهشی گیاهان زینتی، پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی، مشهد
* آدرس پست الکترونیکی نویسنده مسئول: Email: m.moghadam@um.ac.ir، تلفن: ۰۹۱۵۵۵۹۴۱۲۸

چکیده

به منظور برر سی اثرات سدیم نیتروپرو ساید به‌عنوان یک تولیدکننده نیتریک اکسید در کاهش سمیت نا شی از کادمیوم روی برخی از ویژگی‌های مورفولوژیکی و رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه مریم گلی ترکه‌ای (Salvia vitgata) آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۴ تکرار در شرایط درون شیشه اجرا گردید. فاکتورهای مورد مطالعه در این تحقیق شامل کادمیوم در چهار سطح (صفر (شاهد)، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار در لیتر از منبع نیترات کادمیوم) و سدیم نیتروپروساید (SNP) در سه سطح (صفر (شاهد)، ۱۵ و ۳۰ میکرومولار) بود. طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، اثر متقابل کادمیوم و نیتروپروساید بر ارتفاع بوته و طول ریشه و تعداد برگ در هر بوته، کلروفیلa، کلروفیلb و کارتنوئید در سطح احتمال ۱ در صد و کلروفیل کل در سطح احتمال ۵ در صد معنی‌دار شد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیشترین ارتفاع بخش هوایی بوته و طول ریشه، تعداد برگ، میزان کلروفیلa، کلروفیلb، کلروفیل کل و کارتنوئید مربوط به تیمار سدیم نیتروپرو ساید با غلظت ۱۵میکرومولار در ۲۵ میکرومولار کادمیوم بود که نسبت به گیاه شاهد به ترتیب ۳۵، ۵۰، ۳۰، ۱۰۰، ۶۰، ۹۳ و ۳۰۰ درصد افزایش داشت که به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با شاهد داشت. نتایج نشان داد که سدیم نیتروپرو ساید تا حد زیادی آثار مضر حا صل از تنش فلز سنگین کادمیوم را در مریم گلی ترکه‌ای تعدیل بخشید و سبب بهبود رشد گیاهچه‌ها در شرایط این تنش شد.

واژگان کلیدی: رنگیزه‌های فتوسنتزی، سدیم نیتروپروساید، صفات مورفولوژیکی، فلزات سنگین

۱. مقدمه

تیره نعناعیان (Labiatae = Lamiaceae) یکی از بزرگترین تیره‌های گیاهی است (بخشی خانیکی و لاری یزدی، ۱۳۸۸) و جنس .Salvia L بیشترین تعداد گونه را در این خانواده دارا می‌باشد که شامل تقریبا ۹۰۰ گونه است که به طور گسترده در مناطق مختلف جهان، توزیع شده است (گرنکیری و همکاران، ۲۰۱۹). این جنس در ایران، ۵۸ گونه علفی یکساله، دوساله و چند ساله دارد که ۱۷ گونه از آنها انحصاری ایران می‌باشد (سلیم پور و همکاران، ۱۳۹۲).

گونه S. virgata متعلق به جنس مریم گلی گیاهی چند ساله و علفی است و از زیستگاه‌های متنوعی مانند جنگل‌ها، چمن‌زارها، زمین‌های پست، سنگ‌های آهکی و آتشفشانی و کنار جاده‌ها استفاده می‌کنند. این گونه از طریق کریمه، بالکان، ایتالیا، قفقاز، شمال عراق، ایران، افغانستان و آسیای مرکزی و ترکیه گسترش می‌یابد. مریم‌گلی ترکه‌ای برای درمان زخم‌ها و بیماری‌های پوستی مختلف استفاده می شود. جوشانده تهیه شده از اندام‌های هوایی این گیاه، برای پیشگیری از سرطان خون استفاده می‌شود (شنکال بی سی و همکاران، ۲۰۱۹).

با پیشرفت‌های صنعتی و کشاورزی، تجمع فلزات سنگین در خاک (که شامل عناصری با عدد اتمی بالاتر از ۲۰ و چگالی بالاتر از ۵ گرم بر سانتیمتر می‌باشند)، یکی از مهمترین مشکلات اکولوژیک در سطح جهان است (عماری و همکاران، ۲۰۱۷). در بین فلزات سنگین، کادمیوم یکی از فلزات سنگین دو ظرفیتی و به‌عنوان یک ماده سرطان‌زا شناخته شده که عامل اثرگذاری در ایجاد بیماری‌های قلبی، فشار خون، جنین ناقص و جهش ژنی می‌باشد. کادمیوم در خاک بسیار متحرک است و در صورت حضور در محیط ریشه به‌راحتی توسط گیاه جذب و به قسمتهای هوایی گیاه منتقل و در اندام‌های مختلف آن مانند برگ، میوه و دانه انباشته می‌گردد که باعث تغییرات نامطلوبی در خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه می‌شود و در نهایت منجر به کاهش شدید تولید محصولات می‌شود. از اثرات نامطلوب تجمع کادمیوم می‌توان به کاهش جوانه‌زنی، مهار رشد ریشه، ساقه، کاهش سطح برگ، کلروزه شدن برگها، اختلال در جذب آب و اختلال در جذب مواد غذایی اشاره کرد (محمدی فر و مقدم، ۲۰۲۰).

سدیم نیتروپروساید(SNP) یکی از ترکیباتی است که به‌منظور کاهش اثرات تنش در گیاهان مورد بررسی قرارگرفته است (نریمانی و همکاران، ۲۰۱۷). NO یک مولکول کوچک، نسبتا متحرک، پایدار و یک رادیکال آزاد گازی با فعالیت زیستی بالا می‌باشد. اثر تحریک‌کنندگی سدیم نیتروپروساید به واسطه آزاد کردن NO در محیط کشت است و اثرات

تحریک‌کننده‌ی آن در باززایی شاخساره و توسعه ریشه در چند گونه گیاهی در شرایط درون شیشه‌ای گزارش شده است. سدیم نیتروپروساید به‌شکل پودری قرمزرنگ می‌باشد و به‌عنوان تنظیم‌کننده در رشد و متابولیسم گونه‌های فعال اکسیژن مهم شناخته شده است (عرب و همکاران، ۲۰۱۶). بررسی‌های اخیر نشان داد که NO می‌تواند در فرآیندهای مختلف فیزیولوژیک و نمو مثل جوانه‌زنی دانه، بسته شدن روزنه، پاسخ به عوامل بیماری‌زا و نمو ریشه دخالت نماید. در بسیاری از مطالعات نشان داده شده است که سدیم نیتروپروساید در انتقال پیام و پاسخ به تنش‌های زیستی و غیرزیستی نیز دخالت دارد (نریمانی و همکاران، ۲۰۱۷). همچنین پژوهشگران با تحقیق روی گیاه نخود گزارش کردند که استفاده از سدیم نیتروپروساید به‌عنوان دهنده نیتریک اکسید موجب توسعه رشد گیاه در شرایط تنش کادمیوم و کاهش غلظت کادمیوم موجود در قسمت‌های مختلف گیاه شده است (ابراهیمی و همکاران، ۲۰۱۷). لذا با عنایت به مزایای ذکرشده برای سدیم نیتروپروساید، هدف از این مطالعه بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید به‌عنوان یک ماده تخفیف‌دهنده تنش فلزات سنگین بر رشد، خصوصیات رویشی و رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه مریم گلی ترکه‌ای تحت تنش مقادیر مختلف فلز سنگین کادمیوم است.

۲. مواد و روش‌ها

۱,۲. منطقه مورد مطالعه

این تحقیق به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۴ تکرار به صورت درون شیشه اجرا گردید. فاکتورهای مورد مطالعه در این تحقیق شامل کادمیوم در چهار سطح (صفر (شاهد)، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار در لیتر از منبع نیترات کادمیوم) و سدیم نیتروپروساید در سه سطح (صفر (شاهد)، ۱۵ و ۳۰ میکرومولار) بود. بذرهای مریم‌گلی ترکه‌ای از مزرعه دانشگاه تهیه شد.

۲,۲. روش تحقیق

بذور ابتدا با استفاده از اتانول ۷۰٪ به مدت ۳۰ ثانیه و سپس غوطه‌وری در هیپوکلریت سدیم ۲ درصد به مدت ۱۵ دقیقه استریل گردید، سپس سه بار با آب مقطر استریل شستشو داده شد (اورمزدی و چلیبان، ۱۳۸۵؛ سمیعی و همکاران، ۲۰۲۰). از محیط کشت موراشیگ و اسکوگ جهت محیط کشت برای بذور استفاده شد. در این آزمایش مقادیر مختلف نیترات کادمیوم براساس حجم محاسبه و قبل از تنظیم pH به محیط کشت MS اضافه گردید. کلیه شیشه‌های حاوی محیط کشت با استفاده از اتوکلاو در دمای ۱۲۱/۵ درجه سانتی‌گراد و با فشار ۱/۵ اتمسفر به‌مدت ۱۵ دقیقه، استریل شد. سدیم نیتروپروساید به دلیل

حساسیت به دمای بالا بعد از اتوکلاو و با فیلتر زیر لامینار به محیط اضافه گردید. شیشه‌های حاوی بذور کاشته شده در اتاقک رشد با دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی و شدت نور ۵۵ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه و رطوبت بین ۶۰ تا ۷۰ درصد نگهداری گردید (جعفری و همکاران، ۲۰۱۷).

بررسی خصوصیات رویشی و رنگیزه‌های فتوسنتزی

گیاهچه‌ها پس از سه ماه رشد از محیط کشت خارج شد و صفات مورفولوژیک آن شامل تعداد کل برگ‌های هر بوته و ارتفاع بخش هوایی و طول ریشه بوته که بوسیله خط کش اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری کلروفیل a، کلروفیلb، کلروفیل کل و کاروتنوئید، بر طبق روش در و همکاران (۱۹۹۸) با استفاده از اسپکتروفتومتر میزان جذب نور در طول‌موج‌های ۶۵۳، ۶۶۶ و ۴۷۰ نانومتر قرائت و مشخص گردید. تجزیه و تحلیل داده های به دست آمده از این پژوهش با استفاده از نرم افزارMinitab انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون Bonnferroni در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

۳. نتایج

طبق نتایج حا صل از تجزیه واریانس داده‌ها، اثر متقابل کادمیوم و نیتروپرو ساید بر ارتفاع بوته و طول ریشه و تعداد برگ در هر بوته، کلروفیلa، کلروفیلb و کارتنوئید در سطح احتمال ۱درصد و کلروفیل کل در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول۱).

جدول۱. تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و کادمیوم بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و رنگیزه‌های فتوسنتزی مریم گلی ترکه‌ای

منابع تغییرات	میانگین مربعات							
	df	ارتفاع بوته	طول ریشه	تعداد برگ در هر بوته	کلروفیلa	کلروفیلb	کلروفیل کل	کارتنوئید
کادمیوم	۳	۵/۰۰**	۵۶/۱۵**	۳۲/۹۳**	۶۱/۷۶**	۰/۳۰**	۶/۲۱**	۰/۱۷**
سدیم نیتروپروساید	۲	۰/۴۸**	۱۵۹/۷۶**	۱۸/۴۸**	۳۳/۳۳**	۰/۲۰**	۳/۲۰**	۰/۱۴**
کادمیوم*سدیم نیتروپروساید	۶	۰/۹۷**	۵۶/۹۷**	۱۷/۵۵**	۱۳/۹۷**	۰/۰۸**	۱/۴۷*	۰/۰۷**
خطا	۲۴	۰/۰۲	۳/۸۱	۰/۸۰	۳/۷۵	۰/۰۱	۰/۴۸	۰/۰۱۴

* و** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد را نشان می‌دهد.

۱،۳. ویژگی های مورفولوژیکی

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیشترین ارتفاع بخش هوایی بوته و طول ریشه و تعداد برگ مربوط به تیمار سدیم نیتروپروساید با غلظت ۱۵میکرومولار در شرایط تنش ۲۵ میکرومولار کادمیوم می‌باشد که نسبت به گیاه شاهد به ترتیب ۳۵، ۵۰ و ۳۰ درصد افزایش داشت. کمترین ارتفاع بوته و تعداد برگ در تیمار با غلظت ۱۵ میکرومولار سدیم نیتروپروساید در شرایط تنش ۱۰۰ میکرومولار کادمیوم مشاهده شد. کمترین طول ریشه در تیمار ۳۰ میکرومولار سدیم نیتروپرو ساید در شرایط تنش ۱۰۰میکرومولار کادمیوم مشاهده شد که نسبت به گیاه شاهد به ترتیب ۵۴، ۶۷ و ۲۲ در صد کاهش یافت؛ به‌طوری‌که تفاوت معنی‌داری با شاهد داشت (جدول ۲).

جدول۲. مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و کادمیوم بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و رنگیزه-های فتوسنتزی مریم‌گلی ترکه‌ای

کادمیوم (µM)	نیتروپروساید (µM)	ارتفاع بوته (cm)	طول ریشه (cm)	تعداد برگ در هر بوته	کلروفیلa (mg g^{-1}FW)	کلروفیلb (mg g^{-1}FW)	کلروفیل کل (mg g^{-1}FW)	کارتنوئید (mg g^{-1}FW)
	۰	۳/۱۸bc	۱۵/۶۰b	۱۴/۲۲bc	۷/۸۳b-d	۱/۰۳b-d	۲/۸۹bc	۰/۱۷b-d
۰	۱۵	۳/۱۳bc	۱۶/۰۵b	۱۵/۹۳a-c	۱۱/۱۹a-c	۱/۳۱ab	۳/۹۸a-c	۰/۵۳ab
	۳۰	۳/۳۳b	۱۸/۰۰ab	۱۶/۷۶ab	۱۱/۷۷ab	۱/۲۷a-c	۴/۳۱ab	۰/۳۹a-d
	۰	۳/۱۲bc	۱۳/۴۰bc	۱۴/۴۳bc	۷/۹۲b-d	۱/۰۵b-d	۳/۰۳bc	۰/۱۰cd
۲۵	۱۵	۴/۳۰a	۲۳/۳۶a	۱۸/۵۱a	۱۵/۶۶a	۱/۶۵a	۵/۵۷a	۰/۶۸a
	۳۰	۲/۲۲ef	۱۱/۳۳b-d	۱۴/۹۸bc	۱۱/۳۶a-c	۱/۱۲bc	۴/۰۵a-c	۰/۴۸a-c
	۰	۲/۶۴de	۱۱/۵۳b-d	۱۳/۸۶cd	۸/۵۸b-d	۱/۰۱b-d	۳/۱۶bc	۰/۳۷a-d
۵۰	۱۵	۲/۷۶cd	۱۳/۰۵bc	۱۵/۶۹a-c	۱۲/۷۸ab	۱/۲۷ a-c	۴/۱۷ab	۰/۴۶a-d
	۳۰	۲/۸۱cd	۱۴/۹۶b	۱۴/۵۵bc	۱۰/۴۷a-d	۱/۲۴bc	۳/۸۶a-c	۰/۳۵a-d
	۰	۱/۷۹fg	۶/۹۰cd	۱۱/۲۲d	۶/۸۶b-d	۰/۸۸cd	۲/۶۰bc	۰/۲۱b-d
۱۰۰	۱۵	۱/۴۴g	۷/۶۰cd	۱۱/۱۳d	۴/۸۱cd	۰/۸۰d	۲/۰۰c	۰/۰۸d
	۳۰	۱/۶۷g	۵/۱۶d	۱۱/۲۶d	۵/۵۳d	۰/۸۹cd	۲/۲۷bc	۰/۰۸d

در هر ستون اعداد دارای حروف مشترک به لحاظ آماری باهم تفاوت ندارند.

۲،۳. رنگیزه‌های فتوسنتزی

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها بیانگر آن بود که تیمار ۱۵ میکرومولار سدیم نیتروپروساید در شرایط تنش کادمیوم با غلظت ۲۵ میکرومولار و نسبت به شاهد باعث افزایش میزان کلروفیلa، کلروفیلb، کلروفیل کل و کارتنوئید به ترتیب ۱۰۰، ۶۰، ۹۳ و ۳۰۰ در صد شد که به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با شاهد دا شت. همچنین نتایج نشان داد که کمترین میزان کلروفیلb، کلروفیل کل و کارتنوئید در تیمار ۱۵ میکرومولار سدیم نیتروپروساید در شرایط تنش کادمیوم با غلظت ۱۰۰میکرومولار بود که نسبت به گیاه شاهد به ترتیب ۳۰، ۲۲ و ۵۲ در صد کاهش شد. همچنین کلروفیل a در تیمار ۳۰ میکرومولار سدیم نیتروپرو ساید در شرایط تنش ۱۰۰میکرومولار کادمیوم با ۲۹در صد نسبت به شاهدکاهش دا شت، به‌طوری‌که تفاوت معنی‌داری با شاهد نشان داد (جدول ۲).

نتایج این تحقیق نشان داد که کادمیوم به‌عنوان یک عامل بازدارنده بر روی رشد طولی است. این یافته‌ها با نتایج بسیاری از تحقیقات انجام شده در رابطه با اثر کادمیوم بر محدودیت و کاهش رشد گونه‌های گیاهی مطابقت دارد. در حقیقت کادمیوم از تقسیم سلول‌های منطقه مریستمی و رشد سلول‌های منطقه رشد جلوگیری می‌کند و .کاربرد سدیم نیتروپروساید می‌تواند در بهبود رشد و عملکرد موثر باشد. همچنین سدیم نیتروپروساید بر حفظ و افزایش کلروفیل و سبزینگی برگ و اثر مثبت آن بر تولید بیشتر برگ به‌خصوص در شرایط تنش دلالت دارد (اصغری و همکاران، ۲۰۲۰).

کاربرد سدیم نیتروپرو ساید توانست اثرات منفی کادمیوم را کاهش دهد. مهار ر شد تحت تنش کادمیوم ممکن ا ست نا شی از تغییر فرآیندهای ا صلی متابولیکی، محتوای کلروفیل، سی ستم آنتی اکسیدانی و جذب عنا صر معدنی در برگ‌ها و ریشه‌ها باشد (چن و همکاران، ۲۰۱۸). مقدار کلروفیل عموما با افزایش غلظت کادمیوم کاهش می‌یابد و کاربرد سدیم نیتروپروساید تاثیر بسزایی در افزایش مقدار کلروفیل دارد (بنی اسد و همکاران، ۱۴۰۰). بنابراین کاهش تنش کادمیوم توسط سدیم نیتروپروساید ممکن است با افزایش محتوای کلروفیل، بهبود تعادل مواد مغذی، تنظیم بهتر فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی و مهار انتقال کادمیوم از ریشه به برگ ها مرتبط باشد (چن و همکاران، ۲۰۱۸)

٤. بحث و نتیجه‌گیری

می‌توان نتیجه گرفت که سدیم نیتروپروساید تا حد زیادی آثار مضر حاصل از تنش فلز سنگین کادمیوم در گیاه مریم‌گلی ترکه‌ای را کاسته و احتمالا از طریق کاهش تاثیر منفی گونه‌های فعال اکسیژن بر رشد و مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی، سبب بهبود رشد گیاه در شرایط تنش شده و نهایتا مقاومت گیاه مریم‌گلی ترکه‌ای را به کادمیوم افزایش داده است؛ لذا در محدوده نتایج

حاصل از این پژوهش می‌توان کاربرد این ماده را روی گیاه مریم گلی ترکه‌ای تنش دیده با کادمیوم به‌عنوان عاملی برای کاهش شدت تنش و به دنبال آن افزایش عملکرد پیشنهاد نمود.

تشکر و قدردانی

از استاد گرامی جناب آقای دکتر محمد مقدم بسیار سپاسگزارم که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این مقاله را بر عهده گرفتند؛ همچنین از سرکار خانم دکتر لیلا سمیعی که زحمت مشاوره‌ی این پژوهش را متقبل شدند و بی چشم‌داشت بسیاری از سختی‌ها را برایم آسان‌تر نمودند، تشکر می کنم.

منابع

۱. اورمزدی, چلیپان, & فیروزه. (۲۰۰۶). مطالعه کشت بافت و اندام‌زایی در گیاه دارویی Salvia nemorosa. تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران, ۱۴(۲), ۶۹-۷۹.

۲. بخشی خانیکی غلامرضا, & لاری یزدی حسین. (۱۳۸۸). بررسی ترکیبات تشکیل دهنده اسانس دو گونه مریم گلی Salvia macrosiphon و Salvia limbata. مجله زیست شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرمسار، دوره۴، شماره۱، ۳۳-۴۲.

۳. بنی اسدی, فاطمه, ارغوانی, مسعود, صفاری, وحیدرضا & ,منصوری, مهدی. (۱۴۰۰). تأثیر نیتریک اکسید بر سمیت کادمیم با مطالعه برخی از صفات مرفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی تاج خروس (Celosia argentea var. plumosa). علوم باغبانی ایران .52(3), 743-754 , doi: 10.22059/ijhs.2020.301474.1794

۴. سلیم پور فهیمه, مازوجی علی, مظهر سیده فلور, & برزین گیتی. (۱۳۹۲). مقایسه خواص ضد باکتریایی اسانس چهار گونه گیاه دارویی مریم گلی. Salvia L. مجله پژوهشی دانشکده پزشکی، دوره ۳۷، شماره ۴، ۲۰۵-۲۱۰.

۵. عرب, صفیه, برادران فیروزآبادی, & اصغری. (۲۰۱۶). تأثیر محلول‌پاشی اسید آسکوربیک و سدیم نیتروپروساید بر رنگیزه‌های فتوسنتزی و برخی صفات گلرنگ بهاره در شرایط تنش کم‌آبیاری. تولیدات گیاهی, ۳۸(۴), ۹۳-۱۰۴.

6. Amari, T., Ghnaya, T., Abdelly, C., 2017. Nickel, cadmium and lead phytotoxicity and potential of halophytic plants in heavy metal extraction. S. Afr. J. Bot. 111, 99–110.
7. Asghari, M., Masoumi Zavariyan, A., & Yousefi Rad, M. (2020). Investigating the effect of sodium nitroprusside in reducing cadmium toxicity in basil (Ocimum basilicum L.) plant. Environmental Stresses in Crop Sciences, 13(3), 1009-1018.
8. Chen, W., Dong, Y., Hu, G., & Bai, X. (2018). Effects of exogenous nitric oxide on cadmium toxicity and antioxidative system in perennial ryegrass. Journal of soil science and plant nutrition, 18(1), 129-143.

9. Dere, Ş., GÜNEŞ, T., & Sivaci, R. (1998). Spectrophotometric Determination of Chlorophyll-A, B and TotalCarotenoid Contents of Some Algae Species Using Different Solvents. Turkish Journal of Botany, 22(1), 13-18.
10. Ebrahimi, S. S., Babaei, A. R., Hamidoghli, Y., & Jirani, M. (2017). Study of sodium nitroprusside application on micropropagation of Gerbera jamesonii cv. bayoder. Iranian Journal of Horticultural Science, 47(4).
11. Grancieri, M., Martino, H. S. D., & Gonzalez de Mejia, E. (2019). Chia seed (Salvia hispanica L.) as a source of proteins and bioactive peptides with health benefits: A review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 18(2), 480-499.
12. Jafari, S., Daneshvar, M. H., Salehi Salmi, M. R., & Lotfi Jalal-Abadi, A. (2017). Influence of putrescine and thidiazuron on in vitro organogenesis in Salvia officinalis L. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 25(2), 201-211.
13. Mohammadifard, F., & Moghaddam, M. (2020). The effect of cadmium toxicity on health and risk index, coexistence and activity of some coriander antioxidant enzymes inoculated with Mycorrhiza fungi. Journal of Cell & Tissue, 11(1), 55-72.
14. Narimani, R., Moghaddam, M., & Shokouhi, D. (2017). The effect of different concentrations of sodium nitroprusside in alleviating oxidative damages caused by water stress of polyethylene glycol in medicinal plant of catmint hairless under in vitro condition. Journal of Plant Productions, 40(3), 77-88.
15. Samiei, L., Pahnehkolayi, M. D., Karimian, Z., & Nabati, J. (2020). Morpho-Physiological Responses of Halophyte Climacoptera crassa to Salinity and Heavy Metal Stresses in In Vitro Condition. South African Journal of Botany, 131, 468-474.
16. Şenkal, B. C., Uskutoğlu, T., Cesur, C., ÖZAVCI, V., & Doğan, H. (2019). Determination of essential oil components, mineral matter, and heavy metal content of Salvia virgata Jacq. grown in culture conditions. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 43(4), 395-404.

The effect of SNP in reducing the toxicity caused by cadmium in sage in vitro

Beheshti Qolezo (F)[1], Moghaddam (M)[2], Samiei (L)[3]

Address 1: [1]Master's student: Department of Horticultural Sciences and Landscape Architecture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University, Mashhad, Iran
Address 2: [2]Associate Professor: Department of Horticultural Sciences and Landscape Architecture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University, Mashhad, Iran
Address 3: 3Assistant Professor, Department of Ornamental Plants, Research Centre for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
Corresponding author: m.moghadam@um.ac.ir, 09155594128

Abstract

In order to investigate the effects of sodium nitroprusside as a producer of nitric oxide in reducing the toxicity caused by cadmium on some morphological characteristics and photosynthetic pigments of Salvia vitgata, a factorial experiment was carried out based on a completely randomized design in 4 repetitions in vitro conditions. The factors studied in this research including cadmium at four levels (zero (control), 25, 50, and 100 µM from cadmium nitrate source) and sodium nitroprusside (SNP) at three levels (zero (control), 15, and 30 µM. According to the results of data variance analysis, the interaction effect of cadmium and nitroprusside on plant height, root length, the number of leaves per plant, chlorophyll a, chlorophyll b, and carotenoids were significant at 1% probability level and total chlorophyll at 5% probability level. The results of comparing the average data showed that the highest plant height and the length of the root, the number of leaves, the amount of chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll and carotenoids were related to the treatment of sodium nitroprusside with a concentration of 15 µM and 25 µM cadmium, which compared to the control plant. The order was 35, 50, 30, 100, 60, 93 and 300%, which was statistically significantly different from the control. The results showed that sodium nitroprusside modified the harmful effects of heavy metal cadmium stress in sage and improved plant growth under this stress condition.

Keywords: heavy metals, morphological characteristics, Photosynthetic pigments, sodium nitroprusside