

الگوی متمایز بافتی در گیاه بادرنجبویه (*Melissa officinalis*) پس از تیمار با نانوسلنیوم

سمیه خیری*¹ ID و عالمه باباجانی²

۱- استادیار پژوهش، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
۲- گروه زیست‌شناسی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

*نویسنده مسئول: سمیه خیری، دکتری تخصصی، kheiri@rifr-ac.ir

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۷/۲ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۹/۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۱۱/۱۴

چکیده

پیشینه و هدف: این تحقیق به منظور شناخت پاسخ‌های آناتومیک گیاه بادرنجبویه به نانوسلنیوم (nSe) انجام شد.

روش بررسی: این تحقیق nSe در غلظت‌های ۱۰ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر انجام شد.

نتایج: نتایج این تحقیق دلالت بر آن داشت که نانوسلنیوم در غلظت ۱۰ اثرات مثبت و مفیدی داشت اما غلظت ۵۰ موجب القا سمیت شد. ارزیابی میکروسکوپی مقاطع ساقه نشان داد که قطر استوانه مرکزی نسبت به شاهد افزایش یافت. بیشترین افزایش مربوط به دانه رست‌های در معرض دوزهای ۵۰ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر سلنیوم بود. ضخامت و قطر ساقه در نمونه‌های تیمار شده با nSe در غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر و بالک ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نسبت به شاهد افزایش یافت. قطر آوند چوبی در پاسخ به مکمل‌ها کاهش یافت و کمترین میزان متعلق به گروه nSe50 بود. بررسی سطح مقطع برگ نشان داد که nSe10 باعث افزایش ضخامت قطر آوند چوبی، پرده و پارانشیم اسفنجی نسبت به شاهد شد. مقایسه سطح مقطع دم‌برگ نشان داد که ضخامت اپیدرم و قطر آوند چوبی مرکزی و جانبی تغییر کرده است. در حالی که ۵۰ میلی‌گرم در لیتر nSe این صفات را کاهش داد.

نتیجه‌گیری: نتایج این مطالعه حاکی از آن است که کاربرد سلنیوم وابسته به غلظت، علاوه بر القای تغییرات فیزیولوژیکی و مولکولی، موجب تغییرات آناتومیکی و تمایز بافتی می‌شود. تحقیقات بیشتری در آینده برای تعیین مکانیسم این پاسخ‌ها مورد نیاز است.

واژه‌های کلیدی: نانومواد، سلنیوم، بادرنجبویه، آناتومی، بافت

(et al. 2019^{a,b}). سلنیوم یک عنصر ضروری برای گیاهان محسوب

نمی‌شود ولی مقادیر اندک آن برای رشد و نمو طبیعی پستانداران ضروری است (Neysanian et al., 2020). می‌تواند مزایای بالقوه ای را نسبت به گونه‌های مختلف گیاهی نشان دهد و در عین حال بکارگیری این عنصر می‌تواند سمیت گیاهی را در دوزهای بالا تحریک کند (Puccinelli et al. 2017; Safari et al. 2018; Babajani et al. 2019^{a,b}). Se به طور آگروژن یا برون‌زا،

مقدمه

سلنیوم (Se) در انواع مختلفی از جمله سلنیت، سلنید، سلنات و Se عنصری شناسایی شده است (Hu et al. 2018). ذکر این نکته ضروری است سلنیوم به عنوان یک ریز مغذی ضروری برای موجودات زنده مختلف به جز گیاهان طبقه بندی و طبقه بندی می‌شود (Nazerieh et al. 2018; Safari et al. 2018; Babajani

2015). از این رو، استراتژی‌های مختلفی مانند کاربرد الیستورهای مختلف و شرایط تنش غیر زیستی برای بهبود عملکرد تولید این متابولیت‌های ثانویه به کار گرفته شده‌اند (Tonelli et al. 2015). هدف این تحقیق بررسی تاثیر تیمار نانوسلنیوم بر آناتومی و الگوی تمایز بافتی در گیاه بادرنجبویه است.

مواد: nSe با اندازه ۱۰ تا ۴۵ نانومتر از شرکت معتبر نانوپیشگامان ایران (مشهد) خریداری شد. محلول نانو قرمز رنگ حاوی تثبیت کننده (۰.۱ درصد پلی وینیل پیرولیدون) بود. علاوه بر این، منحنی طیف اسکن (اسپکتروفتومتری UV-Vis) و تصویر SEM برای هر نانوذره تهیه شد و نانو بودن ماده تایید شد.

شرایط رشد و اعمال تیمارها: دانه رست‌های ۴۰ روزه که درون گلدان های یک کیلوگرمی در بستر ورمی کولیت و پرلیت (بدون خاک) کشت شده بودند مورد تیمار سلنیوم قرار گرفتند. برای اعمال تیمارها، نمونه‌ها با محلول غذایی هوگلدن حاوی اکسید (IV) Se بالک (SeO_2 ; JANSEN) یا nSe در غلظت‌های ۱۰ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر با فاصله سه روز و آب برای بقیه روزها در طی ۶ هفته در ۵ گروه تیماری آبیاری شدند.

تهیه مقاطع از بافت‌های گیاه و مطالعات میکروسکوپی: نمونه‌ها در فیکساتور حاوی الکل-گلیسرین (۳۰:۷۰) تثبیت شد. نمونه‌ها مورد برش عرضی به روش برشگیری دستی قرار گرفتند. در مراحل بعدی، نمونه‌ها آماده سازی و رنگ آمیزی برش‌ها انجام شد. به طور خلاصه، نمونه‌ها در شیشه ساعت محتوی آب ژاول یا هیپوکلریت سدیم (وایتکس) قرار داده شد (۲۰-۱۰ دقیقه). آب ژاول را خالی نموده و مقاطع را با آب مقطر شستشو داده شد. به شیشه ساعت محتوی مقاطع، اسید استیک ۵-۳٪ ریخته و به مدت ۱ تا ۵ دقیقه بماند و سپس با آب مقطر شستشو انجام شد. در مرحله بعد رنگ آمیزی انجام شد ابتدا نمونه‌ها در رنگ کارمن به مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه قرار داده و سپس شستشو انجام شد. در مرحله بعد از رنگ متیلن بلو به مدت ۳۰ ثانیه استفاده شد و شستشو انجام شد (شستشو تا جایی ادامه یافت که رنگ از مقاطع بیرون نیاید). برش‌ها زیر میکروسکوپ نوری مشاهده شد و تصویر آنها تهیه شد. با استفاده از لام میکرومتر اسکل گذاری و با استفاده از نرم افزار میکرومترمنت بررسی‌ها انجام شد. برداشت اول یک هفته بعد از اعمال آخرین تیمار و برداشت دوم یک ماه بعد از برداشت اول صورت گرفت.

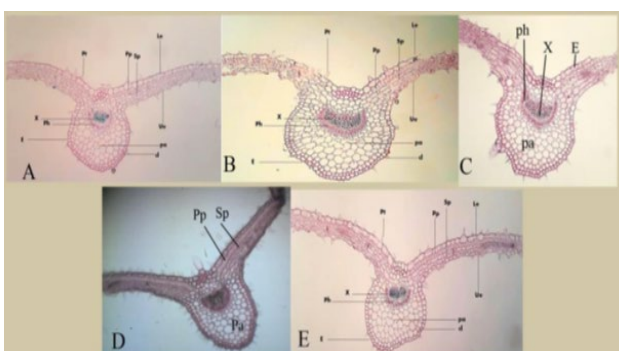
آنالیز آماری: اطلاعات حاصله با استفاده از نرم افزار آماری SPSS مورد آنالیز آماری قرار گرفت.

مکانیسم‌های دفاعی متنوعی را به‌ویژه سیستم آنتی‌اکسیدانی در گیاه فعال می‌کند. گزارش شده است که سلنیوم از طریق تحریک سیستم آنتی‌اکسیدانی و سیستم دفاعی علائم تنش‌های مختلف را در گونه‌های مختلف گیاهی کاهش داده است. به عنوان مثال، سلنیوم مقاومت گیاه را به تنش دمای بالا در سورگوم (Djanaguiraman et al. 2010)، شوری در سویا (Oraghi et al. 2019) و کادمیوم در *Pfaffia glomerata* (Pereira et al. 2018) افزایش داد. علاوه بر این، استفاده از Se برای تقویت زیستی محتوای Se در غذاهای مشتق شده از گیاه با توجه به نیازهای غذایی انسان مورد تاکید قرار گرفته است (Tang et al. 2017; Babajani et al. 2019a,b). علاوه بر این، اشاره شده است که نانوذرات عنصری قرمز رنگ Se (nSe) دارای فعالیت بیولوژیکی بزرگ و سمیت کمتری در موش‌ها هستند (Wang et al. 2007). با این حال، داده‌های علمی در مورد پاسخ‌های آناتومیک مرتبط با nSe در گیاهان نادر است. Hussein و همکاران (۲۰۱۹) مزیت و سمیت بالقوه nSe را در گونه‌های مختلف بادام زمینی گزارش کردند. قرار گرفتن گیاه گندم در معرض nSe با تغییر الگوهای بیان فاکتور شوک حرارتی A4A که نقش‌های حیاتی در جنبه‌های مختلف رشد، نمو و ایمنی گیاه ایفا می‌کند، رشد و فیزیولوژی گیاه را تحت تاثیر قرار داد (Safari et al. 2018). همچنین، nSe از طریق ارتقا سیستم آنتی‌اکسیدانی مقاومت گیاه سورگوم را در برابر تنش گرمایی بهبود بخشید (Djanaguiraman et al. 2018). از سوی دیگر، مشخص شده است که سطوح بالای nSe باعث سمیت گیاهی شدید می‌شود (Nazerieh et al. 2018; Babajani et al. 2019^a). با این حال، داده‌های مربوط به رفتار گیاه نسبت به nSe نادر است، و شکاف دانش، به‌ویژه در سطوح مولکولی و تمایز بافتی وجود دارد. از این رو، تحقیقات علمی متقاعدکننده بیشتر نیاز به بررسی مزایا و سمیت آن نسبت به گیاهان و روشن شدن مکانیسم‌های کمک دارد.

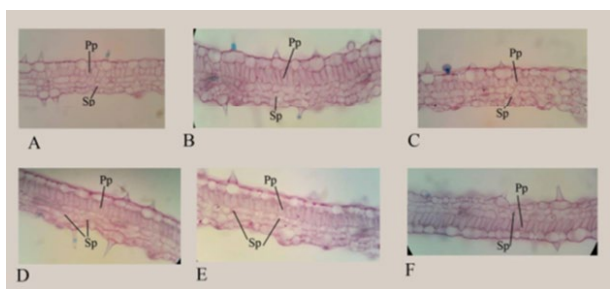
بادرنجبویه (*Melissa officinalis*) به عنوان یک گیاه دارویی مهم در صنایع دارویی سنتی و مدرن شناخته شده است. همچنین در فارماکولوژی مدرن به عنوان دارویی برای درمان آلزایمر، میگرن و روماتیسم و کنترل سرطان استفاده می‌شود (Moradkhani et al. 2010). با توجه به فیتوشیمی گیاه *Melissa officinalis*، ترکیبات پلی فنلی (اسید رزمارینیک، اسید کافنیک و پروتوکاتچوئیک اسید)، سانس‌ها، آلدئیدهای مونوترپنوئید، سسکوئی ترپن‌ها، فلاونوئیدها (لوتولین) و تانن‌ها از ترکیبات مهم تشکیل‌دهنده هستند. چندین مزیت عملکردی مهم بادرنجبویه در صنعت داروسازی مدرن به فنولیک‌ها مانند رزمارینیک اسید به عنوان یک متابولیت آنتی‌اکسیدانی اصلی و فلاونوئیدها نسبت داده شده است (Tonelli et al.

نتایج

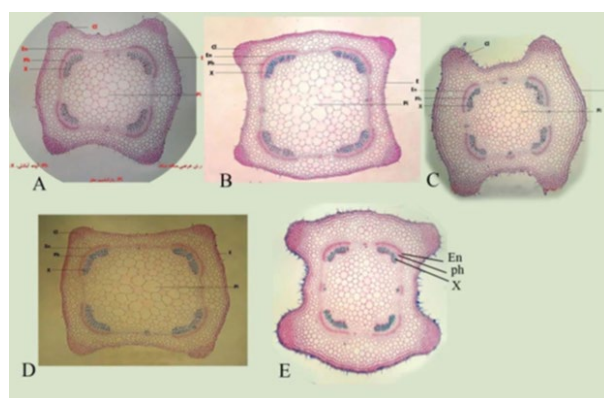
بررسی اثر نانوذره و بالک سلنیوم بر ساختار ساقه: نتایج این تحقیق دلالت بر آن داشت که نانوسلنیوم در غلظت ۱۰ اثرات مثبت و مفیدی داشت اما غلظت ۵۰ موجب القا سمیت شد. نتایج حاصل از بررسی میکروسکوپی مقاطع ساقه نشان داد که قطر استوانه مرکزی در همه تیمارها نسبت به شاهد افزایش معنی دار داشت که بیشترین حالت افزایش مربوط به تیمار نانوسلنیوم ۵۰ و بالک سلنیوم ۱۰ میلی گرم بر لیتر بود (شکل ۱). ضخامت کلانشیم در همه تیمارها به غیر نانوسلنیوم ۱۰ میلی گرم بر لیتر افزایش معنی دار نسبت به شاهد داشت. ضخامت و قطر ساقه در تیمارهای نانوسلنیوم ۵۰ میلی گرم بر لیتر و بالک ۱۰ میلی گرم بر لیتر افزایش معنی دار نسبت به شاهد داشت. قطر زایلیم در همه تیمارها کاهش پیدا کرد که کمترین حالت مربوط به نانوسلنیوم ۵۰ میلی گرم بر لیتر مشاهده شد (شکل ۱). در بررسی نتایج حاصل از برداشت دوم که مربوط به اثرات بلند مدت تیمارها بود ضخامت ساقه و ضخامت کلانشیم در همه تیمارها افزایش معنی دار داشت که بیشترین مقدار مربوط به نانوسلنیوم ۵۰ میلی گرم بر لیتر بود. قطر استوانه مرکزی، ضخامت استوانه مرکزی قطر فلویم و قطر زایلیم در همه تیمارها به غیر از نانوسلنیوم ۱۰ میلی گرم بر لیتر نسبت به شاهد افزایش معنی دار داشت (شکل ۱).



شکل ۲- برش عرضی برگ گیاه بادرنجبویه تحت تیمارهای مختلف نانو ذره و بالک سلنیوم، E-اپیدرم، Ph-آوند آبکش، X-آوند چوب، pr-اشعه مغزی، Pi-پارانشیم مغزی، Cl-سلول‌های کلانشیم، En آندودرم؛ A: شاهد، B: نانو سلنیوم ۱۰ میلی گرم بر لیتر، C: بالک اکسید سلنیوم ۱۰ میلی گرم بر لیتر، D: نانو سلنیوم ۵۰ میلی گرم بر لیتر، E: بالک اکسید سلنیوم ۵۰ میلی گرم بر لیتر (بزرگنمایی ۱۰).



شکل ۳- برش عرضی برگ گیاه بادرنجبویه تحت تیمارهای مختلف نانو ذره و بالک سلنیوم، E-اپیدرم، Ph-آوند آبکش، X-آوند چوب، Ue-اپیدرم بالایی، Le-اپیدرم پایین، Sp-پارانشیم اسفنجی، Pp-پارانشیم نرده‌ای، Pt-کرک؛ A: شاهد، B: نانو سلنیوم ۱۰ میلی گرم بر لیتر، C: بالک اکسید سلنیوم ۱۰ میلی گرم بر لیتر، D: نانو سلنیوم ۵۰ میلی گرم بر لیتر، E: بالک اکسید سلنیوم ۵۰ میلی گرم بر لیتر (بزرگنمایی ۱۰).



شکل ۱- برش عرضی ساقه گیاه بادرنجبویه تحت تیمارهای مختلف نانو ذره و بالک سلنیوم؛ E-اپیدرم، Ph-آوند آبکش، X-آوند چوب، Pe-پریدرم، Cp-کورتکس پارانشیم، pr-اشعه مغزی، T-تراکتید، Pi: پارانشیم مغزی؛ A: شاهد، B: نانو سلنیوم ۱۰ میلی گرم بر لیتر، C: بالک اکسید سلنیوم ۱۰ میلی گرم بر لیتر، D: نانو سلنیوم ۵۰ میلی گرم بر لیتر، E: بالک اکسید سلنیوم ۵۰ میلی گرم بر لیتر (بزرگنمایی ۱۰).

بررسی اثر نانوذره و بالک سلنیوم بر ساختار برگ: نتایج حاصل از بررسی تغییرات میکروسکوپی نشان داد که ضخامت اپیدرم بالایی و قطر فلوئم و طول کرک در همه تیمارها نسبت به شاهد

کشت همراه با القا تغییرات در تمایز بافت های آوندی در گیاه خیار تلخ (Rajae et al., 2020) و گیاه فلفل (Sotoodehnia et al., 2020) بود.

برخی محققان گزارش دادند که تیمار nSe منجر به القا تغییرات در اندازه سلول ها و تمایز بافتی بستگی به غلظت بکاربرده شده داشت. شاخص ترین تغییرات در بافت های هادی رخ داد (Rajae et al., 2020; Sotoodehnia et al., 2020). سمیت nSe در گیاه فلفل موجب مهار تمایز زایلیم در ریشه گیاه شد (Sotoodehnia et al., 2020). Moghanloo و همکاران (۲۰۱۹) بیان کردند که استفاده از نانوسیلیس در محیط کشت موجب تغییرات آناتومیک در گیاه *Astragalus fridae* شد.

نتیجه گیری

بنابراین، نتایج این تحقیق دلالت بر آن دارد که بکارگیری سلنیوم وابسته به غلظت کاربردی علاوه بر القا تغییرات فیزیولوژیک و مولکولی موجب تغییرات آناتومیک و تمایز بافتها شود. تحقیقات بیشتری در آینده لازم است تا مکانیسم این پاسخ ها تعیین شود.

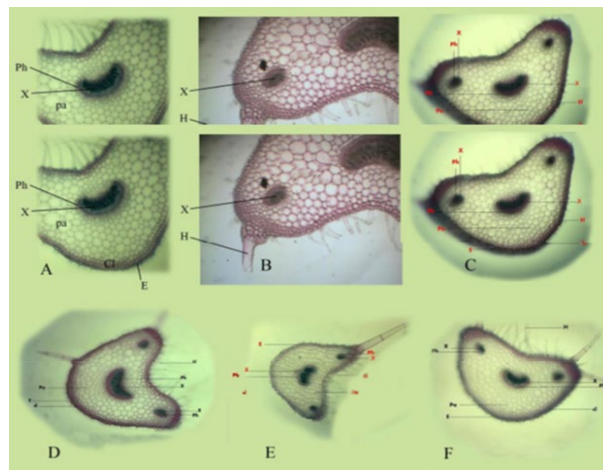
تقدیر و تشکر

نویسندگان مراتب تقدیر و تشکر خود را از همه کسانی که در ویرایش این مقاله کمک های موثری نموده اند، ابراز می دارند.

مراجع

- Babajani, A., Iranbakhsh, A., Ardebili, Z., O., Eslami, B. 2019a. Differential growth, nutrition, physiology, and gene expression in *Melissa officinalis* mediated by zinc oxide and elemental selenium nanoparticles. *Environmental Science and Pollution Research* 26, 24430–24444.
- Babajani, A., Iranbakhsh, A., Ardebili, Z., O., Eslami, B. 2019b. Seed priming with non-thermal plasma modified plant reactions to selenium or zinc oxide nanoparticles, cold plasma as a novel emerging tool for plant science. *Plasma Chem Plasma Process* 39(1), 21–34.
- Djanaguiraman, M., Belliraj, N., Bossmann, S., H., Prasad, P., V. 2018. High-Temperature Stress Alleviation by Selenium Nanoparticle Treatment in Grain Sorghum. *ACS Omega* 3(3), 2479–2491
- Djanaguiraman, M., Prasad, P., V., Seppanen, M. 2010. Selenium protects sorghum leaves from oxidative damage under high temperature stress by enhancing antioxidant defense

برداشت اول در همه صفات تغییرات معنی دار نسبت به شاهد مشاهده نشد. اما در برداشت دوم ضخامت اپیدرم بالایی و پایینی و قطر فلوئیم مرکزی و زایلیم مرکزی و قطر زایلیم جانبی در تیمار نانوسلنیوم ۱۰ میلی گرم بر لیتر و بالک سلنیوم ۵۰ میلی گرم بر لیتر نسبت به شاهد افزایش معنی دار داشته است. در تیمار نانوسلنیوم ۵۰ میلی گرم بر لیتر همه صفات نسبت به شاهد کاهش داشته اند اما طول کرک ها و تعداد زایلیم مرکزی نسبت به شاهد افزایش پیدا کرد (شکل ۴).



شکل ۴- برش عرضی دمبرگ گیاه بادرنجبویه تحت تیمارهای مختلف نانو ذره و بالک سلنیوم؛ E- اپیدرم، Ph-آوند آبکش، X-آوند چوب، Cl- سلول های کلانشیم، Pa-پارانشیم، Ue اپیدرم بالایی، Le-اپیدرم پایین؛ Sp-پارانشیم اسفنجی، Pp-پارانشیم نرده ای، Pt-کرک. A: شاهد، B: نانو سلنیوم ۱۰ میلی گرم بر لیتر، C: بالک اکسید سلنیوم ۱۰ میلی گرم بر لیتر، D: نانو سلنیوم ۵۰ میلی گرم بر لیتر، E: بالک اکسید سلنیوم ۵۰ میلی گرم بر لیتر (بزرگنمایی ۱۰).


بحث

تیمارهای نانو سلنیوم موجب القا تغییرات آناتومیک و تغییرات در تمایز بافتی شد. یافته های ما دلالت بر آن است که الگوی تمایز آوندهای چوب و آبکش (بافت های هادی)، تحت تاثیر تیمارهای اعمال شده تغییر می یابد. این ویژگی ها می تواند به عنوان مکانیزم کلیدی در گیاه مورد توجه باشد. بدیهی است که مقاومت گیاه به تنش ها و نیز میزان تولید محصول به مقدار زیادی به صفات آناتومیک و تمایز بافت ها بستگی دارد. مطالعاتی وجود دارد که دلالت بر تغییرات مورفولوژیک و آناتومیک در پاسخ به استفاده از نانوذرات مختلف از جمله سیلیس (Moghanloo et al., 2019) دارد. از جمله نیسانیان و همکاران در (۱۴۰۰) پاسخ های گیاه گوجه فرنگی را در پاسخ به اسپری گیاه با نانو سلنیوم گزارش کردند که با نتایج این تحقیق همسو است. در شرایط درون شیشه، بکارگیری سلنیوم در محیط

- L.V., Dressler, V.L., Tabaldi, L.A. 2018. Selenium and silicon reduce cadmium uptake and mitigate cadmium toxicity in *Pfaffia glomerata* Spreng. Pedersen plants by activation antioxidant enzyme system. *Environ Sci Poll Res* 2519., pp.18548-18558
- Puccinelli, M., Malorgio, F., Rosellini, I., Pezzarossa, B. 2017. Uptake and partitioning of selenium in basil *Ocimum basilicum* L. plants grown in hydroponics. *Sci Hortic* 225, 271-276
- Rajae Behbahani S, Iranbakhsh A, Ebadi M, Majd A, Ardebili ZO (2020) Red elemental selenium nanoparticles mediated substantial variations in growth, tissue differentiation, metabolism, gene transcription, epigenetic cytosine DNA methylation, and callogenesis in bittermelon (*Momordica charantia*); an in vitro experiment. *PLoS ONE* 15(7): e0235556. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235556>
- Safari, M., Ardebili, Z.O., Iranbakhsh, A. 2018. Selenium nano-particle induced alterations in expression patterns of heat shock factor A4A HSFA4A. and high molecular weight glutenin subunit 1Bx Glu-1Bx. and enhanced nitrate reductase activity in wheat *Triticum aestivum* L. *Acta Physiol Plant* 406, 117
- Sotoodehnia-Korani, S., Iranbakhsh, A., Ebadi, M., Majd, A. and Ardebili, Z.O., 2020. Selenium nanoparticles induced variations in growth, morphology, anatomy, biochemistry, gene expression, and epigenetic DNA methylation in *Capsicum annum*; an in vitro study. *Environmental Pollution*, 265, p.114727 .
- Tonelli, M., Pellegrini, E., D'Angiolillo, F., Petersen, M., Nali, C., Pistelli, L., Lorenzini, G. 2015. Ozone-elicited secondary metabolites in shoot cultures of *Melissa officinalis* L. *Plant Cell Tissue Organ Cult* 1202, 617-629
- Wang, H., Zhang, J., Yu, H. 2007. Elemental selenium at nano size possesses lower toxicity without compromising the fundamental effect on selenoenzymes, comparison with selenomethionine in mice. *Free Radical Biol* 4210,1524-33.
- system. *Plant physiology and Biochemistry* 4812, 999-1007
- Hussein, H.A.A., Darwesh, O.M. and Mekki, B.B., 2019. Environmentally friendly nano-selenium to improve antioxidant system and growth of groundnut cultivars under sandy soil conditions. *Biocatalysis and agricultural biotechnology*, 18, 101080.
- Moghanloo, M., Iranbakhsh, A., Ebadi, M., Ardebili, Z.O. 2019a. Differential physiology and expression of phenylalanine ammonia lyase PAL and universal stress protein USP. in the endangered species *Astragalus fridae* following seed priming with cold plasma and manipulation of culture medium with silica nanoparticles. *3 Biotech* 97, 288.
- Moghanloo, M., Iranbakhsh, A., Ebadi, M., Satari, T.N., Ardebili, Z.O. 2019b. Seed priming with cold plasma and supplementation of culture medium with silicon nanoparticle modified growth physiology and anatomy in *Astragalus fridae* as an endangered species. *Acta Physiol Plant* 414., 54
- Moradkhani, H., Sargsyan, E., Bibak, H., Naseri, B., Sadat-Hosseini, M., Fayazi-Barjin, A., Meftahizade, H. 2010. *Melissa officinalis* L a valuable medicine plant, A review. *J Med Plants Res* 425, 2753-2759
- Nazerieh, H., Oraghi Ardebili, Z., Iranbakhsh, A. 2018. Potential benefits and toxicity of nanoselenium and nitric oxide in peppermint. *Acta Agric Slov* 1112., 357-368
- Neysanian M, Iranbakhsh A, Ahmadvand R, Oraghi Ardebili Z, Ebadi M (2020) Comparative efficacy of selenate and selenium nanoparticles for improving growth, productivity, fruit quality, and postharvest longevity through modifying nutrition, metabolism, and gene expression in tomato; potential benefits and risk assessment. *PLoS ONE* 15(12): e0244207. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0244207>
- Oraghi Ardebili, Z., Ardebili, N.O., Jalili, S., Safiallah, S. 2015. The modified qualities of basil plants by selenium and/or ascorbic acid. *Turk J Bot* 393, 401-407
- Pereira, A.S., Dorneles, A.O.S., Bernardy, K., Sasso, M., Bernardy, D., Possebom, G., Rossato,

Research Article

Differential tissue differentiation in lemon balm following the application of selenium nanoparticles

Somayyeh Kheiri ^{1*} and Alameh Babajani²

¹ Assistant professor, Research institute of forests and Rangelands, agricultural research, education and extension organization (AREEO), Tehran, Iran

² Department of Biology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

*Correspondence to Somayeh Kheiri, Ph.D., kheiri@rifr-ac.ir

Received 24th September 2021 Revised 26th November 2021 Accepted 3rd February 2022

Abstract

Background and aim: This study was performed to identify the anatomical responses of lemon balm to selenium nanoparticles (nSe).

Methods: This experimental laboratory study was done at the concentrations of 10 and 50 mg/L of nSe.

Results: Plants were treated with nano-selenium (nSe; 0, 10 and 50 mg/l) and bulk selenium (BSe). The results of this study indicated that nano selenium had a positive and beneficial effect at a concentration of 10, but a concentration of 50 induced toxicity. The microscopic assessment of stem cross-sections showed that the diameter of the central cylinder was increased compared to the control. The highest increase was related to the seedlings exposed to the 50 and 10 mg/l. Stem thickness and diameter in the nSe-treated seedlings at 50 mg/l and bulk at 10 mg/l were increased compared to the control. Xylem diameter decreased in response to the supplements, the lowest belongs to the nSe50. Monitoring the leaf cross-sections showed that nSe10 increased the thickness of xylem diameter, palisade, and sponge parenchyma compared to the control. A comparison of petiole cross-sections indicated that the thickness of the epidermis and the diameter of the central and lateral xylem were changed. While 50 mg/l nSe declined these traits.

Conclusion: Therefore, the results of this study indicate that the application of applied concentration-dependent selenium, in addition to inducing physiological and molecular changes, causes anatomical changes and tissue differentiation. Further research is needed in the future to determine the mechanism of these responses.

Keywords: Nanomaterials; Selenium; Lemon balm; Anatomy; Tissue