Journal of Cell and Tissue 16(3), Autumn (2025) 245-262

Journal of Cell and Tissue
https://jct.araku.ac.ir
ISSN: 2345-3567

# The effect of silver nanoparticles on the physico-biochemical characteristics and essential oil performance of peppermint (*Mentha pipireta* L.)

**Abyari M**

Department of Science, Farhanghiyan University, Tehran, Iran. Email: m.abyari@cfu.ir

**Original Article**

Use your device to scan and read the article online

**Citation:** Abyari M. The effect of silver nanoparticles on the physico-biochemical characteristics and essential oil performance of peppermint *(Mentha pipireta L.)*. Journal of Cell and Tissue. 2025; 16(3):245-262.

https://doi.org/10.61882/JCT.245

**KEYWORDS**

Antioxidant system, Essential oil, Nanoparticles, Peppermint

**EXTENDED ABSTRACT**

**Introduction:** Peppermint (*Mentha piperita* L.) is an economically and medicinally significant plant valued for its essential oil. Silver nanoparticles (AgNPs) act as potent elicitors, triggering defense responses that include the production of reactive oxygen species (ROS) and the accumulation of secondary metabolites. However, the impact of AgNPs on peppermint's physico-biochemical traits and essential oil performance remains underexplored.

**Aims:** This study aimed to evaluate the effects of AgNPs on various physico-biochemical characteristics and essential oil performance in peppermint. The analyzed parameters, including $H_2O_2$, soluble proteins, phenols, flavonoids, antioxidant enzymes (SOD, CAT, APX), and photosynthetic pigments (chlorophyll and carotenoids), were examined to determine the optimal concentrations for enhanced metabolic activity.

**Materials and methods:** Rhizomes were planted in pots and grown under controlled greenhouse conditions, including a daytime temperature of 25°C, a photoperiod of 16 h of light and 8 h of darkness, and a relative humidity of 60. At the ten-leaf stage, plants underwent foliar spraying with 0 (control), 1, and 2 mM AgNPs. The AgNPs solution was prepared, characterized via UV-Vis spectroscopy, and SEM (20 nm quasi-spherical particles). A completely randomized design with three replicates was used to assess parameters including $H_2O_2$ content, soluble proteins, phenols, flavonoids, antioxidant enzymes (SOD, CAT, APX), photosynthetic pigments (chlorophyll, carotenoids), and essential oil performance. Statistical analysis was performed using ANOVA and LSD tests ($p<0.05$).

* Corresponding author. Tel.:, Fax:
E-mail address: m.abyari@cfu.ir
DOI: https://doi.org/10.61882.JCT.245
Received: 10 Mar. 2025; Received in revised form: 26 Jul. 2025; Accepted: 30 Jul. 2025
*Original Article*

**Results**: AgNPs significantly elevated all measured parameters compared to the control in a generally concentration-dependent manner: Treatment with 1 and 2 mM AgNPs increased $H_2O_2$ content by 2- and 3-fold, respectively. Treatment with 2 mM AgNPs resulted in a 2.4-fold increase in protein content. 1 and 2 mM AgNPs resulted in a 2.8- and 2.6-fold increase in leaf phenolic content, respectively. Concentrations of 1 and 2 mM AgNPs resulted in a 1.8- and 2.6-fold increase in leaf flavonoid content, respectively. Treatment with 2 mM AgNPs resulted in a 3.3-fold increase in SOD activity. Treatment with 2 mM AgNPs had a significant positive effect (about a 2.2-fold) on CAT enzyme activity. However, treatment with 1 mM AgNPs failed to affect CAT enzyme activity. AgNPs 1 and 2 mM increased APX enzyme activity by 1.7 and 2.5 times, respectively. Treatment with 1 and 2 mM AgNPs increased total chlorophyll concentration by 2.4- and 3-fold, respectively. 1 and 2 mM AgNPs increased carotenoid concentration by 1.8- and 3.5-fold, respectively. Treatment with 1 and 2 mM increased essential oil yield by 2.2- and 2.3-fold, respectively.

**Discussion:** AgNPs significantly increased the level of $H_2O_2$, soluble proteins, phenols, flavonoids, antioxidant enzymes (SOD, CAT, APX), chlorophyll, carotenoids, and essential oil yield. Although the mechanisms of plant response to AgNP elicitors are not well understood, we proposed that the improvement in peppermint's physico-biochemical traits in our study was due to the following series of mechanisms: AgNPs induce ROS (e.g., $H_2O_2$) generation through NADPH oxidase activation and electron leakage from organelles. This oxidative stress activates MAPK cascades and calcium signaling, which upregulate transcription factors (*MYB*, *bHLH*). These transcription factors subsequently enhance the expression of phenylpropanoid pathway enzymes (e.g., PAL) and terpenoid biosynthesis genes, leading to increased essential oil biosynthesis and accumulation. AgNP elicitors also improve antioxidant enzyme activity (SOD, CAT, APX) to mitigate ROS damage. In addition to the enzymatic antioxidant system, AgNPs enhance components of the non-enzymatic antioxidant system, including phenols and phenoloids. Furthermore, these nanoparticles upregulate key chlorophyll biosynthesis genes (HEMA1, CHLH), while suppress degradation-related genes (NYC1, PAO), resulting in elevated photosynthetic pigment concentrations.

**Conclusion:** Foliar application of 2 mM AgNPs significantly enhances peppermint's antioxidant capacity, photosynthetic efficiency, and essential oil biosynthesis by modulating ROS-mediated signaling. Therefore, this concentration is recommended for maximizing peppermint's medicinal and economic potential. Future studies should explore broader concentration ranges and early gene expression responses (6–12 h post-treatment).

سلول و بافت، دوره ۱۶، شماره ۳ ، سال ۱۴۰۴، صفحات ۲۴۵ تا ۲۶۲

سلول و بافت

شاپا الکترونیکی: ۳۵۶۷-۲۳۴۵

# تاثیر نانوذرات نقره بر صفات فیزیکوبیوشیمیایی و عملکرد اسانس گیاه نعناع فلفلی (*Mentha pipireta* L.)

**محمد آبیاری**

- گروه علوم پایه، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران

**واژگان کلیدی**

**اسانس، سیستم آنتی-اکسیدانت، نانوذرات، نعناع فلفلی**

**تاریخ دریافت:** ۱۴۰۳/۱۲/۲۰

**تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۴/۰۵/۰۴

**تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۴/۰۷/۰۸

**چکیده**

**هدف:** نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) یکی از گیاهان مهم از نظر اقتصادی و دارویی است که به‌واسطه پتانسیل خود در حوزه دارو و درمان، سبب جلب توجه محققان به استفاده از الیسیتورها برای افزایش اسانس و زیست‌توده آن شده است. بنابراین، این مطالعه با هدف تعیین اثر نانوذرات نقره بر صفات فیزیکوبیوشیمیایی و عملکرد اسانس گیاه نعناع فلفلی انجام شد. **مواد و روش‌ها:** تعداد پنج ریزوم در در عمق ۵ سانتی‌متری گلدان‌های پلاستیکی کاشته شدند. با استقرار کامل گیاه در مرحله ده برگی، محلول-پاشی با غلظت‌های ۰ (شاهد)، ۱ و ۲ میلی‌مولار نانوذرات نقره انجام شد. تاثیر نانوذرات نقره بر صفات فیزیکوبیوشیمیایی و عملکرد اسانس در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار تجزیه و تحلیل شد. **نتایج:** نتایج نشان داد که نانوذرات نقره، به‌ویژه با افزایش غلظت از ۱ به ۲ میلی‌مولار، باعث افزایش صفات فیزیکوبیوشیمیایی و عملکرد اسانس نعناع فلفلی نسبت به شاهد شدند. غلظت ۲ میلی‌مولار نانوذره نقره به‌عنوان موثرین تیمار سبب افزایش محتوای $H_2O_2$، پروتئین، فنول، فلاونوئیدها، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت SOD، CAT، و APX شد. در محتوای رنگیزه‌های کلروفیل و کارتنوئیدها و عملکرد اسانس نیز چنین افزایشی مشاهده شد. **نتیجه‌گیری:** با توجه به آثار نانوذرات نقره بر صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی نعناع فلفلی، استفاده از غلظت ۲ میلی‌مولار نانوذره نقره می‌تواند باعث افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی، بهبود محتوای اسانس و تقویت سیستم آنتی‌اکسیدانتی آنزیمی و غیرآنزیمی گیاه شود.

* نویسنده مسئول؛ تلفن: ؛ فکس:

آدرس پست الکترونیک: m.abyari@cfu.ir