



# اثر مصرف اتانول و نانوذره دی‌اکسید تیتانیوم بر صفات فیزیولوژیکی گیاه دارویی بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.)

سمیه خداوردی<sup>۱</sup>، وحید اکبرپور<sup>۲\*</sup> و حسین مرادی<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران  
۲- گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران، [v\\_akbarpour60@yahoo60.com](mailto:v_akbarpour60@yahoo60.com)

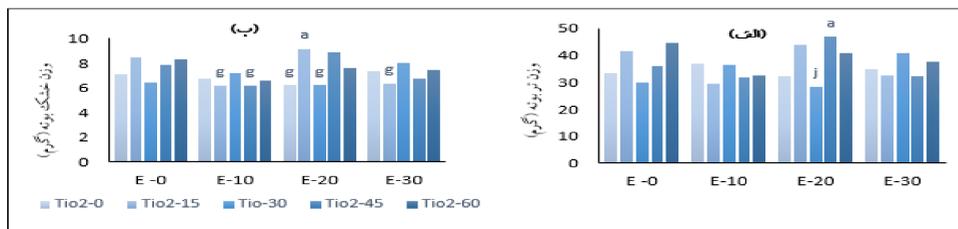
## نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمارهای اتانول و نانوذره دی‌اکسید تیتانیوم بر وزن تر بوته و وزن خشک بوته در سطح احتمال یک درصد و میزان رطوبت بوته و ماده خشک بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است (جدول ۱).

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن تر بوته	وزن خشک بوته	درصد رطوبت بوته	ماده خشک بوته
اتانول (A)	۳	۶۶/۶۸۶**	۳/۵۳۳**	۲/۴۲۵**	۲/۴۲۵**
نانوذره دی‌اکسید تیتانیوم (B)	۴	۴۹/۶۳۱**	۱/۱۷۳*	۲/۹۷۱**	۲/۹۷۱**
اثر متقابل (A×B)	۱۲	۱۰۴/۳۴۸**	۲/۸۸۰**	۴/۲۳۴*	۴/۲۳۴*
خطای آزمایشی	۳۸	۳/۷۵۳	-/۴۴۲	۱/۸۸۲	۱/۸۸۲
ضریب تغییرات %	-	۵/۳۶-	۹/۱۴۳	۱/۷۱۹	۶/۷۹۴

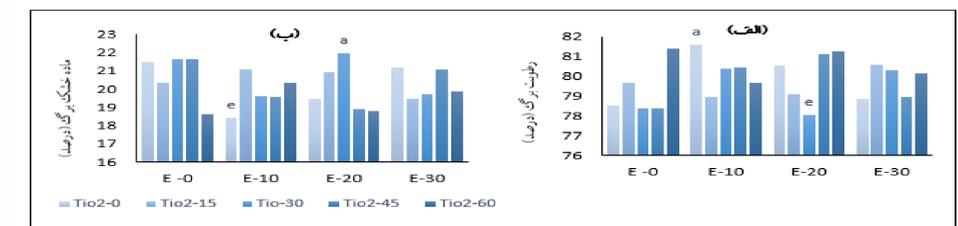
\*\*\*، \*\* و \* به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و غیرمعنی‌دار

بر اساس شکل ۱ (الف)، بیشترین وزن تر بوته در تیمار اتانول ۲۰٪ همراه با نانوذره دی‌اکسید تیتانیوم ۴۵ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد. همچنین طبق شکل ۱ (ب)، بیشترین وزن خشک بوته مربوط به اتانول ۲۰٪ و نانوذره ۱۵ میلی‌گرم بر لیتر بود. افزایش وزن تر و خشک احتمالاً ناشی از بهبود فتوسنتز و افزایش تجمع ماده آلی است؛ به طوری که اتانول با تقویت سیستم فتوسنتزی و آنتی‌اکسیدانی و نانوذرات TiO<sub>2</sub> با افزایش جذب نور و کارایی فتوسیستم‌ها موجب افزایش زیست‌توده گیاه می‌شوند (Gohari et al., 2020; Skiba et al., 2024; Rahman et al., 2022; Todaka et al., 2024).



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل اتانول و نانوذره دی‌اکسید تیتانیوم بر وزن تر بوته (الف) و وزن خشک بوته (ب)

بر اساس شکل ۲ (الف)، بیشترین رطوبت بوته در تیمار اتانول ۱۰٪ بدون نانوذره مشاهده شد. شکل ۲ (ب) نشان داد بیشترین درصد ماده خشک برگ در اتانول ۲۰٪ و نانوذره ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر است. نتایج نشان می‌دهد اثر متقابل اتانول و نانوذره TiO<sub>2</sub> به طور معنی‌داری بر صفات فیزیولوژیکی تأثیر داشته است؛ به گونه‌ای که افزایش رطوبت بیانگر بهبود وضعیت آبی و افزایش ماده خشک ناشی از افزایش کارایی فتوسنتزی و تجمع بیشتر مواد آلی است.



شکل ۲ مقایسه میانگین اثر متقابل اتانول و نانوذره دی‌اکسید تیتانیوم بر درصد رطوبت بوته (الف) و ماده خشک بوته (ب)

مطالعات پیشین نشان داده‌اند که اتانول و TiO<sub>2</sub> با بهبود تعادل آبی و افزایش کارایی می‌توانند بر توزیع ماده خشک گیاه اثرگذار باشند (Rahman et al., 2022; Gohari et al., 2020). نتایج این پژوهش نیز بیانگر اثر معنی‌دار برهم‌کنش این دو تیمار بر صفات فیزیولوژیکی بادرشبو بود. در مجموع، تنظیم مناسب سطوح اتانول و نانوذره TiO<sub>2</sub> می‌تواند به بهبود رشد و صفات فیزیولوژیکی بادرشبو کمک کند. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده اثر همزمان این تیمارها همراه با کودهای زیستی، در شرایط مزرعه‌ای و نیز با نانوذرات مختلف، بر صفات رشدی و ترکیبات فیتوشیمیایی بادرشبو بررسی شود تا راهکارهای پایدار تولید این گیاه دارویی توسعه یابد.

## منابع

Acimo Acimović, M., Sikora, V., Brdar-Jokanović, M., Kiprovski, B., Popović, V., Koren, A., and Puvača, N. (2019). *Dracocephalum moldavica*: cultivation, chemical composition and biological activity. Journal of Agronomy, Technology and Engineering Management, 2(1): 153-167.

Gohari, G., Mohammadi, A., Akbari, A., Panahirad, S., Dadpour, M.R., Fotopoulos, V., and Kimura, S. (2020). Titanium dioxide nanoparticles promote growth and ameliorate salinity stress in *Dracocephalum moldavica*. Scientific Reports, 10: 912. doi: 10.1038/s41598-020-57794-1.

Rahman, M.M., Mostofa, M.G., Das, A.K., Anik, T.R., Keya, S.S., Ahsan, S., Khan, M.A.R., Ahmed, M., Rahman, M.A., Hossain, M.M., and Phan-Tran, L.-S. (2022). Ethanol positively modulates photosynthetic traits and antioxidant defense to enhance drought acclimatization in soybean. Antioxidants, 11(3): 516. doi: 10.3390/antiox11030516.

Skiba, E., Pietrzak, M., Michlewska, S., Gruszka, J., Malejko, J., Godlewska-Zylkiewicz, B., and Wolf, W.M. (2024). Photosynthesis governed by nanoparticulate titanium dioxide in pea plants. Environmental Pollution, 340: 122735. doi: 10.1016/j.envpol.2023.122735.

Todaka, D., Do Thi Nhu Quynh, Tanaka, M., Utsumi, Y., Utsumi, C., Ezoe, A., Takahashi, S., Ishida, J., Kusano, M., Kobayashi, M., Saito, K., Nagano, A.J., Nakano, Y., Mitsuda, N., Fujiwara, S., and Seki, M. (2024). Application of ethanol alleviates heat damage to leaf growth and yield in tomato. Frontiers in Plant Science, 15: 1325365. doi: 10.3389/fpls.2024.1325365.

Verma, S., & Shukla, S. (2015). Impact of various factors responsible for fluctuation in plant secondary metabolites. Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants, 2(4): 105-113. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2015.09.002>

## چکیده

آزمایشی گلخانه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار برای بررسی اثر اتانول (۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد) و نانوذره دی‌اکسید تیتانیوم (۰، ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر) بر صفات فیزیولوژیکی گیاه بادرشبو انجام شد. نتایج نشان داد تیمارها اثر معنی‌داری بر وزن تر و خشک بوته (در سطح یک درصد و بر درصد رطوبت و ماده خشک برگ (در سطح پنج درصد داشتند. بیشترین وزن تر و خشک بوته در تیمار اتانول ۲۰٪ همراه با ۴۵ و ۱۵ میلی‌گرم بر لیتر نانوذره مشاهده شد. بیشترین رطوبت در اتانول ۱۰٪ بدون نانوذره و بیشترین درصد ماده خشک برگ در اتانول ۲۰٪ و ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر نانوذره به دست آمد.

به طور کلی، مصرف همزمان اتانول و نانوذره دی‌اکسید تیتانیوم باعث بهبود رشد و وضعیت فیزیولوژیکی گیاه بادرشبو شد.

## مقدمه

افزایش جمعیت و توسعه صنایع دارویی، غذایی و بهداشتی موجب افزایش توجه به تولید پایدار و باکیفیت گیاهان دارویی شده است. بهبود صفات فیزیولوژیکی مرتبط با فتوسنتز، رشد رویشی و وضعیت آنتی‌اکسیدانی نقش مهمی در افزایش عملکرد و کیفیت مواد مؤثره دارد (Verma & Shukla, 2015). بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.) از گیاهان دارویی ارزشمند تیره نعنائیان است که به دلیل دارا بودن اسانس و ترکیبات فنلی با خواص آنتی‌اکسیدانی و دارویی اهمیت زیادی دارد (Acimović et al., 2019).

در سال‌های اخیر، استفاده از محرک‌های فیزیولوژیک زیست‌سازگار برای افزایش فتوسنتز و کاهش اثرات تنش‌های محیطی مورد توجه قرار گرفته است؛ به طوری که اتانول می‌تواند با بهبود شاخص‌های فتوسنتزی و تقویت سیستم آنتی‌اکسیدانی، رشد گیاه را افزایش دهد (Rahman et al., 2022; Todaka et al., 2024).

همچنین نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم (TiO<sub>2</sub>) با افزایش کارایی فتوسیستم‌ها و کاهش تنش اکسیداتیو موجب بهبود رشد و صفات فیزیولوژیکی گیاهان می‌شوند، هرچند پاسخ گیاه به غلظت و شرایط محیطی وابسته است (Gohari et al., 2020; Skiba et al., 2024).

با وجود گزارش‌های متعدد درباره اثر جداگانه این عوامل، بررسی همزمان آن‌ها در بادرشبو محدود بوده است؛ بنابراین پژوهش حاضر با هدف ارزیابی اثر اتانول و نانوذره TiO<sub>2</sub> بر صفات فیزیولوژیکی این گیاه انجام شد.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در گلخانه استان البرز در سال ۱۴۰۰ اجرا شد. تیمارها شامل اتانول در چهار سطح ۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد و نانوذره دی‌اکسید تیتانیوم در پنج سطح ۰، ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر بودند. بذر بادرشبو از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه و در خزانه کشت شد. پس از ۲۰-۲۵ روز و رسیدن گیاهچه‌ها به مرحله چهاربرگی، نشاها به گلدان منتقل شدند. یک هفته بعد، محلول‌پاشی تیمارها شامل اتانول ۹۹٪ و نانوذره دی‌اکسید تیتانیوم به صورت هفتگی و با فاصله سه روز تا مرحله گلدهی انجام شد. آبیاری نیز یک روز در میان صورت گرفت. در پایان دوره رشد رویشی، گیاهان برداشت شدند.

صفات فیزیولوژیکی شامل وزن تر و خشک بوته، درصد رطوبت و ماده خشک اندازه‌گیری شد. وزن تر بلافاصله پس از برداشت تعیین شد و وزن خشک با قرار دادن نمونه‌ها در آون ۷۰ درجه تا رسیدن به وزن ثابت به دست آمد. درصد رطوبت و ماده خشک از اختلاف وزن تر و خشک محاسبه شد. داده‌ها با نرم‌افزار SPSS 9.1 تحلیل و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطوح احتمال ۱ و ۵٪ انجام شد.