J. Soil Plant Interact. 2026; 17(2): 95–107. https://doi.org/10.47176/jspi.17.2.21352

Journal of Soil and Plant Interactions

Journal homepage: https://jspi.iut.ac.ir/

ISSN: 2783-5014 EISSN: 2783-5286

Research Article

Effects of Foliar Application of Ethanol, Methanol, and Nitrogen on The Growth and Quality of Tarragon (*Artemisia dracunculus* L.)

Amin Sarhangi and Alireza Ladan Moghadam*

Department of Horticulture, Ga.C., Islamic Azad University, Garmsar, Iran
* Corresponding author, Email: Alireza.ladanmoghadam@iau.ac.ir

(Received: 4 April 2026; Revised: 3 May 2026; Accepted: 31 May 2026)

Abstract

Background and Objective: Tarragon (*Artemisia dracunculus* L.) is one of the most important medicinal plants in the Asteraceae family, known for its numerous medicinal properties. Methanol, ethanol, and nitrogen play key roles in plant metabolism and structural functions, contributing to improved plant growth. Therefore, this study was conducted to investigate the effects of foliar application of ethanol, methanol, and nitrogen on the growth and quality of tarragon.

Methods: This experiment was carried out in a completely randomized design with three replications under greenhouse conditions. Treatments included ethanol and methanol at concentrations of 10, 20 and 30%, nitrogen at concentrations of 1, 2, and 3 mM, and a control (distilled water). Foliar application was performed every two days over a period of two weeks. Sampling, physiological traits and enzyme activity evaluations were conducted approximately 10 days after the final foliar application (plant height 25 cm).

Results: The results showed that the highest fresh and dry weights of aerial parts (i.e., 17.35 g and 6.75 g per plant), proline content (4.64 mg g^{-1} FW), protein content (57.03 µg mg^{-1} FW), and concentrations of iron, potassium, magnesium, and nitrogen (16.54, 189.35, 5.62, and 35.42 mg g^{-1} DW) were obtained in the 3 mM nitrogen treatment. The highest total chlorophyll content (13.92 mg g^{-1} FW), vitamin C content (17.85 mg $100g^{-1}$ FW), and the activities of superoxide dismutase and peroxidase enzymes (7.42 and 14.78 enzyme units g^{-1} FW) were observed in the 30% methanol treatment.

Conclusion: Foliar application of ethanol, methanol, and nitrogen had positive effects on the growth and biochemical characteristics of tarragon. In particular, foliar application of 3 mM nitrogen and 30% methanol can serve as an effective approach to enhance the growth and quality of tarragon.

Keywords: Enzyme, Hydroalcohol, Nutrient elements, Vitamin C.

How to Cite: Sarhangi, A., Ladan Moghadam, A., 2026. Effects of foliar application of ethanol, methanol, and nitrogen on the growth and quality of tarragon (*Artemisia dracunculus* L.). J. Soil Plant Interact. 17(2), 95–107 (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.47176/jspi.17.2.21352

Copyright © 2026 Isfahan University of Technology, Published by IUT Press. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

روابط خاک و گیاه ۱۴۰۵؛ (۲)۱۷: ۱۰۷-۹۵، https://doi.org/10.47176/jspi.17.2.21352

روابط خاک و گیاه

صفحه خانگی فصلنامه: https://jspi.iut.ac.ir/

شاپا: ۲۷۸۳-۵۰۱۴ شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۵۲۸۶

مقاله پژوهشی

اثر محلول‌پاشی اتانول، متانول و نیتروژن بر رشد و کیفیت گیاه ترخون (*Artemisia dracunculus* L.)

امین سرهنگی و علیرضا لادن مقدم*

گروه علوم باغبانی، واحد گرمسار، دانشگاه آزاد اسلامی، گرمسار، ایران

* نویسنده مسئول، پست الکترونیکی: Alireza.ladanmoghadam@iau.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۱/۱۵؛ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۲/۱۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۳/۱۰)

چکیده

پیشینه پژوهش و هدف: گیاه ترخون (*Artemisia dracunculus* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان دارویی خانواده کاسنی است که خواص دارویی فراوانی دارد. متانول، اتانول و نیتروژن نقش مهمی در سوخت‌وساز و ساختار گیاه داشته و موجب بهبود رشد در گیاهان می‌شود. بنابراین این پژوهش با هدف بررسی اثر محلول‌پاشی اتانول، متانول و نیتروژن بر رشد و کیفیت گیاه ترخون انجام شد.

روش‌ها: این آزمایش به‌صورت طرح آماری کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل اتانول و متانول (۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد)، نیتروژن (۱، ۲ و ۳ میلی‌مولار) و گلدان شاهد (آب مقطر) بود. محلول‌پاشی گلدان‌ها به مدت دو هفته هر دو روز یک‌بار انجام شد. نمونه‌برداری و ارزیابی صفات فیزیولوژیک و فعالیت آنزیم‌ها حدود ۱۰ روز پس از آخرین محلول‌پاشی (ارتفاع گیاه حدود ۲۵ سانتی‌متر) انجام شد.

نتایج: نتایج نشان داد بیشترین وزن تازه و خشک شاخساره (۱۷/۳۵ و ۶/۷۵ گرم در بوته)، میزان پرولین (۴/۶۴ میلی‌گرم در گرم وزن تازه)، میزان پروتئین (۵۷/۰۳ میکروگرم در میلی‌گرم وزن تازه)، و غلظت‌های آهن، پتاسیم، منیزیم و نیتروژن (۱۶/۵۴، ۱۸۹/۳۵، ۵/۶۲ و ۳۵/۴۲ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) در تیمار نیتروژن ۳ میلی‌مولار به‌دست آمد. بیشترین میزان کلروفیل کل (۱۳/۹۲ میلی‌گرم در گرم وزن تازه)، میزان ویتامین ث (۱۷/۸۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه)، و فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز (۷/۴۲ و ۱۴/۷۸ واحد آنزیم در گرم وزن تازه) در تیمار متانول ۳۰ درصد مشاهده شد و کمترین میزان این صفات در شاهد به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری کلی: محلول‌پاشی گیاه توسط اتانول، متانول و نیتروژن تأثیر مثبتی بر ویژگی‌های رشدی و بیوشیمیایی گیاه ترخون داشت. به‌ویژه محلول‌پاشی گیاه توسط تیمار نیتروژن ۳ میلی‌مولار و متانول ۳۰ درصد می‌تواند یک راهکار مناسب برای بهبود رشد و کیفیت گیاه ترخون باشد.

واژه‌های کلیدی: آنزیم، هیدروالکل، عناصر غذایی، ویتامین ث.

حق انتشار این مستند، متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است. ۱۴۰۵ ©.

این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است:

Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

مقدمه

ترخون (*Artemisia dracunculus* L.) گیاهی علفی و چندساله، از خانواده کاسنی (Asteraceae) است. گسترش اکولوژیک آن مربوط به کوهستان‌های سرد اروپا و آمریکا و مناطق مختلف روسیه و سیبری است و در ایران نیز در بیشتر مناطق کشت می‌شود. ترکیبات مهم ترخون شامل اسانس، کومارین، فلاونوئید و اسیدهای فنولیک، آلکالوئید و مواد تانی بوده و خاصیت ضدباکتری و قارچ، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و آثار ضددرد و اسپاسم این گیاه گزارش شده است. همچنین این گیاه به‌طور گسترده در صنایع غذایی کاربرد دارد (Bakhshi et al., 2025).

یکی از رایج‌ترین روش‌ها برای رساندن مواد غذایی و عناصر مورد نیاز گیاه، محلول‌پاشی یا تغذیه از راه برگ است که به‌دلیل سرعت جذب زیاد از راه شاخساره می‌توان در کوتاه‌ترین زمان به نتیجه مطلوب رسید و نیاز غذایی گیاه را تأمین کرد (Darabi Hoseinabad Ghaeni et al., 2023). امروزه استفاده از ترکیبات غیرشیمیایی با آثار سوء کمتر برای تولید زیست‌توده و ماده مؤثره گیاهان مورد توجه قرار گرفته است. برای نمونه، محلول‌پاشی با الکل‌ها یکی از راهکارهای مناسب برای افزایش عملکرد کمّی و کیفی گیاهان به‌حساب می‌آید (Rezaie Allolo et al., 2024).

متانول (CH_3OH) و اتانول (C_2H_5OH) از ساده‌ترین الکل‌ها هستند که می‌توانند به‌صورت غیرفعال و در اثر پخشیدگی از غشای سلولی وارد سلول‌های گیاهی شوند. جذب این ترکیبات به غلظت آن‌ها وابسته است و پس از محلول‌پاشی، آثار آن‌ها به‌صورت سیستمیک در سراسر گیاه مشاهده می‌شود (Rezaie Allolo et al., 2024). این ترکیبات علاوه بر اثر مستقیم بر رشد گیاه، از راه تحریک فعالیت باکتری‌های متیلوتروف (*Methylobacterium* spp.) نیز بر رشد گیاهان تأثیر می‌گذارند. این باکتری‌ها با مصرف متانول و اتانول موجود در سطح برگ‌ها قادر به تولید هورمون‌های رشدی مانند اکسین و سایتوکنین هستند که موجب بهبود رشد و نمو گیاه می‌شود (Akbarpour et al., 2021). در بافت گیاهی، اتانول و متانول در نهایت به دی‌اکسید کربن تبدیل شده و افزایش غلظت این ترکیبات می‌تواند کارایی فتوسنتز را افزایش دهد. همچنین گزارش‌ها نشان می‌دهد که متانول و اتانول با تأثیر بر فرآیندهای متابولیک گیاه، موجب افزایش رشد، بهبود فعالیت فتوسنتزی و کاهش تنفس نوری می‌شوند (Darabi Hoseinabad Ghaeni et al., 2023). پژوهش‌های انجام‌شده در این راستا نشان داده است کـه کاربرد اتانول، عملکرد بیولوژیک، درصد و عملکرد اسانس، میزان کلروفیل کل و کاروتنوئید، پرولین و میزان قند آزاد را در گیاه بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.) افزایش داد (Samadimatin and Hani, 2017). در گیاه بادرنجبویه (*Melissa officianlis* L.) نیز کاربرد اتانول و متانول موجب تولید بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک، محتوای کلروفیل a و b و کلروفیل کل گردید (Akbarpour et al., 2021). همچنین Valizadeh kamran et al. (2019) اثر مثبت متانول را در افزایش ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی و درصد اسانس گیاه اسطوخدوس (*Lavandula stoechas* L.) گزارش کردند.

نیتروژن یکی از عناصر پرمصرف و ضروری برای گیاهان است و نقش کلیدی در رشد و توسعه آن‌ها دارد. این عنصر در ترکیب با کربن، هیدروژن، اکسیژن و گوگرد، جزء اصلی مولکول‌های مهمی مانند آمینواسیدها، پروتئین‌ها، نوکلئیک اسیدها، کلروفیل و برخی هورمون‌هابوده و بنابراین در بسیاری از فرآیندهای زیستی گیاه شرکت می‌کند (Wang et al., 2024). همچنین نیتروژن به‌طور مستقیم بر ترکیب و عملکرد آنزیم روبیسکو که نقش اساسی در جذب CO_2 و فتوسنتز دارد، تأثیر می‌گذارد. به‌همین دلیل کمبود نیتروژن معمولاً با کاهش فعالیت فتوسنتزی و تجمع زیست‌توده همراه است. از سوی دیگر، مازاد نیتروژن نسبت به نیاز گیاه می‌تواند با تحریک بیش از حد رشد رویشی و تأخیر در ورود به فاز زایشی، موجب کاهش کیفیت بافت‌ها و بهره‌وری نهایی محصول شود (Wang et al., 2024). گزارش‌ها نشان داده است که محلول‌پاشی نیتروژن در گیاه بابونه (*Matricaria chamomilla* L.)، ارتفاع بوته، تعداد گل، عملکرد گل خشک و درصد و عملکرد اسانس را افزایش داد (Haj Seyed Hadi and Rezaee Ghale, 2016). در گیاه عروسک

پشت پرده (*Physalis alkekengi* L.) نیز محلول‌پاشی نیتروژن موجب بهبود ویژگی‌های رشدی گیاه و ترکیبات شیمیایی آن شد (Pezeshki et al., 2022).

با توجه به آثار مثبت محلول‌پاشی اتانول، متانول و نیتروژن بر رشد گیاه و در راستای پیشبرد اهداف کشاورزی پایدار، پژوهش حاضر به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی این ترکیبات بر رشد و کیفیت گیاه ترخون (*Artemisia dracunculus* L.) انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی اتانول، متانول و نیتروژن بر رشد و کیفیت گیاه ترخون (*Artemisia dracunculus* L.) آزمایشی در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۴۰۰ در گلخانه‌ای واقع در شهرستان گرمسار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل اتانول و متانول (۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد)، نیتروژن (۱، ۲ و ۳ میلی‌مولار) و گلدان شاهد (آب مقطر) بود. برای تهیه محلول اتانول (C_2H_5OH) از اتانول با خلوص ۹۶ درصد (ساخت ایران) و برای تهیه محلول متانول از متانول (CH_3OH) با خلوص ۹۹/۸ درصد (ساخت ایران) استفاده شد. کود نیتروژن نیز از شرکت خضراء خریداری شد. ابتدا پاجوش‌های با کیفیت و یکنواخت گیاه ترخون در اوایل فصل بهار از گلخانه‌ای معتبر تهیه شد و در گلدان‌هایی به قطر و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر دارای مخلوط خاک زراعی، ماسه و کود دامی پوسیده (با نسبت حجمی ۲:۱:۱) کشت شدند. گلدان‌ها در گلخانه با میانگین دمای روزانه و شبانه به‌ترتیب برابر ۲±۲۵ و شبانه ۲±۱۸ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۶۰–۷۰ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند. گلدان‌ها به‌صورت روزانه/هر دو روز یک‌بار و بر اساس نیاز آبی گیاه، با آب شهری آبیاری شدند. مقدار آب مصرفی به‌گونه‌ای تنظیم شد که رطوبت بستر در حد نزدیک به گنجایش گلدانی حفظ شود و از زهکشی بیش از حد جلوگیری گردد. پس از استقرار گیاهان (حدود یک ماه پس از کاشت)، محلول‌پاشی گلدان‌ها به مدت دو هفته هر دو روز یک‌بار انجام شد. نمونه‌برداری و ارزیابی صفات حدود ۱۰ روز پس از آخرین محلول‌پاشی (زمانی که ارتفاع گیاه به حدود ۲۵ سانتی‌متر رسیده بود و پیش از مرحله گل‌دهی) انجام شد.

وزن تازه و خشک گیاه: وزن تازه شاخساره بلافاصله پس از برداشت و وزن خشک پس از ۷۲ ساعت قرارگیری در آون با دمای ۶۰ درجه سلسیوس و با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد (Soroori and Danaee, 2023).

کلروفیل کل: محتوای کلروفیل کل برگ با استفاده از حلال استون ۸۰ درصد استخراج شده و جذب محلول به‌دست‌آمده با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (UV Visible مدل Spectro Flex 6600) در طول موج‌های ۶۶۳ نانومتر (A_{663}) برای کلروفیل a و ۶۴۵ نانومتر (A_{645}) برای کلروفیل b قرائت شد. در نهایت کلروفیل کل با رابطهٔ (۱) برحسب میلی‌گرم در گرم وزن تازه محاسبه شد (Shabani Fard et al., 2023):

$$\text{Total chlorophyll} = 20.2\,(A_{645}) + 8.02\,(A_{663}) \times \text{Volume} / (1000 \times \text{Sample weight}) \quad (1)$$

ویتامین ث: برای سنجش میزان ویتامین ث از روش تیتراسیون دو مرحله‌ای اکسیداسیون–احیاء استفاده شد. در این روش، ابتدا ویتامین ث موجود اکسید شده و سپس با محلول استاندارد تیتر شد. در نهایت مقدار ویتامین ث با رابطه (۲) برحسب میلی‌گرم آسکوربیک اسید در ۱۰۰ گرم وزن تازه محاسبه شد (Danaee and Abdossi, 2019):

$$\text{ویتامین ث} = \frac{\text{۲×۱۰×حجم عصاره به‌دست آمده × حجم مصرفی برای نمونه}}{\text{وزن نمونه × حجم مصرفی برای استاندارد}} \quad (2)$$

پرولین: محتوای پرولین گیاه بر اساس روش Bates et al. (1973) استخراج شده، جذب محلول رویی در طول موج ۵۲۰ نانومتر به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شده و برحسب میلی‌گرم در گرم وزن تازه بیان شد.

پروتئین: اندازه‌گیری پروتئین با استفاده از روش Bradford (1976) انجام شد و میزان جذب در طول موج ۵۹۵ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. در نهایت میزان پروتئین برحسب میکروگرم در میلی‌گرم وزن خشک محاسبه شد.

فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز: فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز از راه توانایی مهار فتوشیمیایی نیتروبلوتترازولیوم به فومازان توسط رادیکال‌های سوپراکسید ارزیابی شد. محلول واکنش شامل عصاره آنزیمی، متیونین، ریبوفلاوین، نیتروبلوتترازولیوم تهیه شده و عدد جذب در طول موج ۵۶۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. فعالیت آنزیم پراکسیداز نیز بر اساس روش گایاکول و با حضور پراکسید هیدروژن و بافر گایاکول اندازه‌گیری شده و اعداد جذب در طول موج ۵۳۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. سپس فعالیت آنزیم‌ها برحسب واحد آنزیم در گرم وزن تازه محاسبه شد (Rahmani and Danaee, 2025).

آهن، پتاسیم، منیزیم و نیتروژن: میزان آهن و منیزیم برگ با استفاده از دستگاه جذب اتمی (Analyst 700, Perkin Elmer, USA) (Mahdi nezhad et al., 2002)، میزان پتاسیم برگ توسط دستگاه فلیم‌فتومتر (Jenway انگلستان) (Torabi-Giglou et al., 2019) و میزان نیتروژن برگ با استفاده از دستگاه کجلدال اندازه‌گیری شد (Du Preez and Bale, 2008) و در نهایت برحسب میلی‌گرم در گرم وزن خشک بیان شدند.

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۳ مورد تجزیه و تحلیل واریانس قرار گرفتند. میانگین تیمارها با استفاده از آزمون دانکن در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد مقایسه شدند. ترسیم نمودارها نیز با نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر تیمارها بر وزن تازه و خشک شاخساره، کلروفیل کل، پرولین، پروتئین، آهن، پتاسیم، منیزیم و نیتروژن در سطح احتمال ۱ درصد و بر ویتامین ث و فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱).

وزن تازه و خشک شاخساره: بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، کاربرد برگی سطوح مختلف الکل‌ها و نیتروژن بر میزان وزن تازه و خشک گیاه تأثیر مثبت داشت. به‌طوری‌که بیشترین وزن تازه و خشک (به‌ترتیب برابر ۱۷/۳۵ و ۶/۷۵ گرم در بوته) در تیمار نیتروژن ۳ میلی‌مولار و کمترین مقادیر آن‌ها (به‌ترتیب برابر ۱۲/۹۵ و ۳/۸۶ گرم) در شاهد مشاهده شد (شکل ۱). نتایج پژوهش حاضر نشان داد، افزایش غلظت نیتروژن موجب افزایش وزن تازه و خشک شاخساره شد، زیرا این مولکول در ساختارهای مهم متابولیک مانند کلروفیل و سیتوکروم یافت می‌شود که برای فتوسنتز و تنفس ضروری است. به‌دلیل نقش مهم نیتروژن در سنتز پروتئین و افزایش تقسیم و تورژسانس سلول‌های مریستمی، کاربرد بهینه نیتروژن می‌تواند سبب افزایش رشد رویشی در گیاهان شود (Hassanzadeh et al., 2016). متانول نیز موجب افزایش قندسازی در برگ‌ها می‌شود و این امر سبب افزایش آماس سلولی بافت و افزایش سرعت هم‌سازی مواد و رشد در گیاهان می‌شود (Akbarpour et al., 2021). هم‌راستا با یافته‌های پژوهش حاضر، Pirvash et al. (2021) تأثیر مثبت کاربرد نیتروژن را در افزایش رشد رویشی گیاه سرخارگل (*Echinacea purpurea* L.) گزارش کردند.

کلروفیل کل: نتایج نشان داد استفاده از اتانول، متانول و نیتروژن موجب افزایش میزان کلروفیل کل شد. به‌طوری‌که بیشترین میزان کلروفیل کل (برابر ۱۳/۹۲ میلی‌گرم در گرم وزن تازه) در تیمار متانول ۳۰ درصد و کمترین آن (برابر ۹/۴۲ میلی‌گرم در گرم وزن تازه) در شاهد به‌دست آمد (شکل ۲). در این پژوهش افزایش غلظت محلول‌پاشی گیاه توسط متانول، میزان کلروفیل کل گیاه ترخون را افزایش داد، زیرا الکل‌ها با افزایش میزان سایتوکینین موجب افزایش کلروفیل می‌شوند. متانول و اتانول پس از اکسیداسیون در بافت‌های برگی می‌توانند به‌عنوان منبعی برای تولید دی‌اکسید کربن عمل کرده و از این راه، در برخی شرایط، دسترسی به دی‌اکسید کربن را برای فرایند فتوسنتز بهبود بخشند. همچنین این ترکیبات با بهبود وضعیت آبی و آماس سلولی، توسعه سطح برگ و تجمع رنگیزه‌های فتوسنتزی مانند کلروفیل را تسهیل می‌کنند. همچنین این ترکیبات با تقویت مرکز واکنش

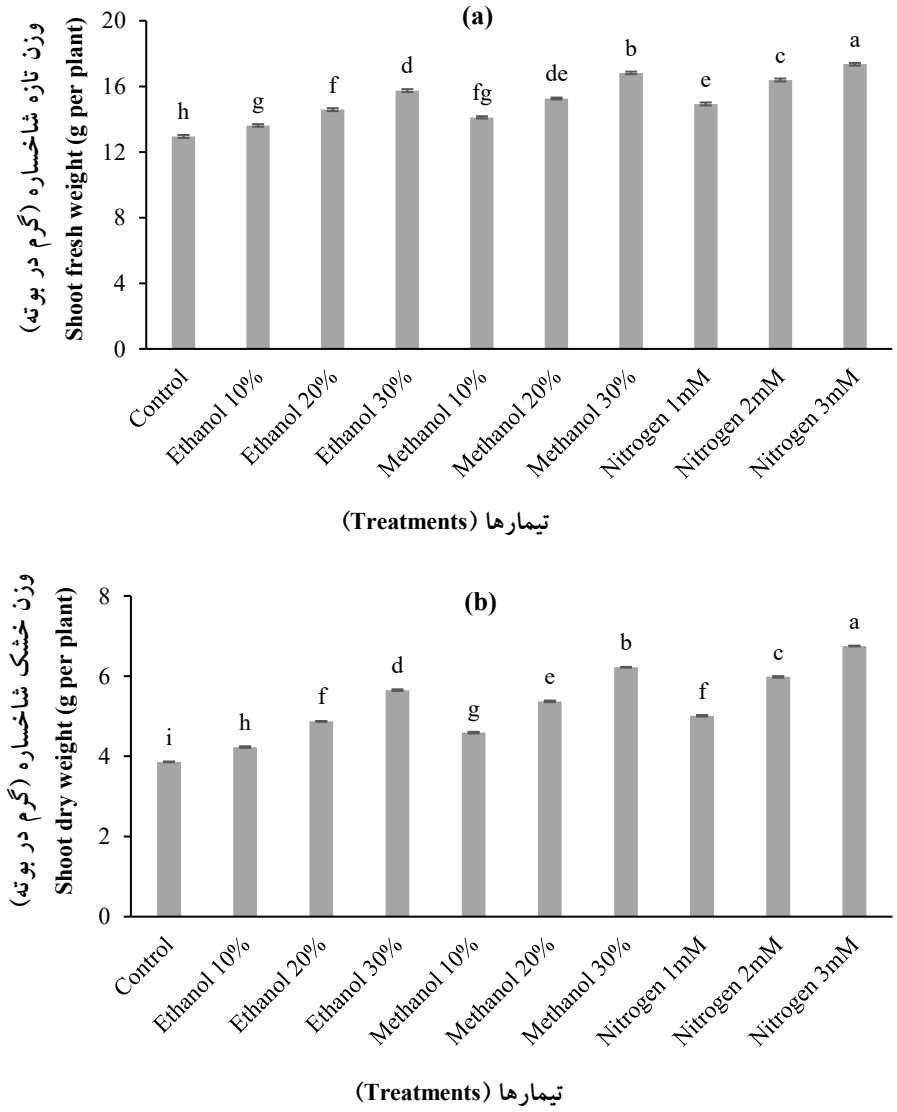
جدول ۱. تجزیه واریانس اثر اتانول، متانول و نیتروژن بر صفات مورفولوژیک و بیوشیمیایی ترخون

Table 1. Analysis of variance for the effect of ethanol, methanol and nitrogen on the morphological and biochemichal characteristics of tarragon

		میانگین مربعات Mean squares											
منبع تغییر Sources of variation	درجه آزادی df	وزن تازه شاخساره Fresh weight of aerial part	وزن خشک شاخساره Dry weight of aerial part	کلروفیل کل Total chlorophyll	ویتامین ث Vitamin C	پرولین Proline	پروتئین Protein	سوپراکسید دیسموتاز Superoxide dismutase	پراکسیداز Peroxidase	آهن Iron	پتاسیم Potassium	منیزیم Magnesium	نیتروژن Nitrogen
تیمار Treatment	9	18.64**	7.516**	20.353**	14.695*	5.603**	48.170**	8.273*	9.905*	18.184**	12.083**	61.485**	20.343**
خطا Error	–	0.350	0.019	1.514	1.853	0.385	1.965	0.211	0.357	0.350	1.965	0.016	1.112
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	–	12.09	13.24	12.18	9.91	11.72	10.24	12.10	12.72	10.01	9.68	12.14	11.41

** و * به‌ترتیب بیان‌گر اثر معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد است.

* and ** indicate significant effects at 1 and 5% probability levels, respectively.

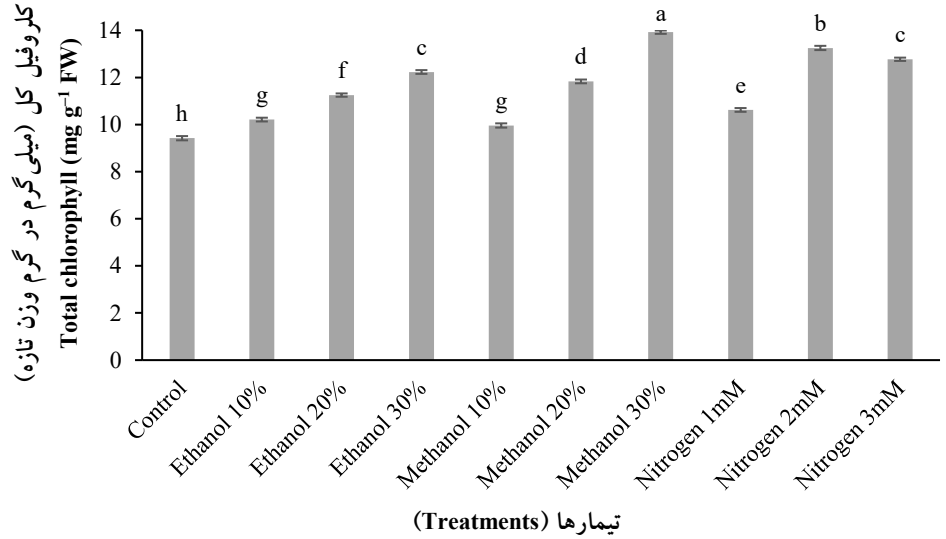


شکل ۱. اثر محلول‌پاشی اتانول، متانول و نیتروژن بر وزن تازه (a) و وزن خشک (b) شاخساره ترخون. میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند ($p < 0.05$).

Fig. 1. The effect of ethanol, methanol and nitrogen spraying on shoot fresh weight (a) and shoot dry weight (b) of tarragon. The means with same letters are not significantly different (Duncan, $p < 0.05$).

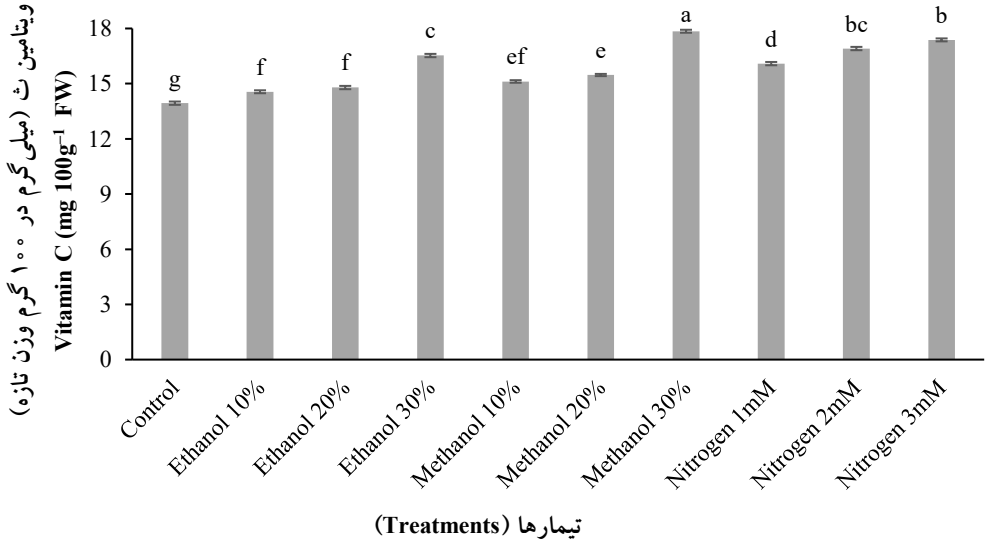
فتوسیستم II سبب بهبود سیستم فتوسنتزی گیاه می‌شوند (Rezaie Allolo et al., 2024). افزایش میزان کلروفیل در اثر محلول‌پاشی نیتروژن نیز می‌تواند مربوط به نقش ساختاری نیتروژن در کلروفیل و سیتوکروم، و همچنین سنتز سایتوکینین باشد (Zabihi et al., 2024). مشابه نتایج پژوهش حاضر، محلول‌پاشی سطوح مختلف اتانول و متانول اثر قابل‌توجهی در افزایش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* c.v. Keshkeni luvelou) داشت (Moghaddam et al., 2018). همچنین در گیاه ترخون (*Artemisia dracunculus* L.) نیز محلول‌پاشی متانول محتوای کلروفیل کل را افزایش داد (Moradi and Ebadati Esfahani, 2016).

ویتامین ث: محلول‌پاشی توسط هیدروالکل‌ها و نیتروژن موجب افزایش میزان ویتامین ث گیاه شد (شکل ۳). بیشترین میزان



شکل ۲. اثر محلول‌پاشی اتانول، متانول و نیتروژن بر میزان کلروفیل کل ترخون. میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند ($p < 0.05$).

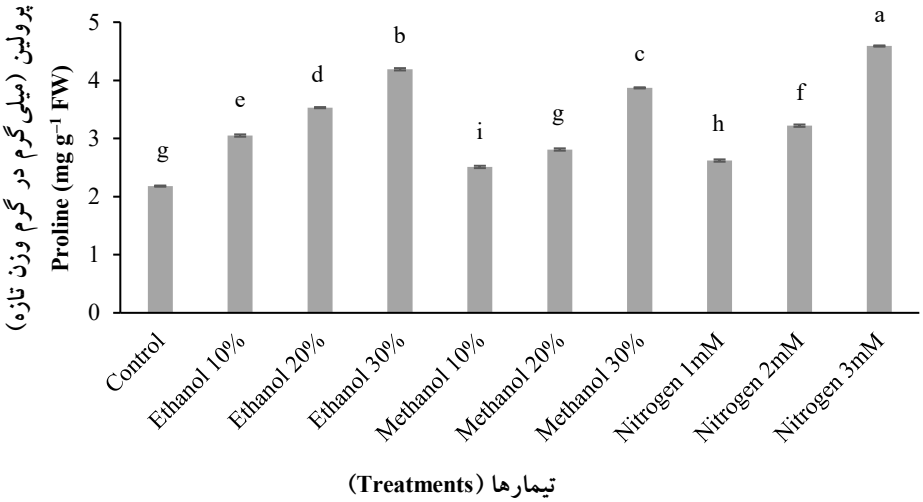
Fig. 2. The effect of ethanol, methanol and nitrogen spraying on total chlorophyll content of tarragon. The means with same letters are not significantly different (Duncan, $p < 0.05$).



شکل ۳. اثر محلول‌پاشی اتانول، متانول و نیتروژن بر مقدار ویتامین ث ترخون. میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند ($p < 0.05$).

Fig. 3. The effect of ethanol, methanol and nitrogen spraying on vitamin C content of tarragon. The means with same letters are not significantly different (Duncan, $p < 0.05$).

ویتامین ث (۱۷/۸۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه) در تیمار متانول ۳۰ درصد و کمترین آن (۱۳/۹۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه) در شاهد مشاهده شد. متانول به‌علت داشتن خاصیت آنتی‌اکسیدانی از غشاء سلولی و محتویات سلولی از جمله ویتامین ث محافظت می‌کند. همچنین این ماده با کاهش pH و اسیدی‌کردن محیط، مانع فعالیت ACC سنتتاز شده، در نتیجه از تولید



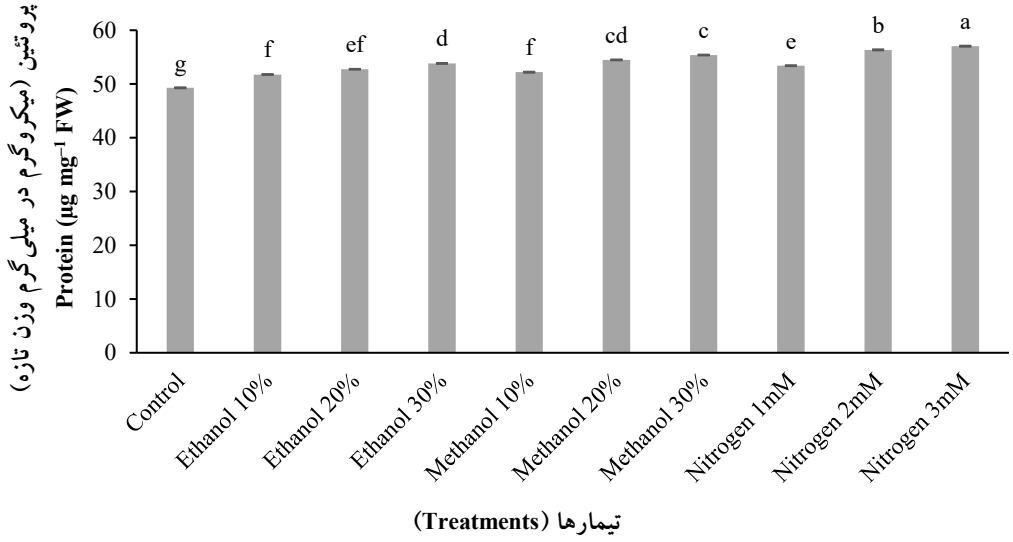
شکل ۴. اثر محلول‌پاشی اتانول، متانول و نیتروژن بر محتوای پرولین ترخون. میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند ($p < 0.05$).

Fig. 4. The effect of ethanol, methanol and nitrogen spraying on proline content of tarragon. The means with same letters are not significantly different (Duncan, $p < 0.05$).

اتیلن جلوگیری نموده و مانع کاهش ویتامین ث می‌شود (Ruoyi et al, 2005).

پرولین: نتایج نشان داد محلول‌پاشی گیاه توسط اتانول، متانول و نیتروژن محتوای پرولین گیاه را کاهش داد، به‌طوری که بیشترین محتوای پرولین (۴/۶۴ میلی‌گرم در گرم وزن تازه) در تیمار نیتروژن ۳ میلی‌مولار و کمترین آن (۲/۱۸ میلی‌گرم در گرم وزن تازه) در شاهد مشاهده شد (شکل ۴). زیرا کاربرد نیتروژن نه تنها موجب تحت تأثیر قرار دادن رشد گیاه می‌شود، بلکه موجب تحریک تولید مواد بیوشیمیایی مانند پرولین نیز می‌شود. نیتروژن در تولید آنزیم‌های تولیدکننده پرولین نقش داشته و سبب افزایش آنزیم دخیل در بیوسنتز پرولین (یعنی پرولین ۵ کربوکسیلاز سنتتاز) و کاهش آنزیم پرولین دهیدروژناز می‌شود (Singh et al., 2016). متانول نیز از راه آنزیم متانول اکسیداز و با از دست دادن پروتون H^+ تبدیل به فرمات شده و فرمات نیز تبدیل به CO_2 و H^+ می‌شود. از سوی دیگر آنزیم پرولین ۵ کربوکسیلات سنتتاز در شرایط اسیدی بیشتر فعالیت داشته و متانول با کاهش pH گیاه منجر به افزایش فعالیت آنزیم پرولین ۵ کربوکسیلات سنتاز شده و در نهایت منجر به تجمع پرولین می‌شود (Seyed Sharifi, 2020). نتایج این پژوهش با یافته‌های Abbasi Khammar et al. (2021) در گیاه مریم‌گلی (*Salvia officinalis* L.) همخوانی دارد.

پروتئین: بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، کاربرد برگی اتانول، متانول و نیتروژن میزان پروتئین گیاه را افزایش داد. بیشترین میزان پروتئین (۵۷/۰۳ میکروگرم بر میلی‌گرم وزن تازه) در تیمار نیتروژن ۳ میلی‌مولار و کمترین مقدار آن (۴۹/۲۸ میکروگرم در میلی‌گرم وزن تازه) در شاهد به‌دست آمد (شکل ۵). نیتروژن از راه افزایش رشد رویشی و اندام فتوسنتزکننده در گیاه موجب بهبود میزان پروتئین در گیاه می‌شود. همچنین، نیتروژن یکی از عوامل اصلی سازنده پروتئین بوده و افزایش مقادیر نیتروژن موجب تشدید مسیرهای بیوسنتز آمینواسیدها و تولید پروتئین می‌شود. نیتروژن در گیاه، ابتدا به اسیدهای آمینه احیا شده و سپس به پروتئین تبدیل می‌شود (Zabihi et al., 2024). همچنین متانول با تأثیر بر افزایش باکتری‌های متیلوتروفیک منجر به افزایش اکسین و سایتوکینین می‌شود که در پروتئین‌سازی نقش به‌سزایی دارند (Akbarpour et al., 2021). در گیاه شنبلیله (*Trigonella foenum- graecum* L.) کاربرد برگی نیتروژن، مقدار پروتئین گیاه را افزایش داد (Zohraabi et al., 2018).



شکل ۵. اثر محلول‌پاشی اتانول، متانول و نیتروژن بر مقدار پروتئین ترخون. میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند ($p < 0.05$).

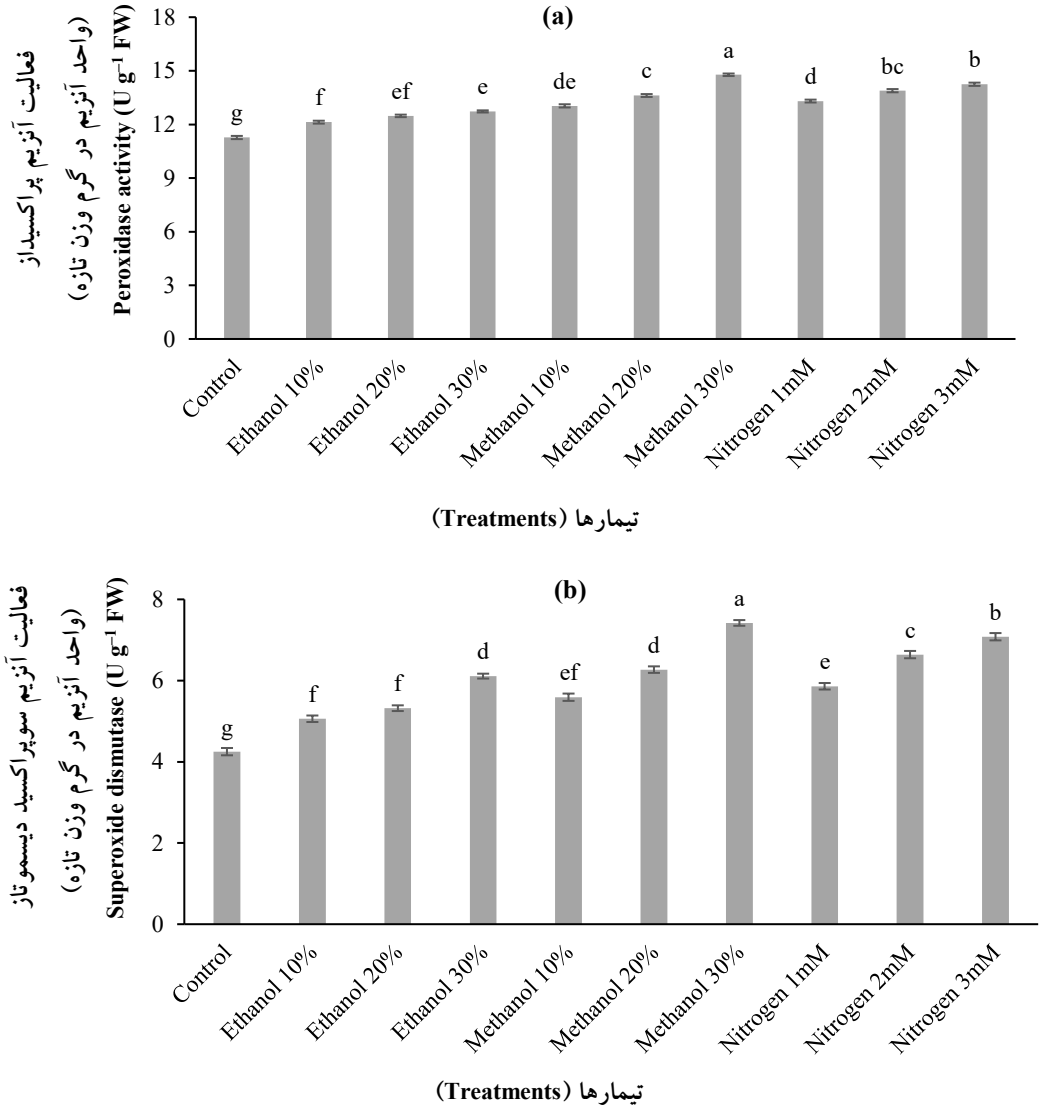
Fig. 5. The effect of ethanol, methanol and nitrogen spraying on protein content of tarragon. The means with same letters are not significantly different (Duncan, $p < 0.05$).

فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز: نتایج نشان داد محلول‌پاشی اتانول، متانول و نیتروژن موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز شد. بیشترین فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز (به‌ترتیب برابر ۷/۴۲ و ۱۴/۷۸ واحد آنزیم در گرم وزن تازه) در تیمار متانول ۳۰ درصد و کمترین آن‌ها (به‌ترتیب برابر ۴/۲۵ و ۱۱/۲۷ واحد آنزیم در گرم وزن تازه) در شاهد مشاهده شد (شکل ۶). محلول‌پاشی متانول موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز شد، زیرا متانول با بهبود وضعیت آنتی‌اکسیدانی و نیتروژن به‌دلیل بهبود رشد رویشی گیاه موجب کاهش تنش اکسیداتیو و از بین بردن گونه‌های فعال اکسیژن شده و در نتیجه فعالیت آنزیم‌ها افزایش می‌یابد (Baradaran Firouzabadi et al., 2015).

غلظت عناصر آهن، پتاسیم، منیزیم و نیتروژن: نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد محلول‌پاشی توسط اتانول، متانول و نیتروژن تأثیر مثبتی بر غلظت عناصر آهن، پتاسیم، منیزیم و نیتروژن در برگ داشت. به‌طوری‌که به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقادیر غلظت آهن (۱۶/۵۴ و ۱۱/۹۸ میلی‌گرم در گرم وزن خشک)، پتاسیم (۱۸۹/۳۵ و ۱۴۳/۷۵ میلی‌گرم در گرم وزن خشک)، نیتروژن (۳۵/۴۲ و ۲۲/۳۶ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) و منیزیم (۵/۶۲ و ۳/۰۸ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) در تیمار نیتروژن ۳ میلی‌مولار و شاهد به‌دست آمد (جدول ۲). کاربرد نیتروژن و متانول با افزایش رشد رویشی و کارایی فتوسنتز، غلظت عناصر در گیاه را افزایش داده است. در گیاه مریم‌گلی (*Salvia officinalis* L.)، نیتروژن تأثیر مثبتی بر غلظت عناصر گیاه نشان داد. بررسی‌ها نشان داد افزایش نیتروژن در گیاهان موجب بهبود رشد و افزایش سطح عناصر غذایی می‌شود (Abbasi Khammar et al., 2021).

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی، کاربرد برگی سطوح مختلف اتانول، متانول و نیتروژن موجب بهبود رشد و صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه ترخون گردید. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، کاربرد نیتروژن ۳ میلی‌مولار بیشترین تأثیر را بر وزن تازه و خشک شاخساره، محتوای پرولین، میزان پروتئین و جذب عناصر غذایی در گیاه داشت. همچنین کاربرد متانول ۳۰ درصد نیز محتوای کلروفیل



شکل ۶. اثر محلول‌پاشی اتانول، متانول و نیتروژن بر فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز (a) و سوپراکسید دیسموتاز (b) ترخون. میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند ($p < 0.05$).

Fig. 6. The effect of ethanol, methanol and nitrogen spraying on peroxidase (a) and superoxide dismutase (b) activities of tarragon. The means with same letters are not significantly different (Duncan, $p < 0.05$).

کل، میزان ویتامین ث، فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز را افزایش داد. بنابراین، با توجه به اهمیت اقتصادی و دارویی گیاه ترخون و نقش کلیدی نیتروژن و هیدروالکل‌ها در بهبود ویژگی‌های رشد و کیفیت آن، می‌توان نتیجه گرفت کاربرد تیمارهای نیتروژن ۳ میلی‌مولار و متانول ۳۰ درصد به‌عنوان یک راهکار فیزیولوژیک مؤثر، موجب افزایش کارایی فتوسنتزی و بهبود کیفیت گیاه دارویی ترخون (*Artemisia dracunculus* L.) می‌شود.

تشکر و سپاسگزاری

نویسندگان از همکاری و حمایت‌های علمی همکاران و دست‌اندرکارانی که در اجرای این پژوهش نقش داشته‌اند، صمیمانه قدردانی می‌کنند. در انجام این پژوهش، حمایت مالی خاصی از مؤسسات عمومی، صنعتی و غیرانتفاعی دریافت نشده است.

جدول ۲. اثر محلول‌پاشی اتانول، متانول و نیتروژن بر غلظت عناصر غذایی در ترخون

Table 2. The effect of ethanol, methanol and nitrogen spraying on nutrients' concentrations in tarragon

تیمار Treatment	غلظت Concentration	آهن (میلی‌گرم در گرم وزن خشک) Iron (mg g^{-1} DW)	پتاسیم (میلی‌گرم در گرم وزن خشک) Potassium (mg g^{-1} DW)	منیزیم (میلی‌گرم در گرم وزن خشک) Magnesium (mg g^{-1} DW)	نیتروژن (میلی‌گرم در گرم وزن خشک) Nitrogen (mg g^{-1} DW)
شاهد Control	0	11.98^{g}	143.75^{h}	3.06^{h}	22.36^{h}
اتانول Ethanol	10%	13.26^{f}	148.91^{g}	3.84^{gf}	24.18^{g}
	20%	14.81^{d}	165.43^{c}	3.69^{f}	24.95^{fg}
	30%	15.57^{c}	171.47^{e}	4.13^{e}	26.47^{e}
متانول Methanol	10%	13.65^{f}	155.84^{f}	5.28^{b}	25.64^{f}
	20%	14.39^{e}	165.43^{d}	4.56^{d}	26.83^{e}
	30%	15.85^{c}	178.25^{b}	3.45^{g}	28.19^{d}
نیتروژن Nitrogen	1 mM	15.03^{d}	159.39^{e}	4.97^{c}	31.25^{c}
	2 mM	16.17^{b}	181.76^{b}	3.57^{fg}	34.06^{b}
	3 mM	16.54^{a}	189.35^{a}	5.62^{a}	35.42^{a}

در هر ستون، اعداد با حداقل یک حرف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.

In each column, means with at least one similar letter are not significantly different at 5% probability level (Duncan's test).

تضاد منافع

شرکت یا سازمانی برای این پژوهش ندارند.

نویسندگان مقاله اذعان دارند هیچ‌گونه تضاد منافعی با شـخص،

منابع مورداستفاده

References

1. Abbasi Khammar, A., Moghaddam, M., Asgharzade, A., Mahmoodi Sourestani, M., 2021. Changes in growth, biochemical, and nutrient uptake characteristics of *Salvia officinalis* L. in response to different levels of nitrogen. Iran. J. Medic. Arom. Plant. 37(5), 719–732. https://doi.org/10.22092/ijmapr.2021.354102.2971. (In Persian with English abstract)
2. Akbarpour, V., Javad Taheri Moghadas, J., Bahmanyar, M.A., 2021. Effect of carbon sources of ethanol and methanol on morpho-physiological parameters of *Melissa officianlis* L. Plant Process. Func. 10(44), 301–314. (In Persian with English abstract)
3. Bakhshi, A., Abdossi, V., Ghanbari Jahromi, M., 2025. Effects of seaweed extract on the growth and biochemical characteristics of Tarragon (*Artemisia dracunculus* L.) under drought stress. Iran. J. Medic. Arom. Plant. 41(1), 145–163. https://doi.org/10.22092/ijmapr.2024.364983.3425. (In Persian with English abstract)
4. Baradaran Firouzabadi, M., Baradaran Firouzabadi, M., Parsaeian, M., 2015. The effect of ascorbat and methanol foliar application on defense mechanisms, seed and oil yield of *Nigella sativa* L. subjected to water deficit stress. Res. Crop Ecol. 2(1), 17–29. (In Persian with English abstract)
5. Bates, L.S., Waldern, R.P., Tear, I.D., 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil. 39(1), 205–207.
6. Bradford, M.M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Anal. Biochem. 72(1-2), 248–254. https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3.
7. Danaee, E., Abdossi, V., 2019. Phytochemical and morphophysiological responses in Basil (*Ocimum basilicum* L.) plant to application of polyamines. J. Medic. Plant. 18(69), 125–133. (In Persian with English abstract)
8. Darabi Hoseinabad Ghaeni, E., Moghaddam, M., Arasteh, F., 2023. The effect of different levels of carbon dioxide and ethanol spraying on the growth, and physiological and biochemical characteristics of Basil . J. Soil Plant Interact. 14 (3), 87–106. https://doi.org/10.47176/jspi.14.3.121014. (In Persian with English abstract)

9. Du Preez, D.R., Bale, G.C., 2008. A simple method for the quantitative recovery of nitrate–N during the Kjeldahl analysis of dry soil and plant samples. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 20(3-4), 345–357.
10. Haj Seyed Hadi, M., Rezaee Ghale, H., 2016. Effects of vermicompost and foliar application of amino acids and urea on quantitative and qualitative yield of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). Iran. J. Medic. Arom. Plant. 31(6), 1058–1070. https://doi.org/10.22092/ijmapr.2016.105894. (In Persian with English abstract)
11. Hassanzadeh, A., Heidari, M., Khoshghalb, H., Ghorbani Ghozhdi, H., 2016. Effects of nitrogen and foliar application of boron on yield and some physiological characteristics in karela (*Momordica charantia* L.). Iran. J. Medic. Arom. Plant. 32(4), 634–644. https://doi.org/10.22092/ijmapr.2016.107135. (In Persian with English abstract)
12. Mahdi Nezhad, N., Jamalpour, H., Fakheri, B., Azad, H., 2019. The study of the response of some physiological characteristics and grain yield of Purslane (*Portulaca Oleracea* L.) cultivars to drought stress and foliar application of chelated nano iron. J. Iran. Plant Ecophysiol. Res. 14(54), 74–89. (In Persian with English abstract)
13. Moghaddam, M., Narimani, R., Rostami, G., Mojarab, S., 2018. Studying the effect of foliar application of methanol and ethanol on morphological and biochemical characteristics of Sweet Basil (*Ocimum basilicum* c.v. Keshkeni luvelou). Iran. J. Field Crop. Res. 16(2), 345–354. https://doi.org/10.22067/gsc.v16i2.57520. (In Persian with English abstract)
14. Moradi, P., Ebadati Esfahani, R., 2016. Effect of foliar application methanol on the quality and quantity of *Artemisia dracunculus* L. Elecrtro. J. Boil. 1, 24–29.
15. Pezeshki, A., Nourafkan, H., Orei, M., Mohabelipour, N., Asadi, A., 2022. Effect of foliar application of urea and salicylic acid on morphological traits and phytochemical compounds of *Physalis alkekengi* L. Ecophytochem. J. Medic. Plant. 10(1), 99–113. (In Persian with English abstract)
16. Pirvash, A., Sheikh-Mohseni, M., Nejadhabibvash, F., 2021. Morphological characteristics and total phenol concentration in hydroalcoholic extract of *Echinacea purpurea* L. influenced by different nitrogen sources. Iran. J. Medic. Arom. Plant. 37 (3), 457–474. https://doi.org/10.22092/ijmapr.2021.353236.2936. (In Persian with English abstract)
17. Rahmani, F., Danaee, E., 2025. The effect of amino acids on growth and flowering indicators of African marigold (*Tagetes erecta* L.) under deficit irrigation conditions. J. Soil Plant Interact. 16(3), 23–38. https://doi.org/10.47176/jspi.16.3.21242. (In Persian with English abstract)
18. Rezaie Allolo, A., Sanikhani, M., Kheiry, A., Yaghoobi, M., 2024. Effect of ethanol and methanol foliar application on biochemical indices of *Digitalis purpurea* L. Plant Process. Func. 13(60), 367–382. https://doi.org/10.22034/13.60.367. (In Persian with English abstract)
19. Ruoyi, K., Zhifang, Y., Zhaoxin, L., 2005. Effect of coating and intermittent warming on enzymes, soluble pectin substances and ascorbic acid of *Prunus persica* (cv. Zhonghuashoutao) during refrigerated storage. Food Res. Int. 38(3), 331–336.
20. Samadimatin, A., Hani, A., 2017. Effect of ethanol and humic acid foliar spraying on morphological traits, photosynthetic pigments and quality and quantity of essential oil content of *Dracocephalum moldavica* L. Iran. J. Plant. Physiol. 8(1), 2299–2306.
21. Seyed Sharifi, R., Seyed Sharifi, R., 2020. Effect of irrigation with holding in reproductive stages and metanol and biofertilizer application on yield and some biochemical traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Environ. Stress. Crop Sci. 13(3), 857–869. http://dx.doi.org/10.22077/escs.2020.2216.1558. (In Persian with English abstract)
22. Shabani Fard, R., Aghaee Hanjani, E.E., Danaee, E., 2024. Effects of polyamines on morphophysiological traits of *Calendula officinalis* L. under salinity stress caused by potassium chloride and sodium chloride salts. Inter. J. Hortic. Sci. Technol. 11(2), 189–200. https://doi.org/10.22059/ijhst.2023.357306.630.
23. Singh, M., Singh, V.P., Prasad, S.M., 2016. Nitrogen modifies NaCl toxicity in eggplant seedlings: assessment of chlorophyll a fluorescence, antioxidative response and proline metabolism. Biocatal. Agric. Biotechnol. 7, 76–86.
24. Soroori, S., Danaee, E., 2023. Effect of foliar application of citric acid on morpho-physiological and phytochemical traits of *Calendula Officinalis* L. under drought stress. Inter. J. Hortic. Sci. Technol. 10(4), 364–371. https://doi.org/10.22059/ijhst.2022.341462.555.
25. Torabi-Giglou, M., Noroozi, H., Maleki Lajayer, H., Dehdar, B., 2020. Effects of organic and biological fertilizers on growth and nutrient content of spinach (*Spinacea oleracea* L.). J. Vegetables Sci. 3(2), 109–121.
26. Valizadeh Kamran, R., Vojodi Mehrabani, L., Pessarakli, M., 2019. Effects of foliar application of methanol on some physiological characteristics of *Lavandula stoechas* L. under NaCl salinity conditions. J. Plant Nut. 42(3), 261–268.
27. Wang, Q., Li, S., Li, J., Huang, D., 2024. The utilization and roles of nitrogen in plants. Forests 15(7), 1191. https://doi.org/10.3390/f15071191.
28. Zabihi, A., Sateei, A., Ebadi, M., Ahmadi Golsefidi, M., 2024. Investigating the effects of six types of nitrogen fertilizers on growth, and the content of chlorophyll, protein, phosphorus, and potassium in the ornamental-medicinal plant *Euphorbia tirucalli* L. under pot culture conditions. J. Plant Environ. Physiol. 19(74), 151–167. https://doi.org/10.71890/iper.2024.1206237. (In Persian with English abstract)
29. Zohraabi, E., Saidi, M., Tahmasebi, Z., 2018. Effects of different sources and quantities of nitrogen fertilizers on physiological parameters of Fenugreek (*Trigonella foenum- graecum* L.). Plant Process. Func. 7 (23), 361–370. (In Persian with English abstract).