



The Effects of Foliar Application of Humic Acid and Symbiosis with Mycorrhiza Fungi Species on the Morphological and Phytochemical Characteristics of Thyme (*Thymus vulgaris* L.)

Mehdi Taheri Asghari¹✉ | Seyed Reza Miralizadeh Fard²

1. Corresponding author, Department of Agriculture, Faculty of Technical and Engineering, Payam Noor University, Tehran, Iran. E-mail: mehdi.t.a@pnu.ac.ir
2. Department of Agriculture and Environment, Faculty of Technical and Engineering, Payam Noor University, Tehran, Iran. E-mail: r.miralizadeh@pnu.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received 30 August 2023

Received in revised form

8 March 2023

Accepted 15 April 2024

Published online 12 June 2024

Keywords:

Essential oil

P-cymene

Yield

γ -terpinene

ABSTRACT

Objective: The purpose of this experiment was to investigate the effects of foliar application of humic acid and mycorrhizal fungi symbiosis on the quantitative and qualitative characteristics of Thyme (*Thymus vulgaris* L.)

Methods: This experiment was conducted with factorial layout based on a randomized complete block design with three replications in the research farm's field of the Azad University, Takestan Branch, during 2020-2021 and 2021-2022. The experimental factors included three species of mycorrhiza fungi (control, *Glomus mosseae*, *G. etunicatum*, and *G. intradices*), and humic acid fertilizer levels (control, 150, and 300 mg.lit⁻¹).

Results: The results showed that the interactive effect of humic acid and mycorrhiza on the percentage and yield of essential oil and yield was significant. The highest essential oil yield was obtained from the treatment of 150 mg of humic acid and the application of mycorrhiza *G. mosseae*, which showed a 154% increase over the control. Additionally, the highest *p*-cymene and γ -terpinene, which are the most important essential oil compounds in thyme, were obtained from 300 mg of humic acid, demonstrating an increase of 23 and 11%, respectively, compared to the control. The highest *p*-cymene and γ -terpinene were obtained from the treatment of mycorrhiza *G. mosseae*, which showed an increase of 21 and 26%, respectively, compared to the control.

Conclusion: Based on the results obtained, it can be stated that by providing suitable growth conditions for thyme medicinal plants using humic acid and mycorrhizal fungi, it is possible to influence the plants' performance and reduce chemical fertilizers consumption.

Cite this article: Taheri Asghari, M., & Miralizadeh Fard, S. R. (2024). The Effects of Foliar Application of Humic Acid and Symbiosis with Mycorrhiza Fungi Species on the Morphological and Phytochemical Characteristics of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Journal of Crops Improvement*, 26 (2), 423-438. DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2024.364586.2843>





اثر محلول پاشی هیومیک اسید و همزیستی با گونه‌های قارچ میکوریزا بر خصوصیات مرفولوژیک و فیتوشیمیایی آویشن باغی (*Thymus vulgaris L.*)

مهدی طاهری اصغری^۱ | سیدرضا میرعلیزاده فرد^۲

۱. نویسنده مسئول، گروه کشاورزی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. رایانامه: mehdi.t.a@pnu.ac.ir

۲. گروه کشاورزی و محیط زیست، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. رایانامه: r.miralizadeh@pnu.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	هدف: هدف از اجرای این آزمایش، بررسی اثر محلول پاشی هیومیک اسید و کاربرد قارچ میکوریزا بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی آویشن باغی (<i>Thymus vulgaris L.</i>) بود.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۰۸	روش پژوهش: آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، طی سال‌های زراعی و ۱۳۹۹-۱۴۰۰ و ۱۴۰۰-۱۴۰۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان اجرا شد. عوامل آزمایش شامل سه گونه قارچ میکوریزا (شاهد، <i>Glomus mosseae</i> ، <i>G. intraradices</i> و <i>G. etunicatum</i>) و سطوح کود هیومیک اسید (شاهد، ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بود.
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۲/۱۸	یافته‌ها: نتایج نشان داد اثر متقابل کاربرد هیومیک اسید و میکوریزا بر درصد و عملکرد اسانس، عملکرد و وزن خشک برگ معنی‌دار بود. بیش‌ترین عملکرد اسانس از تیمار ۱۵۰ میلی‌گرم هیومیک اسید و کاربرد میکوریزا <i>G. mosseae</i> به‌دست آمد که نسبت به تیمار شاهد ۱۵۴ درصد افزایش را نشان داد. همچنین بیش‌ترین پاراسیمن و گاماتریپین که از مهم‌ترین ترکیبات اسانس در آویشن، از تیمار ۳۰۰ میلی‌گرم هیومیک اسید به‌دست آمد که نسبت به شاهد به‌ترتیب ۲۳ و ۱۱ درصد افزایش نشان دادند. بیش‌ترین میزان پاراسیمن و گاماتریپین از تیمار کاربرد میکوریزا <i>G. mosseae</i> به‌دست آمد که نسبت به شاهد به‌ترتیب ۲۱ و ۲۶ درصد افزایش را نشان دادند.
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۲۷	نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان گفت که با مهیا کردن شرایط رشد مناسب برای گیاه دارویی آویشن با استفاده از هیومیک اسید و قارچ‌های میکوریزا، می‌توان بر عملکرد آن‌ها اثرگذاری کرده و از کاربرد کودهای شیمیایی کاست.
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۲/۲۳	کلیدواژه‌ها: اسانس پاراسیمن عملکرد گاماتریپین

استناد: طاهری اصغری، مهدی و میرعلیزاده فرد، سیدرضا (۱۴۰۳). اثر محلول پاشی هیومیک اسید و همزیستی با گونه‌های قارچ میکوریزا بر خصوصیات

مرفولوژیک و فیتوشیمیایی آویشن باغی (*Thymus vulgaris L.*). *به زراعی کشاورزی*، ۲۶ (۲)، ۴۳۸-۴۲۳.

DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2024.364586.2843>



۱. مقدمه

گیاه دارویی آویشن، یکی از گیاهان دارویی با ارزش بوده و دارای جنس‌های بسیار زیادی است و استفاده از این گیاه در زمینه‌های مختلف، از جمله صنایع دارویی، آرایشی و بهداشتی و غذایی نیز مورد توجه قرار گرفته است (سیلوا^۱ و همکاران، ۲۰۲۱). آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.) گیاهی از تیره نعناعیان^۲ دارای ساقه مستقیم علفی یا چوبی و ارتفاع آن به ۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متر می‌رسد (عسکری^۳ و همکاران، ۲۰۱۸). قسمت رویشی آویشن باغی حاوی مواد مؤثره بوده و اسانس این گیاه زردرنگ و مقدار آن بین ۱ تا ۳ درصد متغیر است (امانی ماچانی و همکاران، ۱۴۰۰). از مهم‌ترین ترکیبات اسانس این گیاه می‌توان به تیمول، گاماترپینن، پی‌سایمن و کارواکرول اشاره کرد. همچنین در بخش‌های رویشی گیاه، موادی همچون تانن، فلاونوئید، ساپونین وجود دارند (علوی سامانی^۴ و همکاران، ۲۰۱۵).

کاربرد کودهای زیستی، می‌تواند یکی از مناسب‌ترین راه‌کارها در جهت افزایش مواد مؤثره گیاهان دارویی باشد به طوری که کاربرد کودهای شیمیایی را محدود نموده و بر سلامت محصول تولیدی بیافزاید. یکی از این روش‌ها می‌تواند در بهره‌برداری از ریزوباکتری‌ها و میکوریزا باشد (مالیک^۵ و همکاران، ۲۰۱۱). این رویکرد باعث بهبود جذب در مواد غذایی و آب در نتیجه گسترش بیشتر سیستم ریشه، بهینه‌سازی حفاظت در برابر تنش‌های زیستی و غیرزیستی شود (باسو^۶ و همکاران، ۲۰۱۸؛ بگوم^۷ و همکاران، ۲۰۱۹). گزارش‌های مثبتی از کاربرد میکوریزا بر افزایش سنتز اسانس در آویشن، مریم‌گلی و پونه کوهی وجود دارد (طرف^۸ و همکاران، ۲۰۱۵). بیش از ۸۰ درصد از گونه‌های گیاهی مانند گونه‌های متعلق به *Fabaceae* (ویسانی^۹ و همکاران، ۲۰۱۶)، *Asteraceae* (کاپور^{۱۰} و همکاران، ۲۰۰۷) و *Lamiaceae* (طرف^{۱۱} و همکاران، ۲۰۱۷) با قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار (AM= Arbuscular mycorrhiza) می‌توانند ارتباط متقابل داشته باشند. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که تلقیح گیاهان دارویی با قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار در کمیت و کیفیت متابولیت‌های ثانویه مانند اسانس‌ها مؤثر بوده و می‌تواند آن‌ها را افزایش دهند (ریدلوا^{۱۲} و همکاران، ۲۰۱۶). شواهدی وجود دارد که میکوریزا قادر به کمک به گیاه در جذب عناصری مانند روی، پتاسیم، نیترات، فسفر، آمونیوم و مس است (بگوم^{۱۳} و همکاران، ۲۰۱۹). در پژوهشی که توسط عظیمی و همکاران (۱۳۹۲) انجام شد، گیاه آویشن باغی قادر به همزیستی با قارچ میکوریزا بود. آن‌ها بیان کردند که این رابطه همزیستی با گونه *G. mosseae* بیش‌تر از گونه *G. intraradices* بود.

از ترکیبات آلی مهمی که امروزه در کشاورزی کاربرد وسیعی پیدا کرده، هیومیک‌اسید است. هیومیک‌اسید، ماده‌ای طبیعی است که محصول ثانویه فرایند تولید دوباره خاک گیاه است. هیومیک‌اسید در جهت بهبود ساختار خاک مؤثر و جذب انرژی خورشید را به دلیل رنگ تیره‌ای که به خاک می‌دهد، افزایش می‌دهد (داسکوسیل^{۱۴} و همکاران، ۲۰۱۸). گزارش شده که محلول پاشی با هیومیک‌اسید می‌تواند منجر به افزایش در مقدار اسانس و کلروفیل کل در مرزه^{۱۵} شود

1. Silva
2. Lamiaceae
3. Askary
4. Alavi-Samani
5. Malik
6. Basu
7. Begum
8. Tarraf
9. Weisany
10. Kapoor
11. Tarraf
12. Rydlova
13. Begum
14. Doskocil
15. Satureja

(یادگاری، ۱۴۰۱). نتایج صبوری و همکاران (۱۳۹۶) نشان داد که محلول‌پاشی گیاهان مرزه با ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک‌اسید با آبیاری در ۱۰۰ درصد ظرفت زراعی بیش‌ترین تولید را به‌همراه داشت. هدف از انجام این آزمایش بررسی تأثیر هم‌زمان استفاده از قارچ‌های میکوریزا و هیومیک‌اسید در جهت بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاه آویشن باغی بود.

۲. پیشینه پژوهش

استفاده از یک روش مناسب در جهت افزایش مواد مؤثره گیاهان دارویی تحت کشت، با استفاده کودهای زیستی، می‌تواند یکی از بهترین راه‌کارها برای رسیدن به آن هدف باشد. یکی از این روش‌ها استفاده از میکوریزا است. این رویکرد می‌تواند منجر به بهبود جذب مواد غذایی و آب در گیاه در نتیجه گسترش بیش‌تر سیستم ریشه، بهینه‌سازی حفاظت در برابر تنش‌های زیستی و غیرزیستی گردد (باسو^۱ و همکاران، ۲۰۱۸؛ بگوم^۲ و همکاران، ۲۰۱۹). کاربرد میکوریزا باعث افزایش سنتز اسانس در آویشن، مریم‌گلی و پونه کوهی شد (طرف^۳ و همکاران، ۲۰۱۵). به‌دلیل وجود اثرات منفی کودهای شیمیایی، شرکت‌های مواد غذایی ناچار شدند جهت دستیابی به بهره‌وری مطلوب، در سیستم‌های کشاورزی پایدار، کودهای شیمیایی را با کودهای زیستی جایگزین کنند (شارما^۴ و همکاران، ۲۰۱۳).

یکی از کودهای طبیعی، هیومیک‌اسید است که از منابع مختلف مانند هوموس، لیگنیت اکسیدشده، خاک، پیت و زغال سنگ استخراج می‌گردد. از خصوصیات هیومیک‌اسید، ظرفیت بالای تبادل کاتیونی بوده که برای گیاهان بسیار مهم است. هیومیک‌اسید به رشد گیاهان از طریق افزایش جذب عناصر کم‌مصرف از طریق ممانعت از آبشویی آن‌ها کمک می‌کند. هیومیک‌اسید می‌تواند نفوذپذیری را در غشای سلولی افزایش داده و در نتیجه سرعت حرکت مواد معدنی به سلول‌های ریشه و جذب آن‌ها را افزایش دهد. گرگینی شبانکاره و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهش خود بر گیاه آویشن بیان کردند که حداکثر درصد اسانس در سطح آبیاری هر شش روز یک‌بار با کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک به‌دست آمد. هم‌چنین آن‌ها اظهار داشتند که کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک‌اسید با دور آبیاری نُه‌روزه بهترین تیمار از لحاظ صرفه اقتصادی است. زیرا با کاهش مصرف آب با کاربرد هیومیک‌اسید، می‌توان به همان عملکردی که در سطوح بالاتر مصرف آب دارند، دست پیدا کرد.

۳. روش‌شناسی پژوهش

به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی هیومیک‌اسید و کاربرد قارچ میکوریزا بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی آویشن باغی آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، طی سال‌های زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ و ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۴۲ دقیقه شرقی و ۱۲۶۵ متر ارتفاع از سطح دریا اجرا شد. عوامل آزمایشی شامل سه گونه قارچ میکوریزا (شاهد، *Glomus mosseae*، *G. etunicatum* و *G. intraradices*) و سطوح کود هیومیک‌اسید (شاهد، ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بود. گونه‌های قارچ میکوریزا از کلینیک گیاه‌پزشکی ارگانیک واقع در اسدآباد همدان تهیه شده و در هر گرم آن، تعداد ۱۲۰ اسپور قارچ میکوریزا وجود داشت. هیومیک‌اسید مورد‌استفاده نیز با نام تجاری سوپر هیومیک بود. برخی از ویژگی‌های خاک محل آزمایش و هیومیک‌اسید مورد‌استفاده در آزمایش، در

1. Basu
2. Begum
3. Tarraf
4. Sharma

جدول‌های (۱) و (۲) آورده شده است. عملیات کاشت آویشن باغی به صورت نشاکاری انجام شد. نشاها با استفاده از بذور تهیه شده از شرکت پاکان بذر اصفهان در ابتدای بهار در خزانه تولید شدند و پس از تهیه زمین و رسیدن نشاها به ارتفاع حدود ۱۰ تا ۱۲ سانتی‌متر در اوایل خردادماه هر دو سال زراعی مورد آزمایش، به کرت‌های آزمایش منتقل شدند. برای ممانعت از تنش، بلافاصله بعد از کاشت عملیات آبیاری صورت گرفت و آبیاری دوم نیز سه روز بعد انجام شد. یک هفته پس از کاشت، تمام کرت‌ها بازبینی شده و در فضاهای خالی عملیات واکاری انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز در چندین مرحله به صورت وجین دستی انجام گرفت. قبل از کاشت و براساس نتایج به دست آمده از آزمون خاک، از کودهای فسفات آمونیوم و سولفات پتاسیم به ترتیب با مقادیر ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و یک سوم کود اوره (۳۵ کیلوگرم در هکتار) استفاده و با خاک مخلوط شد. دو قسمت باقیمانده کود اوره نیز در مراحل پایان تنک کردن و قبل از گلدهی به کرت‌ها داده شد.

جدول ۱. برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک مزرعه از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر

پH	هدایت الکتریکی خاک (دسی زیمنس بر متر)	مواد خنثی شونده (درصد)	کربن آلی (درصد)	نیترژن (درصد)	فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی گرم بر کیلوگرم)	ریس (درصد)	سیلیت (درصد)	مانسه (درصد)	باقیات خاک
۷/۵	۲/۳۸	۵/۲	۰/۳۲	۰/۰۳	۵/۹	۱۴۱	۲۲	۱۸	۶۰	لوم رسی شنی

جدول ۲. مشخصات هیومیک/اسید مورد استفاده در این آزمایش

نام تجاری	ویتامین (درصد)	روی (میلی گرم بر کیلوگرم)	بور (میلی گرم بر کیلوگرم)	نیترژن (درصد)	آهن (میلی گرم بر کیلوگرم)	کلسیم (درصد)	فسفر (درصد)	پتاسیم (درصد)	آمینو اسید (درصد)	هیومیک/اسید (درصد)	مواد آلی (درصد)	منیزیم (میلی گرم بر کیلوگرم)	مس (میلی گرم بر کیلوگرم)
سوپر هیومیک	۰/۷	۴۱۰	۱۰	۲	۲۵۰۰	۳	۰/۰۵	۱۲	۶	۳۷	۹۲	۱۲	۲۳

در هر کرت پنج خط کاشت به طول چهار متر با فواصل ردیف ۴۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بین کرت‌ها به جهت عدم اختلاط در آن‌ها نیم متر فاصله و بین تکرارها نیز ۲ متر فاصله قرار گرفت. قبل از کاشت، از خاک حاوی هیف‌های قارچ میکوریزا (حدود ۱۲۰ اسپور در هر گرم خاک) در خطوط کاشت و زیر نشاها به مقدار ۸۰ گرم در هر ردیف کاشت استفاده شد. جهت اندازه‌گیری صفات تعداد شاخه اصلی، عملکرد، وزن خشک ساقه و وزن خشک برگ، با در نظر گرفتن اثر حاشیه، به‌طور تصادفی ۱۰ گیاه از هر کرت انتخاب شد و صفات مورد نظر اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری درصد اسانس اسانس‌گیری از ۵۰ گرم نمونه گیاهی خشک شده (برداشت شده در زمان گلدهی)

(کسانگر^۱ و همکاران، ۲۰۲۳) در روش تقطیر با آب با استفاده از دستگاه کلونجر (مدل فارماکوپه بریتانیا) در مدت زمان سه ساعت انجام شد. اسانس‌ها پس از استخراج رطوبت‌زدایی شدند. درصد اسانس موجود در نمونه‌ها نسبت به وزن خشک گیاه به‌صورت وزنی محاسبه شد (سیدیک^۲ و همکاران، ۲۰۰۶). برای اندازه‌گیری عملکرد اسانس میزان عملکرد خشک گیاه در درصد اسانس ضرب شد و به‌صورت کیلوگرم در هکتار بیان شد (سعادی مقدم و همکاران، ۱۳۹۹). برای اندازه‌گیری پرولین از روش بتس و همکاران (باتس^۳ و همکاران، ۱۹۷۳) استفاده شد. در این روش ۰/۰۵ گرم ماده خشک برگ و ریشه در در ۱۰ میلی‌لیتر سولفوسالسیلیک‌اسید ۳ درصد به‌مدت ۷۲ ساعت هموژنیزه و سپس سانتریفیوژ شد. دو میلی‌لیتر از محلول رویی با ۲ میلی‌لیتر معرف نین هیدرین مخلوط و یک ساعت در بن ماری جوش قرار داده شد. بعد از یک ساعت نمونه‌ها در آب یخ قرار داده شده و ۴ میلی‌لیتر تولوئن اضافه شد. سپس با ورتکس میزان جذب در ۵۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. سپس منحنی استاندارد با استفاده از غلظت‌های مختلف پرولین رسم شد.

برای اندازه‌گیری پاراسیمن و گاما تریپنین از دستگاه کروماتوگرافی گازی (مدل Agilent 7990B، ساخت کشور آمریکا) با آشکارساز یونیزاسیون شعله‌ای (FID) و ستون 5MS-VF استفاده شد. دمای تزریق و آشکارساز به‌ترتیب روی ۲۳۰ و ۲۴۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. گاز هلیوم با سرعت جریان یک میلی‌لیتر در دقیقه و نسبت تقسیم ۱:۲۴ مورد استفاده قرار گرفت. نمونه‌های اسانس به نسبت یک به ۱۰۰ در هگزان، رقیق‌سازی و به‌میزان یک میکرولیتر به دستگاه کروماتوگرافی گازی تزریق شد. درنهایت، شناسایی ترکیب‌های اصلی اسانس با مقایسه زمان بازداری آن‌ها با زمان بازداری استانداردهای خالص به‌دست آمد (مرشدلو^۴ و همکاران، ۲۰۱۸). اندازه‌گیری شاخص کلروفیل با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر دستی مدل (SPAD-502) در مرحله گلدهی انجام شد. برای این منظور پس از قرائت عدد دستگاه در پنج بوته در هر کرت و در برگ‌های کاملاً توسعه یافته، میانگین آن‌ها به‌عنوان شاخص کلروفیل ثبت شد (حمزه‌ای و سلیمی، ۱۳۹۳). نتایج حاصل توسط نرم‌افزار SAS (نسخه 9.1.3) به‌صورت مرکب مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها نیز با آزمون دانکن^۵ در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. نمودارها نیز با استفاده از برنامه Excel رسم شدند.

۴. یافته‌های پژوهشی

تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری‌شده در این پژوهش نشان داد که اثر متقابل تیمارهای هیومیک‌اسید و مایکوریزا بر درصد و عملکرد اسانس، عملکرد گیاه و وزن خشک برگ در سطح یک درصد معنی‌دار شد. هم‌چنین در صفات تعداد شاخه اصلی، وزن خشک ساقه، شاخص کلروفیل، پرولین، پاراسیمن و گاماتریپنین اثرات ساده تیمارهای هیومیک‌اسید و مایکوریزا معنی‌دار شد.

۴.۱. تعداد شاخه اصلی

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار هیومیک‌اسید و مایکوریزا بر تعداد شاخه اصلی در سطح یک درصد معنی‌دار شده اما اثر متقابل معنی‌دار نشد. با بررسی نتایج به‌دست‌آمده از جدول مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که بیش‌ترین تعداد شاخه اصلی با کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک‌اسید به‌دست آمد که حدود ۹ درصد افزایش را نشان

1. Csongor
2. Siddiqui
3. Bates
4. Morshedloo
5. Duncan's multiple range test

داد (جدول ۳). هیومیک‌اسید با افزایش تولید مواد فتوسنتزی سبب افزایش تعداد شاخه فرعی در گیاه و تولید ماده خشک بیش‌تر می‌شود (آذرپور^۱ و همکاران، ۲۰۱۲). یادگاری (۱۴۰۱) با آزمایش خود بر روی گیاه آویشن نشان داد که کاربرد هیومیک‌اسید باعث افزایش تعداد شاخه اصلی در این گیاه شد. بیش‌ترین مقدار شاخه اصلی با کاربرد *G. mosseae* حاصل شد و نسبت به تیمار شاهد ۴۲ درصد افزایش را نشان داد (جدول ۳) و پس از آن *G. etunicatum* دارای بیش‌ترین مقدار بود.

جدول ۳. اثر تیمارهای هیومیک‌اسید و میکوریزا بر برخی خصوصیات گیاه آویشن

تعداد شاخه اصلی در بوته	وزن خشک ساقه (کیلوگرم در هکتار)	شاخص کلروفیل	پرویلین (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر)	پاراسیمن (درصد)	گاما تریپین (درصد)
۱	۱۰۰۲/۸۳a	۰/۲۹۸a	۳/۷۹a	۱۳/۱۱a	۱۷/۳۳a
۲	۱۰۰۳/۰۵a	۰/۲۸۸a	۳/۷۷a	۱۳/۱۳a	۱۷/۶۸a
شاهد	۹۷۵/۲۰c	۰/۲۵c	۴/۱۰a	۱۱/۹۰c	۱۶/۷۰b
۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر	۹۹۶/۹۱b	۰/۳۰b	۳/۹۳b	۱۲/۸۵b	۱۷/۲۷b
۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر	۱۰۳۸/۲۰a	۰/۳۲a	۳/۳۲c	۱۴/۶۲a	۱۸/۵۴a
شاهد	۹۶۸/۸۸d	۰/۲۶c	۳/۷۰b	۱۱/۷۲d	۱۵/۵۴d
<i>G. mosseae</i>	۱۰۴۳/۴۴a	۰/۲۷c	۴/۰۰a	۱۴/۲۱a	۱۹/۵۲a
<i>G. etunicatum</i>	۱۰۱۵/۳۸b	۰/۲۹b	۳/۷۴b	۱۲/۸۲c	۱۶/۴۹c
<i>G. intraradices</i>	۹۸۹/۰۵c	۰/۳۳a	۳/۷۰b	۱۳/۷۴b	۱۸/۴۶b

اعداد با حروف مشابه در هر ستون، از نظر آماری با آزمون توکی و در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

۲.۴. وزن خشک ساقه

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار هیومیک‌اسید و میکوریزا بر وزن خشک ساقه در سطح یک درصد معنی‌دار شده و اثر متقابل معنی‌دار نشد. نتایج نشان داد کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم هیومیک‌اسید باعث افزایش در وزن خشک ساقه به میزان ۶ درصد شد. گرگینی شبانکاره و همکاران (۱۳۹۷) با آزمایش خود بر روی گیاه آویشن بیان کردند که کاربرد هیومیک‌اسید در افزایش وزن خشک گیاه در سطح یک درصد معنی‌دار شد. نتایج نشان داد با کاربرد میکوریزا *G. mosseae* بیش‌ترین وزن خشک ساقه به‌دست آمد که نسبت به شاهد حدود ۸ درصد افزایش را نشان داد (جدول ۳). در پژوهشی دیگر، کاربرد *G. mosseae* و *G. etunicatum* به‌طور معنی‌داری سبب افزایش وزن خشک ساقه آویشن شد (عظیمی و همکاران، ۱۳۹۲). آن‌ها بیان کردند که بیش‌ترین افزایش در تلقیح با میکوریزای *G. mosseae* مشاهده شد و نسبت به شاهد افزایش ۱۹ درصدی را نشان داد.

۳.۴. وزن خشک برگ

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار هیومیک‌اسید و میکوریزا بر وزن خشک برگ در سطح یک درصد و اثر متقابل آن‌ها در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. بیش‌ترین مقدار وزن خشک برگ از تیمار ۳۰۰ میلی‌گرم هیومیک‌اسید و کاربرد *G. mosseae* به‌دست آمد که با تیمار شاهد ۱۵ درصد تفاوت را نشان داد (جدول ۴). در پژوهشی که توسط عظیمی و همکاران (۱۳۹۲) انجام شد، آن‌ها بیان کردند که کاربرد *G. mosseae* به‌طور معنی‌داری سبب افزایش وزن خشک برگ آویشن شد و نسبت به شاهد افزایش ۱۹ درصدی را نشان داد. گرگینی شبانکاره و همکاران (۱۳۹۷) در

پژوهش خود بر روی گیاه آویشن، دریافتند که بیش‌ترین وزن خشک گیاه با کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم هیومیک‌اسید به‌دست آمد.

جدول ۴. اثر متقابل تیمارهای هیومیک‌اسید و مایکوریزا بر برخی خصوصیات گیاه آویشن

درصد اسانس (درصد)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	وزن خشک برگ (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد اسانس (کیلوگرم در هکتار)
۱/۵۳c	۲۳۷۲/۰۰d	۸۲۲/۶۷b	۳۶/۴۱c
۲/۶۳a	۲۷۳۰/۵۰a	۹۱۶/۵۰a	۷۱/۹۵a
۲/۶۱a	۲۶۵۲/۶۷b	۸۹۹/۶۷a	۶۹/۴۴a
۲/۲۵b	۲۴۶۷/۳۳c	۸۳۶/۰۰b	۵۵/۵۱b
۱/۶۳c	۲۵۷۰/۸۳c	۸۷۱/۵۰b	۴۱/۹۸d
۳/۳۱a	۲۷۸۷/۳۳a	۹۳۱/۰۰a	۹۲/۴۵a
۲/۷۵b	۲۶۶۲/۰۰b	۹۰۸/۵۰a	۷۳/۲۲b
۲/۵۱b	۲۵۹۱/۱۷c	۸۹۷/۳۳ab	۶۵/۲۱c
۱/۸۸d	۲۶۴۰/۵۰c	۹۱۶/۰۰b	۴۹/۸۱d
۳/۱۳a	۲۷۹۶/۵۰a	۹۴۳/۹۳a	۸۷/۶۳a
۲/۹۰b	۲۶۹۶/۸۳b	۹۱۶/۰۰b	۷۸/۲۳b
۲/۶۳c	۲۷۰۴/۳۳b	۹۰۷/۶۶b	۷۱/۲۱c

اعداد با حروف مشابه در هر ستون، از نظر آماری با آزمون توکی و در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

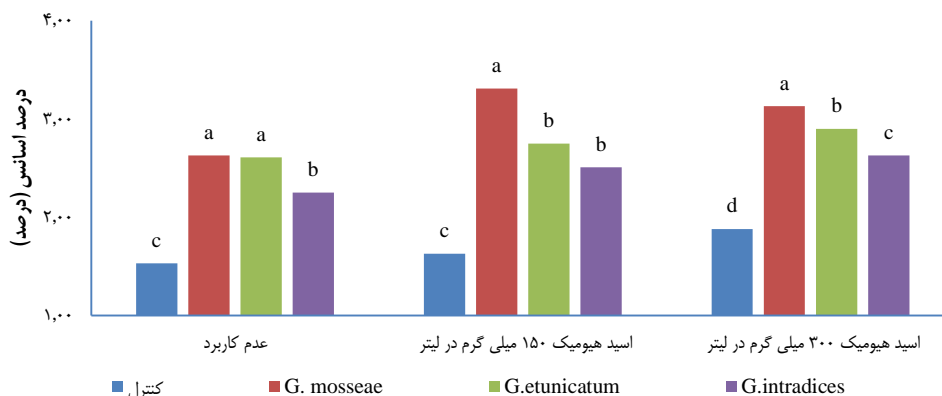
۴.۴. عملکرد

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار هیومیک‌اسید و مایکوریزا و اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد در سطح یک درصد معنی‌دار شد. بیش‌ترین مقدار عملکرد از تیمار ۳۰۰ میلی‌گرم هیومیک‌اسید و کاربرد مایکوریزا *G. mosseae* به‌دست آمد که با تیمار شاهد ۱۸ درصد افزایش را نشان داد (جدول ۴). نصیری دهرسخی^۱ و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهش خود در گیاه زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) بیان کردند که در بین سطوح محلول‌پاشی هیومیک‌اسید، محلول‌پاشی ۴ لیتر در هکتار، کارآمدتر بود. به‌نظر می‌رسد استفاده از کودهای آلی نظیر هیومیک‌اسید، از طریق بهبود فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک، بهبود حاصل‌خیزی، فراهمی مواد غذایی به‌ویژه ریزمغذی‌ها و همچنین آزادسازی تدریجی این عناصر، موجب افزایش تولید مواد پرورده در منابع شده و در نهایت می‌تواند عملکرد گیاه را افزایش دهد.

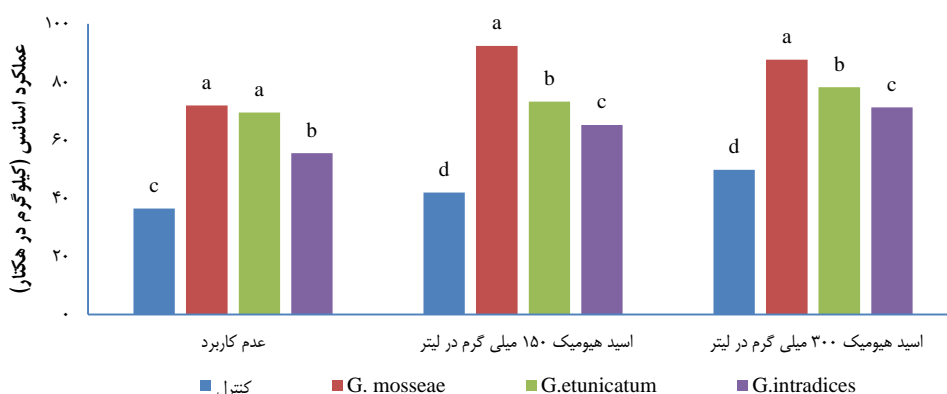
۴.۵. درصد و عملکرد اسانس

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار هیومیک‌اسید و مایکوریزا و اثر متقابل آن‌ها بر درصد اسانس و همچنین عملکرد اسانس در سطح یک درصد معنی‌دار شد. بیش‌ترین مقدار درصد اسانس از تیمار ۱۵۰ میلی‌گرم هیومیک‌اسید و کاربرد مایکوریزا *G. mosseae* به‌دست آمد که با تیمار شاهد ۱۱۶ درصد افزایش نشان داد (جدول ۴ و شکل ۱). بیش‌ترین عملکرد اسانس نیز از تیمار ۱۵۰ میلی‌گرم هیومیک‌اسید و کاربرد *G. mosseae* به‌دست آمد که نسبت به تیمار شاهد ۱۵۴ درصد افزایش را نشان داد (جدول ۴ و شکل ۲). امانی ماچانی و همکاران (۱۳۹۹) نتیجه گرفتند که درصد اسانس آویشن با کاربرد مایکوریزا افزایش ۸/۵ درصدی را نشان داد.

در پژوهشی دیگر، کاربرد هیومیک‌اسید و کودهای آلی، باعث افزایش در وزن خشک اندام هوایی و عملکرد اسانس گیاه مرزه (*Satureja khuzistanica* Jamzad) شد (علیزاده و همکاران، ۱۳۹۷). همچنین کاربرد هیومیک‌اسید باعث افزایش درصد اسانس در گیاه دارویی سیاهدانه گردید (عزیزی و صفایی، ۱۳۹۵) که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد.



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل کاربرد هیومیک‌اسید و میکوریزا بر درصد اسانس



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل کاربرد هیومیک‌اسید و میکوریزا بر عملکرد اسانس

۴.۶. شاخص کلروفیل

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار هیومیک‌اسید و میکوریزا بر شاخص کلروفیل در سطح یک درصد معنی‌دار شده اما اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نشد. بیش‌ترین شاخص کلروفیل در اثر کاربرد تیمار ۳۰۰ میلی‌گرم هیومیک‌اسید به‌دست آمد. نتیجه به‌دست‌آمده با نتیجه خرم قهفرخی و همکاران (۱۳۹۴) بر روی گیاه گلرنگ همخوانی دارد. همچنین بیش‌ترین شاخص کلروفیل از تیمار *G. intradices* به‌دست آمد که نسبت به تیمار شاهد ۲۷ درصد افزایش نشان داد. نتایج نشان داد در این صفت بین تیمار شاهد و کاربرد *G. mosseae* تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. نتیجه به‌دست‌آمده با نتیجه لطف‌اللهی^۱ و همکاران (۲۰۲۰) همخوانی دارد.

۷.۴. پرولین

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار هیومیک‌اسید و مایکوریزا بر پرولین در سطح یک درصد معنی‌دار شده و اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نشد. نتایج نشان داد بیش‌ترین مقدار پرولین از تیمار عدم مصرف هیومیک‌اسید به‌دست آمد و در تیمارهای با کاربرد هیومیک‌اسید این مقدار کاهش داشت. همچنین در تیمارهای کاربرد مایکوریزا، با این‌که *G. mosseae* بیش‌ترین مقدار را داشت اما بین تیمارها تفاوت معنی‌دار نبود. در پژوهش اصلانی و همکاران (۱۳۸۸) که بر روی گیاه ریحان انجام شد، در بین گیاهان تلقیح‌شده با قارچ مایکوریزا، بیش‌ترین میزان پرولین مربوط به نمونه‌های همزیست با *G. mosseae* بود که البته با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان نداد.

۸.۴. پاراسیمن و گاماتریپین

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار هیومیک‌اسید و مایکوریزا بر پاراسیمن و گاماتریپین در سطح یک درصد معنی‌دار شده و اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نشد. نتایج نشان داد بیش‌ترین مقدار پاراسیمن و گاماتریپین از تیمار ۳۰۰ میلی‌گرم هیومیک‌اسید به‌دست آمد که نسبت به شاهد به‌ترتیب ۲۳ و ۱۱ درصد افزایش نشان داد. همچنین نتایج نشان داد بیش‌ترین مقدار پاراسیمن و گاماتریپین از تیمار *G. mosseae* به‌دست آمد که نسبت به شاهد به‌ترتیب ۲۱ و ۲۶ درصد افزایش نشان داد. امانی ماچانی و همکاران (۱۴۰۰) در آزمایش خود بر روی کیفیت اسانس موجود در آویشن، بیان کردند که با کاربرد قارچ‌های مایکوریزا میزان پاراسیمن و گاماتریپین به‌ترتیب افزایش ۷/۱ و ۶/۹ درصدی را داشتند.

۵. بحث

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از جدول تجزیه واریانس میتوان اثرات تیمارهای به‌کاررفته در این آزمایش را چنین بیان کرد که اعمال تیمار هیومیک‌اسید از طریق افزایش در میزان نیتروژن، سبب افزایش رشد شاخساره و اندام‌های هوایی گیاه می‌شود (عزیزی^۱ و صفایی^۲، ۲۰۱۷). با توجه به این‌که بخش مورد‌استفاده از گیاه دارویی آویشن، اندام‌های هوایی گیاه می‌باشد، با کاربرد هیومیک‌اسید می‌توان عناصر غذایی موردنیاز در رشد اندام‌های هوایی را به‌خوبی فراهم کرد و این ترکیبات در گیاه با افزایش تولید مواد فتوسنتزی، سبب افزایش شاخساره و در نتیجه افزایش وزن خشک ساقه در گیاه شوند. با افزایش میزان جذب مواد غذایی از جمله نیتروژن در اثر کاربرد هیومیک‌اسید، می‌توان انتظار داشت که میزان کلروفیل و سبزی‌نگی در گیاه افزایش یابد.

کاربرد هیومیک‌اسید از طریق اثرات هورمونی و تأثیر آن بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و از سویی دیگر با داشتن قدرت کلات‌کنندگی و افزایش جذب عناصر غذایی همچون نیتروژن و فسفر سبب افزایش در رشد گیاه و اسانس گیاهان می‌گردد. با توجه به نتیجه به‌دست‌آمده در این آزمایش، می‌توان چنین گفت که بین هیومیک‌اسید و مایکوریزا یک هم-افزایی برای افزایش در درصد و عملکرد اسانس وجود دارد. همچنین ترکیبات آلی مانند هیومیک‌اسید می‌توانند به‌عنوان یک اسید آلی سبب تقویت سیستم ریشه‌ای گیاه شده و سبب افزایش برخی پارامترهای رشدی مانند افزایش کلروفیل و عملکرد دانه در گیاه شوند (لطف‌الهی و همکاران، ۱۳۹۹). از دلایل افزایش عملکرد توسط هیومیک‌اسید می‌توان به حفظ و نگهداری عناصر غذایی خاک، جلوگیری از آب‌شویی نیتروژن، افزایش فعالیت زیستی، پوک‌شدن خاک، افزایش ظرفیت

نگهداری رطوبت، بهبود دانه‌بندی خاک و افزایش کارایی مصرف آب اشاره کرد (علیزاده^۱ و همکاران، ۲۰۱۸). با توجه به این که کاربرد هیومیک‌اسید باعث افزایش ترکیبات مختلف در دسترس گیاه می‌گردد و از سویی با کاربرد میکوریزا، افزایش در سطح جذب را خواهیم داشت، بنابراین می‌توان گفت که این دو تیمار نسبت به هم هم‌افزایی داشته و باعث رشد بهتر و افزایش وزن خشک در این گیاه شده‌اند.

در شرایط وجود تنش، غلظت پرولین در گیاهان تحت تنش، برای تنظیم فشار اسمزی درون گیاه افزایش پیدا می‌کند. حال در این آزمایش با مساعدبودن شرایط رشد، تغییرات پرولین را مورد بررسی قرار دادیم و انتظار این بود که وجود پرولین کاهش محسوسی داشته باشد. حیاتی و همکاران (۱۴۰۰) در آزمایش خود بر روی گیاه سیاه دانه، بیان کردند که کم‌ترین محتوای پرولین در شرایط صد درصد آبیاری و کاربرد ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک‌اسید به دست آمد. در پژوهش دیگری که بر روی گیاه چای ترش انجام شد، کاهش ۱۵ درصدی پرولین با کاربرد هیومیک‌اسید بیان شده است (سنجری و همکاران، ۱۳۹۴). با در نظر گرفتن نتایج و پژوهش‌های دیگر، کاهش میزان پرولین می‌تواند نشان‌دهنده رشد گیاه در شرایط نبود و یا وجود استرس زیستی و غیرزیستی به میزان کم که این مهم به جهت مهیاشدن مواد غذایی و آب مناسب برای گیاه توسط اعمال تیمارهای میکوریزا و هیومیک‌اسید بوده است.

در پژوهش‌های امانی ماچانی و همکاران (۱۴۰۰) عملکرد ماده خشک آویشن تحت تأثیر سطوح مختلف قارچ میکوریزا قرار گرفت. آن‌ها اظهار داشتند که کاربرد قارچ میکوریزا باعث افزایش ۱۲/۵ درصدی در صفت عملکرد ماده خشک آویشن نسبت به عدم کاربرد آن شد. بنابراین قارچ‌های میکوریزا بر خصوصیات مورفولوژیک و رشد آویشن مؤثر بوده که این افزایش احتمالاً به این دلیل بوده است که بخشی از ریشه‌های قارچ وارد سیستم ریشه گیاه شده و با اثر بر کاهش غلظت آبسیزیک‌اسید و افزایش در میزان سیتوکینین‌ها موجب گسترش سیستم ریشه‌ای شده و در افزایش جذب آب و عناصر غذایی تأثیر گذار بوده است. آن‌ها در پژوهش خود بیان کردند که غلظت عناصری چون فسفر، نیتروژن، آهن و پتاسیم به ترتیب ۲۴/۷، ۱۷/۴، ۲۰/۶، ۲۰/۹ درصد با کاربرد قارچ میکوریزا نسبت به شاهد افزایش داشته است. از دلایل این افزایش در جذب مواد غذایی، می‌تواند افزایش سطح جذب ریشه با تولید شبکه‌ای گسترده از هیف‌ها و ترشح اسیدهای آلی و همچنین آنزیم‌های فسفاتاز باشد که باعث افزایش دسترسی عناصر غذایی در محیط ریزوسفر می‌شود.

با توجه به این که عملکرد ماده خشک در گیاهان دارویی برایندی از صفات مختلف همچون وزن خشک برگ، ارتفاع گیاه، قطر کانوبی و غیره می‌باشد، بنابراین می‌توان چنین گفت که برقراری رابطه همزیستی قارچ میکوریزا با ریشه گیاه دارویی آویشن منجر به بهبود صفات رشدی در گیاه از طریق بهبود جذب رطوبت و عناصر غذایی و افزایش تحمل گیاه در برابر تنش‌های محیطی شده و در نهایت منجر به افزایش عملکرد گردیده است (بگوم^۲ و همکاران، ۲۰۱۹). قارچ‌های میکوریزا بر خصوصیات مورفولوژیک و رشد گیاه دارویی آویشن نیز اثر داشته و این افزایش احتمالاً به دلیل ورود بخشی از ریشه‌های قارچ به سیستم ریشه گیاه بوده که با اثر بر کاهش غلظت آبسیزیک‌اسید و افزایش غلظت سیتوکینین‌ها گسترش سیستم ریشه‌ای را باعث شده و در افزایش جذب عناصر غذایی و آب مؤثر بوده است (سلیمی و همکاران، ۱۳۹۹). میسلیم‌هایی که خارج از ریشه بوده نیز احتمالاً با ترشح اسیدهای آلی حل‌کننده فسفات‌های نامحلول مانند مالیک‌اسید در محیط ریزوسفر، جذب فسفر در گیاه را افزایش و در نتیجه این فعالیت‌ها، صفات مورفولوژیکی گیاه آویشن باغی بهبود داده شده است. افزایش اسانس آویشن با کاربرد میکوریزا را هم می‌توان به افزایش در فعالیت فتوسنتزی و غده‌های تشکیل‌دهنده اسانس نسبت داد که می‌تواند با دسترسی بهتر عناصر غذایی و افزایش سطح جذب مرتبط باشد و

فراهم‌بودن عناصر مهم در ترکیب اسانس، از جمله فسفر و نیتروژن در این افزایش مؤثر بوده است (گلوبکینا^۱ و همکاران، ۲۰۲۰).

گزارش شده است کاربرد مایکوریزا باعث تغییراتی در غلظت فیتوهورمون‌های گیاهی از جمله جیبرلیک‌اسید، سایتوکینین و جاسمونیک‌اسید می‌گردد. این فیتوهورمون‌ها موجب توسعه غده‌های ترشح‌کننده اسانس و در نتیجه افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه می‌گردند (کاپور^۲ و همکاران، ۲۰۱۷). از سویی عقیقی و همکاران (۱۳۹۷) در مطالعه خود بیان کردند که تلقیح با قارچ‌های مایکوریزا موجب افزایش جذب عناصر غیرمتحرک همچون منگنز، آهن، مس و منیزیم می‌گردد. از آنجایی که برخی از این عناصر نقش مهمی در مولکول کلروفیل دارند، در نتیجه، افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی در نتیجه تلقیح با مایکوریزا قابل توجیه است (عقیقی و همکاران، ۱۳۹۷).

مزارعی و همکاران (۱۳۹۶) نیز در مطالعه خود بر روی گیاه دارویی خار مریم (*Silybum marianum* L. Gaertn) بیان کردند که مقایسه میانگین تلقیح با قارچ مایکوریزا نشان داد که بیش‌ترین مقدار پرولین در تیمار شاهد (بدون قارچ مایکوریزا) مشاهده شد. غالباً گیاهان تلقیح‌شده با مایکوریزا، با استفاده از روابط آبی و تغذیه مناسب‌تر نسبت به گیاهانی که تلقیح نشده‌اند، قادر هستند از شرایط مناسب‌تری بهره‌جسته و کم‌تر دچار آسیب گردند، در نتیجه میزان پرولین این گیاهان نسبت به گیاهان بدون مایکوریزا افزایش کم‌تری نشان می‌دهد. در این آزمایش نیز با کاربرد هیومیک‌اسید و مایکوریزا باعث ایجاد شرایط مناسب در رشد نسبت به تیمار شاهد شده و در نتیجه کاهش میزان پرولین در این تیمارها قابل پیش‌بینی بود. اسانس‌ها ترکیبات ترپنوئیدی هستند و واحدهای سازنده آن‌ها همچون دی‌متیل‌آلیل‌پیروفسفات و ایزوپنتیل‌پیروفسفات نیاز به ATP و NADPH داشته و بنابراین وجود عناصری چون فسفر و نیتروژن برای تشکیل آن‌ها ضروریست (امانی ماچانی و همکاران، ۱۳۹۹). بنابراین همزیستی با قارچ‌های مایکوریزا از طریق جذب کارآمد این عناصر توسط ریشه، در افزایش اسانس و ترکیبات آن مؤثر است. یادگاری (۱۴۰۱) با آزمایش خود بر روی سه گونه آویشن نشان داد که کاربرد هیومیک‌اسید باعث افزایش در مقدار ترکیبات اصلی اسانس همچون پاراسیمن و گاماتریپین در این گیاه شد. افزایش معنی‌دار عملکرد اسانس ناشی از کاربرد هیومیک‌اسید و مایکوریزا، نشان‌دهنده اهمیت عناصر مغذی و اسیدهای آمینه در پرورش این گیاه دارویی است که باعث افزایش عملکرد ماده خشک و افزایش در فعالیت فتوسنتزی در مهم‌ترین بخش فتوسنتزکننده گیاه، یعنی برگ‌ها است و باعث افزایش سطح برگ گردد که این افزایش می‌تواند منجر به تولید بیش‌تر غده‌های ترشح‌کننده اسانس شود.

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

براساس یافته‌های این پژوهش هیومیک‌اسید با داشتن ترکیبات مختلف از جمله ریزمغذی‌ها می‌تواند کمبودهای این عناصر را برای گیاه دارویی آویشن جبران کند و گیاه در شرایط رشد مناسب‌تری قرار گیرد. در تمام صفات موردبررسی در این پژوهش، کاربرد هیومیک‌اسید تغییرات مثبتی در آن‌ها داشته است. در بین مایکوریزاهای مورداستفاده در این آزمایش *G. mosseae* نسبت به بقیه، اثرگذاری بیش‌تری نشان داد. در صفات درصد و عملکرد اسانس آویشن نیز هم‌افزایی بین تیمارهای به‌کار برده ملاحظه گردید، به‌طوری‌که در اثر اعمال تیمارها افزایش ۱۵۴ درصدی در عملکرد اسانس نسبت به شاهد مشاهده شد. با در نظر گرفتن این‌که هدف از کشت گیاهان دارویی، برداشت بیش‌تر به‌همراه افزایش مواد مؤثره آن‌ها می‌باشد، می‌توان با اعمال تیمارهایی از جمله کاربرد هیومیک‌اسید و مایکوریزا، در جهت کاهش کاربرد کودهای

1. Golubkina
2. Kapoor

شیمیایی و کاهش اثرات مخرب آن‌ها بر محیط زیست و خاک اقدام کرد و از سویی دیگر موجبات اصلاح خاک را نیز فراهم آورد تا هم محصول با کیفیت تولید کرد و هم از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی جلوگیری کرد.

۷. تشکر و قدردانی

از دانشگاه پیام نور بابت تأمین بخشی از هزینه‌های این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۸. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۹. منابع

- اصلانی، زهرا؛ حسنی، عباس؛ رسولی صدقیانی، میرحسن؛ سفیدکن، فاطمه؛ برین، محسن؛ غیبی، سیدعلی (۱۳۸۸). تأثیر همزیستی با قارچ میکوریزا بر برخی پارامترهای فیزیولوژیک گیاه ریحان تحت شرایط تنش خشکی. *مجله تنش‌های محیطی در علوم کشاورزی*، ۲ (۲)، ۱۰۹-۱۱۷. <https://doi.org/10.22077/escs.2010.70>
- امانی ماچیانی، مصطفی؛ جوانمرد، عبدالله؛ استادی، علی؛ آقایی، احمد؛ رسولی، فرزاد (۱۴۰۰). اثر قارچ میکوریزا و چین بر میزان عناصر غذایی ماکرو، میکرو و فعالیت ویژه آنزیم‌های آنتی اکسیدانی آویشن باغی (*Thymus vulgaris L.*) در سطوح مختلف آبیاری. *فرآیند و کارکرد گیاهی*، ۱۰ (۴۴)، ۲۳۵-۲۵۰.
- امانی ماچیانی، مصطفی؛ جوانمرد، عبدالله؛ استادی، علی؛ مرشدلو، محمد رضا؛ چابک پور، جعفر (۱۳۹۹). ارزیابی اثرات تاریخ برداشت و کاربرد قارچ میکوریزا بر عملکرد کمی و کیفی اسانس آویشن باغی (*Thymus vulgaris L.*) در سطوح مختلف آبیاری. *تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*، ۳۶ (۶)، ۱۰۲۲-۱۰۳۷. <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2021.351323.2835>
- حمزه‌ئی، جواد؛ سلیمی، فاطمه (۱۳۹۳). درصد کلونیزاسیون ریشه، عملکرد و اجزای عملکرد دانه ماریتیغال (*Silybum marianum*) متأثر از تلقیح میکوریزا و کود فسفره. *نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار*، ۲۴ (۴)، ۸۵-۹۶.
- حیاتی، عزیز؛ رحیمی، محمدمهدی؛ کلیدری، عبدالصمد؛ و حسینی، سید ماشاله (۱۴۰۰). تأثیر هیومیک‌اسید و نانوکلات آهن بر محتوای اسمولیت‌های سیاهدانه (*Nigella sativa L.*) در شرایط تنش خشکی. *نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*، ۳۷ (۵)، ۸۰۹-۸۲۱. <https://doi.org/10.22092/IJMAPR.2021.354715.2995>
- خرم قهفرخی، آزاده؛ رحیمی، اصغر؛ ترابی، بنیامین؛ مداح حسینی، شهاب (۱۳۹۴). تأثیر کاربرد کود هیومیک‌اسید، محلولپاشی برگ‌های چای کمپوست و ورم یواش بر جذب عناصر و محتوای کلروفیل گلرنگ (*Carthamus tinctorius L.*). *نشریه تولید گیاهان روغنی*، ۲ (۱)، ۷۱-۸۴.
- سعادی مقدم، سروه؛ جوانمرد، عبدالله؛ مرشدلو، محمدرضا و نورائین، مجتبی (۱۳۹۹). اثر کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی بر صفات کمی و کیفی بالنگوی شهری (*Lallemantia iberica*) در شرایط دیم. *علوم باغبانی ایران*، ۵۱ (۲)، ۴۵۹-۴۷۷.
- سلیمی، قباد؛ فیضیان، محمد؛ علی اصغر زاد، ناصر (۱۳۹۹). تأثیر تلقیح با قارچ میکوریزا بر جذب عناصر غذایی و اجزای اسانس گیاه بادرشبو (*Dracocephalum moldavica L.*) تحت تنش خشکی. *نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی*، ۳ (۵۵)، ۳۲۵-۳۴۴. <https://doi.org/10.30495/jcep.2020.679066>
- سنجری میجانی، مژگان؛ سیروس مهر، علی رضا؛ و فاخری براتعلی (۱۳۹۴). اثر تنش خشکی و هیومیک‌اسید بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک چای ترش (*Hibiscus sabdarifa*). *به‌زراعی کشاورزی*، ۱۷ (۲)، ۴۰۳-۴۱۴. <https://doi.org/10.22059/jci.2015.55189>

- صوری، فرنوش؛ سیروس مهر، علیرضا؛ گرگینی شبانکاره، حسین (۱۳۹۶). اثر رژیم‌های آبیاری و محلول‌پاشی هیومیک‌اسید بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه دارویی مرزه (*Satureia hortensis*). *زیست‌شناسی گیاهی ایران*، ۹ (۳۴)، ۱۳-۲۴.
- عزیزی، مجید؛ صفایی، زینب (۱۳۹۵). اثر محلول‌پاشی هیومیک‌اسید و نانوکودفازمکس بر صفات مورفولوژیک، عملکرد و میزان اسانس گیاه دارویی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.). *نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)*، ۳۰ (۴)، ۶۷۱-۶۸۰. <https://doi.org/10.22067/jhorts4.v0i0.41136>
- عظیمی، ریحانه؛ جنگجو، محمد؛ اصغری، حمیدرضا (۱۳۹۲). تأثیر تلقیح قارچ میکوریزا بر استقرار اولیه و خصوصیات مورفولوژیک گیاه دارویی آویشن باغی در شرایط عرصه طبیعی. *نشریه پژوهش‌های زراعی ایران*، ۱۱ (۴)، ۶۶۶-۶۷۶.
- عقیقی شاهوردی، مهدی؛ امینی دهقی، مجید؛ عطایی سماق، حجت؛ ممیوند، بهنام (۱۳۹۷). اثر سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای با کودهای نیتروژنه و فسفره بر برخی صفات کمی و کیفی ریحان. *تولیدات گیاهی (مجله علمی کشاورزی)*، ۴۱ (۴)، ۱-۱۴.
- علیزاده، ابودر؛ نجفی، فرزاد؛ هادیان، جواد؛ و صالحی، پیمان (۱۳۹۷). تأثیر مقادیر مختلف هیومیک‌اسید و عصاره ورمی‌کمپوست بر روی خصوصیات رشدی، مورفولوژیک و فیتوشیمیایی مرزه خوزستانی (*Satureja khuzistanica* Jamzad). *نشریه بوم‌شناسی کشاورزی*، ۱۰ (۱)، ۶۹-۸۰.
- گرگینی شبانکاره، حسین؛ خراسانی‌نژاد، سارا؛ صادقی، مرتضی؛ طبسی، علیرضا (۱۳۹۷). تأثیر دور آبیاری و هیومیک‌اسید بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه دارویی آویشن (*Thymus vulgaris* L.). *نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی*، ۱۳ (۵۱)، ۶۷-۸۲.
- لطف الهی، علی؛ بلندنظر، صاحبعلی؛ علی اصغرزاد، ناصر؛ خوشرو، بهمن؛ صیامی، آرزو (۱۳۹۹). بررسی اثر تلقیح قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار و شبه میکوریزا بر رشد و جذب فسفر گیاه گشنیز. *نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار*، ۳۱ (۱)، ۸۷-۱۰۱.
- مزارعی، ایوب؛ سیروس مهر، علیرضا؛ و بابایی، زهرا (۱۳۹۶). تأثیر قارچ مایکوریزا بر برخی خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک خار مریم (*Silybum marianum* (L.) Gaertn) تحت تنش خشکی. *دوماهنامه علمی پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*، ۳۳ (۴)، ۶۲۰-۶۳۵. <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2017.107860.1877>
- یادگاری، مهراب (۱۴۰۱). اثر کود کامل NPK، بوتامیسول و هیومیک‌اسید بر صفات مورفوفیزیولوژیک و اسانس سه گونه از جنس آویشن (*Thymus* spp) تحت تنش خشکی. *نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*، ۳۸ (۲)، ۳۰۱-۳۲۱. <https://doi.org/10.22092/IJMAPR.2022.357303.3119>

References

- Aghighi Shahverdi, M., Amini Dahaghi, M., Ataei Somagh, H., & Mamivand, B. (2019). The effect of different nutritional systems with nitrogen and phosphorous fertilizers on quantitative and qualitative traits of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Plant Productions (Agronomy, Breeding and Horticulture)*, 41(4), 1-14. (In Persian).
- Alavi-Samani, S. M., Kachouei, M. A., & Pirbalouti, A. G. (2015). Growth, yield, chemical composition, and antioxidant activity of essential oils from two thyme species under foliar application of jasmonic acid and water deficit conditions. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 4, 109-113.
- Alizadeh, A., Najafi, F., Hadian, J., & Salehi, P. (2018). Effect of different levels of humic-acid and vermicompost extract on growth, yield, morphological and phytochemical properties of *Satureja khuzistanica* Jamzad. *Journal of Agroecology*, 10(1), 69-80. <https://doi.org/10.22067/JAG.V10I1.47161>. (In Persian).
- Amani Machiani, M., Javanmard, A., Ostadi, A., Aghaee, A., & Rasouli, F. (2021). Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and harvesting time on the macro- and micronutrients and antioxidant enzymes activity of thyme (*Thymus vulgaris* L.) in the different irrigation levels. *Plant process and function*, 1(44), 235-250. (In Persian).
- Amani Machiani, M., Javanmard, A., Ostadi, A., Morshedlou, M., & Chabokpour, J. (2019). Evaluation of the effects of harvest date and application of mycorrhizal fungi on quantitative and qualitative yield of essential oil (*Thymus vulgaris* L.) at different levels of irrigation. *Iranian Medicinal and Aromatic Plants Research Journal*, 36(6), 1022-1037. <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2021.351323.2835>. (In Persian).

- Amiri, R., Nikbakht, A., & Etemadi, N. (2015). Alleviation of drought stress on rose geranium [*Pelargonium graveolens* (L.) Herit.] in terms of antioxidant activity and secondary metabolites by mycorrhizal inoculation. *Scientia Horticulturae*, 197, 373-380. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.062>.
- Askary, M., Behdani, M. A., Parsa, S., Mahmoodi, S., & Jamialahmadi, M. (2018). Water stress and manure application affect the quantity and quality of essential oil of *Thymus daenensis* and *Thymus vulgaris*. *Industrial Crops and Products*, 111, 336-344. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.09.056>
- Aslani, Z., Hassani, A., Rasooli Sadagiyani, M.H., Sefidkon, F., Barin, M., & Gheibi, S. A. (2010). Effect of symbiosis with mycorrhiza fungi on some physiological characteristics of basil (*Osimum basilicum*) under drought stress. *Environmental Stresses in Agricultural Sciences*. 2(2), 109-117. <https://doi.org/10.22077/escs.2010.70>. (In Persian).
- Azarpour, A. (2012). Evaluation and determination of the best time of priming and priming solution levels for germination indexes of *Trigonella foenum gracum* L. *Journal of Agricultural and Biological Science*, 7(3), 141-145.
- Azimi, R., Jangju, M., & Asghari, H. (2014). The effect of mycorrhiza inoculation on the initial establishment and morphological characteristics of the thyme medicinal plant in natural conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 11(4), 666-676. (In Persian).
- Azizi, M., & Safaii, Z. (2017). The effect of humic acid and nanocodeformex spraying on the morphological characteristics, performance and essential oil content of the medicinal plant (*Nigella sativa* L.) *Journal of Horticultural Science*, 30(4), 671-680. <https://doi.org/10.22067/jhorts4.v0i0.41136>. (In Persian).
- Basu, S., Rabara, R. C., & Negi, S. (2018). AMF: The future prospect for sustainable agriculture. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 102, 36-45. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2017.11.007>.
- Bates, L. S., Waldron, R. P., & Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant Soil Journal*, 39, 205-208.
- Begum, N., Qin, C., Ahanger, M. A., Raza, S., Khan, M. I., Ashraf, M., Ahmed, N., & Zhang, L. (2019). Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Plant Growth Regulation: Implications in Abiotic Stress Tolerance. *Frontiers in Plant Science*. 10:1068. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01068>.
- Csongor, Bako., Viktória, Lilla Balazs., Erika, Kerekes., Bela, Kocsis., David, U. Nagy., Peter, Szabo., Giuseppe, Micalizzi., Luigi, Mondello., Judit, Krisch., Dora, Petho., & Gyorgyi, Horvath (2023). Flowering phenophases influence the antibacterial and anti-biofilm effects of *Thymus vulgaris* L. essential oil. *BMC Complementary. Medicine and Therapies*, 23, 168. <https://doi.org/10.1186/s12906-023-03966-1>.
- Doskocil, L., Szewieczkova, J. B., Enev, V., Kalina, L., & Wasserbauer, J. (2018). Spectral characterization and comparison of humic acids isolated from some European lignites. *Fuel*, 213, 123-132. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2017.10.114>.
- Golubkina, N., Logvinenko, L., Novitsky, M., Zamana, S., Sokolov, S., Molchanova, A., Shevchuk, O., Sekara, A., Tallarita, A., & Caruso, G. (2020). Yield, essential oil and quality performances of *Artemisia dracuncululus*, *Hyssopus officinalis* and *Lavandula angustifolia* as affected by arbuscular mycorrhizal fungi under organic management. *Plants*, 9, 1-16.
- Gorgini Shabankareh, H., Khorasani nejad, S., Sadeghi, M., & Tabasi, A. (2018). Effect of irrigation cycle and humic acid on morphophysiological and biochemical properties of thyme medicinal plant. *Journal of Plant Environmental Physiology*, 13(51), 67-82. (In Persian).
- Hamzei, J., & Salimi, F. (2014). Root Colonization, Yield and Yield Components of milk thistle (*Silybum marianum*) Affected by Mycorrhizal Fungi and Phosphorus Fertilizer. *Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production*, 24(4), 85-96. (In Persian).
- Hayati, A., Rahimi, M. M., Kelidari, A., & Hosseini, S. M. (2021). Effects of humic acid and iron nanochelate on osmolytes content of black cumin (*Nigella sativa* L.) under drought stress conditions. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 37(5), 809-821. <https://doi.org/10.22092/IJMAPR.2021.354715.2995>. (In Persian).
- Kapoor, R., Anand, G., Gupta, P., & Mandal, S. (2017). Insight into the mechanisms of enhanced production of valuable terpenoids by arbuscular mycorrhiza. *Phytochemistry Reviews*, 16(4), 677-692.
- Kapoor, R., Chaudhary, V., & Bhatnagar, A. (2007). Effects of arbuscular mycorrhiza and phosphorus application on artemisinin concentration in *Artemisia annua* L. *Mycorrhiza*. 17(7), 581-587. <https://doi.org/10.1007/s00572-007-0135-4>.
- Khoram Ghahfarokhi, A., Rahimi, A., Torabi, B., & Maddah Hosseini, Sh. (2015). Effect of humic acid application and foliar spraying of compost tea and vermiwash on nutrient absorption and chlorophyll content of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Oil Plants Production*, 2(1), 71-84. (In Persian).

- Lotfollahi, A., Bolandnazar, S., Aliasgharzad, N., Khoshru, B., & Siami, A. (2020). Effects of Inoculation with Arbuscular Mycorrhiza and Mycorrhiza-Like Fungi on Growth and Phosphorus Uptake of Coriander. *Scientific Research Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production*, 31(1), 87-101. (In Persian).
- Malik, A. A., Suryapani, S., & Ahmad, J. (2011). Chemical Vs Organic Cultivation of Medicinal and Aromatic Plants: The choice is clear. *International Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 1(1), 5-13.
- Mazaraie, A., Sirousmehr, A. R., & Babaei, Z. (2017). Effect of mycorrhizal fungi on some morphological & physiological characteristics of Milk thistle (*Silybum marianum* L.) Gaertn.) under drought stress. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 33(4), 620-635. <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2017.107860.1877>. (In Persian).
- Morshedloo, M. R., Maggi, F., Neko, H. T., & Aghdam, M. S. (2018). Sumac (*Rhus coriaria* L.) fruit: essential oil variability in Iranian populations. *Industrial Crops and Products*, 111, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.10.002>.
- Nasiri Dehsorkhi, A., Makarian, H., Varnaseri Ghandali, V., & Salari, N. (2018). Investigation of effect of humic acid and vermicompost application on yield and yield components of cumin (*Cuminum cyminum* L.). *Applied Research in Field Crops*, 31(1), 93-113. <https://doi.org/10.22092/AJ.2018.121407.1277>. (In Persian).
- Rydlova, J., Jelínková, M., Dusek, K., Duskova, E., Vosatka, M., & Puschel, D. (2016). Arbuscular mycorrhiza differentially affects synthesis of essential oils in coriander and dill. *Mycorrhiza*, 26(2), 123-131. <https://doi.org/10.1007/s00572-015-0652-5>.
- Saadi Moghaddam, S., Javanmard, A., Morshedloo, M. R., & Nouraein, M. (2020). *Iranian Journal of Horticultural Science*, 51(2), 459-477. <https://doi.org/10.22059/ijhs.2019.273123.1578>. (In Persian).
- Sabouri, F., Sirousmehr, A., Gorgini Shabankareh, H. (2018). Effect of irrigation regimes and application of humic acid on some morphological and physiological characteristics of Savory (*Satureja hortensis* L.). *Iranian Journal of Plant Biology*, 9(34), 13-24. (In Persian).
- Salimi, G., Feizian, M., & Aliasgharzad, N. (2020). Effect of Arbuscular Mycorrhiza Inoculation on Nutrient Uptake and Essential Oil Composition of Dragonhead (*Dracophtalum moldavica* L.) under Drought Stress. *Journal of Crop Ecophysiology*, 3(55), 325-344. <https://doi.org/10.30495/jcep.2020.679066>. (In Persian).
- Sanjari Mijanii, M., Sirus Mehr, A. R., & Fakheri, B. (2015). Effect of drought stress and humic acid on some physiological characteristics of *Hibiscus sabdarifa*. *Journal Crop Improvement*, 17(2), 403-414. (In Persian).
- Sharma, R. C., Sarkar, S., Das, D., & Banik, P. (2013). Impact assessment of arbuscular mycorrhiza *Azospirillum* and chemical fertilizer application on soil health and ecology. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 44(6), 1116-1126. <https://doi.org/10.1080/00103624.2012.750335>.
- Siddiqui, M. H., Oad, F. C., & Jmaro, M. G. H. (2006). Emergence and nitrogen use efficiency of maize under different tillage operation and fertility levels. *Asian Journal of plant Sciences*, 5(3), 508-510.
- Silva, A.S., Tewari, D., Sureda, A., Suntar, I., Belwal, T., Battino, M., Nabavi, S.M., & Nabavi, S.F. (2021). The evidence of health benefits and food applications of *Thymus vulgaris* L. *Trends in Food Science & Technology*, 117, 218-227.
- Tarraf, W., Ruta, C., De Cillis, F., Tagarelli, A., Tedone, L., & De Mastro, G. (2015). Effects of mycorrhiza on growth and essential oil production in selected aromatic plants. *Italian Journal of Agronomy*, 10, 160-162.
- Tarraf, W., Ruta, C., Tagarelli, A., De Cillis, F., & De Mastro, G. (2017). Influence of arbuscular mycorrhizae on plant growth, essential oil production and phosphorus uptake of *Salvia officinalis* L. *Indian Journal Crop Products Process*, 102, 144-153. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.03.010>.
- Weisany, W., Raei, Y., Salmasi, S. Z., Sohrabi, Y., & Ghassemi-Golezani, K., (2016). Arbuscular mycorrhizal fungi induced changes in rhizosphere, essential oil and mineral nutrients uptake in dill/common bean intercropping system. *Annals of Applied Biology*, 169(3), 384-397. <https://doi.org/10.1111/aab.12309>.
- Yadegari, M. (2022). Effects of NPK complete fertilizer, botamisol, and humic acid on morphophysiological characteristics and essential oil in three *Thymus* species under drought stress conditions. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 38(2), <https://doi.org/10.22092/IJMAPR.2022.357303.3119>. (In Persian).