Journal of Advanced Researches in Medicinal Plants, 2 (2): 33-43, (2023)

Investigating the effect of humic acid and mycorrhizae on some traits of medicinal plant (*Hibiscus sabdariffa*) in the Sistan region

Mehraban Ahmad[1*]

[1]Associate Professor, Dept. of Agriculture, Faculty of Engineering, Islamic Azad University, Zahedan Branch, Zahedan, Iran

ABSTRACT INFO

Research Paper

Received: 30 Oct 2023

Accepted: 08 Jun 2024

ABSTRACT

To investigate the effect of humic acid and mycorrhiza on the yield and essential oil content of the sour tea medicinal plant in the Sistan region in the year 1400, a factorial experiment was conducted using a randomized complete block design with three replications. The study included three levels of mycorrhizal inoculation: M1 (no inoculation), M2 (inoculation with *G. mossea* strain), and M3 (inoculation with *G. etunicatum* strain) as the first factor. The second factor was the foliar application of humic acid at different intervals: once a week (S1), once every two weeks (S2), once every three weeks (S3), and once every four weeks (S4). The results demonstrated that mycorrhiza significantly influenced plant dry weight, biological yield, fresh weight of corolla, fresh weight of sepals, dry weight of sepals per plant, and essential oil percentage. Remarkably, *G. mossea* demonstrated the highest biological yield of dry weight of sepals per plant at 31.39 grams and an essential oil percentage of 48.79%. In contrast, the control group recorded the lowest values, with a dry weight of sepals at 29.26 grams and an essential oil percentage of 46.35%. Consequently, it is concluded that humic acid can substantially enhance the quantitative and qualitative yield of sour tea in the study area and similar regions.

Key words: Essential oils, Hibiscus, Humic acid, Yield, Yield components.

How to cite this article:
Mehraban A. 2023. Investigating the effect of humic acid and mycorrhizae on some traits of medicinal plant (*Hibiscus sabdariffa*) in the Sistan region. Journal of Advanced Researches in Medicinal Plants 2 (2): 33-43. (In Farsi)
DOI: 10.30479/ARMP.2024.19371.1022

©The Author(s).
Publisher: Imam Khomeini International University
ARMP is an open access journal under the CC BY license (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/)

*Corresponding Author Email: **a.mehraban@iauzah.ac.ir**

نشریه پژوهش‌های پیشرفته در گیاهان دارویی، دوره دوم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲، ص ۴۳-۳۳

تأثیر اسید هیومیک و مایکوریزا بر برخی صفات کمی و اسانس گیاه دارویی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa*) در منطقه سیستان

احمد مهربان[1*]

[1]دانشیار، گروه کشاورزی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان، زاهدان

اطلاعات مقاله

علمی-پژوهشی

دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۰۸

پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۱۹

چکیده

به منظور بررسی اثر اسید هیومیک و مایکوریزا بر عملکرد و درصد اسانس گیاه دارویی چای ترش در منطقه سیستان در سال ۱۴۰۰، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به اجرا در آمد. در این آزمایش تلقیح قارچ مایکوریزا در سه سطح، شامل M1= بدون تلقیح مایکوریزا، M2= تلقیح با سویه *G. mossea* M3= تلقیح با سویه *G. Etanicatum*، به عنوان عامل اول، و محلول‌پاشی اسید هیومیک در فواصل مختلف شامل هر هفته یکبار (S1)، دو هفته یکبار (S2)، سه هفته یکبار (S3) و چهار هفته یکبار (S4)، عامل دوم بود. نتایج نشان داد مایکوریزا بر صفات وزن خشک بوته، عملکرد بیولوژیک، وزن تر قوزه، وزن تر کاسبرگ‌ها، وزن خشک کاسبرگ‌ها در بوته و درصد اسانس معنادار بود؛ به‌طوری‌که بالاترین وزن خشک کاسبرگ‌ها در بوته (۳۱٫۳۹ گرم) و اسانس (۴۸٫۷۹ درصد) در تیمار قارچ مایکوریزا *G. mossea* مشاهده شد و کمترین، وزن خشک کاسبرگ‌ها (۲۹٫۲۶ گرم) و اسانس (۴۶٫۳۵ درصد) در تیمار ثبت گردید. بنابراین به نظر می‌رسد که کاربرد اسید هیومیک می‌تواند در عملکرد کمی و کیفی چای ترش در منطقه مورد مطالعه و مناطق مشابه اثر قابل توجهی داشته باشد.

کلمات کلیدی: اجزای عملکرد، اسانس، اسید هیومیک، چای ترش، عملکرد.

استناد به این مقاله

Mehraban A. 2023. Investigating the effect of humic acid and mycorrhizae on some traits of medicinal plant (*Hibiscus sabdariffa*) in the Sistan region. Journal of Advanced Researches in Medicinal Plants 2 (2): 33-43. (In Farsi)

DOI: 10.30479/ARMP.2024.19371.1022

حق‌مؤلف © نویسندگان
ناشر: دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)

[*]نشانی پست الکترونیکی نویسنده مسئول: **a.mehraban@iauzah.ac.ir**

مقدمه

امروزه اثر نامطلوب و جانبی داروهایی با منشاء شیمیایی باعث شده است بشر به فکر گزینه مناسب دارویی باشد. طبق آمارهای مستند در حال حاضر مردم زیادی از ملل در حال توسعه از گیاهان دارویی در درمان استفاده می‌کنند (Rasool *et al*., 2020). با افزایش جمعیت جهان، نیاز به افزایش تولید گیاهان دارویی، ضرورتی انکار ناپذیر است (Bakhtiar *et al*., 2021).

عمدتاً عوامل محیطی باعث ایجاد تغییراتی در بیوسنتز متابولیت های ثانویه مانند اسانس می‌شوند و در بسیاری موارد تشکیل و تجمع اسانس با اعمال تنش حتی ملایم و کم، افزایش می‌یابد (Samany *et al*., 2022) .پژوهشگران اعلام کرده‌اند که تأثیر تنش‌های کم آبی با تحریک سنتز متابولیت‌های ثانویه و تغییر در فعالیت‌های آنزیمی و متابولیسمی گیاهان دارویی و معطر باعث تغییر در میزان اسانس می‌شود (Babaei *et al*., 2021).

تعداد زیادی از محققان تنش خشکی را عاملی برای کاهش رشد و عملکرد برخی از گیاهان دارویی و معطر نظیر ریحان (Zulfiqar and Ashraf, 2021)، نعنا فلفلی (Jahani *et al*., 2021) و مرزه (Sodaiizadeh *et al*., 2016) دانسته‌اند.

تنش خشکی یکی از تنش‌های مهم زیست محیطی است که مجموعه‌ای از پاسخ‌های مولکولی، بیوشیمیایی، فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی را، که بر رشد و نمو گیاهان اثر منفی می‌گذارد، در پی دارد. این تنش موجب کاهش فعالیت‌های زنجیره انتقال الکترون (ETC) و تجمع گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) می‌شود که در غلظت‌های زیاد، سمی است و به پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک و غشای لیپیدی آسیب می‌رساند (Zulfiqar and Ashraf, 2021).

یکی از راه‌های مطلوب مدیریت تنش خشکی، استفاده از روش‌های بیولوژیک است. گزارش‌های متعددی از همزیستی مایکوریزایی وجود دارد که باعث افزایش تحمل گیاهان به تنش‌های مختلف خشکی، شوری، گرما، فلزات سنگین و برخی از بیماری‌ها می‌شود (Zardak *et al*., 2018)؛ امروزه کاربرد باکتری‌های محرک رشد و هیومیک اسید به دلیل تأثیر مثبت بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهان، با سیاست‌های کشاورزی پایدار و تولید محصولات ارگانیک هم‌راستا بوده و به ویژه در سال‌های اخیر بیشتر مورد توجه پژوهشگران و تولیدکنندگان محصولات کشاورزی قرار گرفته است.

در نظام‌های تولید پایدار گیاهان دارویی و معطر، از راه‌های مختلف به ویژه مدیریت‌های زراعی، می‌توان به عملکردهای بیولوژیکی با ثبات و پایداری در گیاهان دارویی تحت تنش شرایط کم آبی، دست یافت. در همین راستا مایکوریزها به عنوان یکی از عوامل کارآمد برای افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی و معطر تأیید شده است. بنابراین، این مطالعه با هدف ارزیابی اثر تیمارهای مایکوریزا و اسید هیومیک بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی مختلف از جمله اسانس چای ترش در منطقه سیستان به مرحله اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۴۰۰ در مرکز تحقیقات کشاورزی سیستان با موقعیت جغرافیایی ۶۱ درجه و ۳۷ دقیقه طول شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۵۵ دقیقه شمالی و در ارتفاع ۴۸۳ متر از سطح دریا اجرا شد. براساس آمار هواشناسی منطقه[1] و براساس طبقه‌بندی کوپن، شهرستان زابل دارای اقلیم خشک و بسیار گرم است. میزان متوسط بارندگی در آن ۵۸٫۹ میلی‌متر در سال، و متوسط دمای سالانه ۲۲ درجه سانتی‌گراد است. میزان سالانه تبخیر در آن ۴۸۶۵ میلی‌متر است که بیش از ۷۸ برابر بارندگی سالانه منطقه است.

برای تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه، از عمق ۳۰-۰ سانتی متری و از ۵ نقطه نمونه برداری صورت گرفت. یک نمونه مرکب انتخاب و به آزمایشگاه ارسال شد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از اجرای آزمایش در جدول ۲ ارائه شده است. آبیاری براساس سیستم رایج منطقه صورت گرفت.

مشخصات طرح آزمایشی

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به اجرا در آمد. در این آزمایش تلقیح قارچ مایکوریزا در سه سطح شامل M1= بدون تلقیح مایکوریزا (شاهد)، M2= تلقیح با سویه (*Glumus mossea*)، M3= تلقیح با سویه (*Glumus etanicatum*)، به عنوان فاکتور اول، و محلول‌پاشی اسید هیومیک در فواصل زمانی مختلف به‌صورت هر هفته یکبار (S1)، دو هفته یکبار (S2)، سه هفته یکبار (S3) و چهار هفته یکبار (S4) به عنوان فاکتور دوم، بود.

[1] اداره کل هواشناسی سیستان و بلوچستان، ۱۴۰۰

جدول ۱- میانگین شاخص های آب و هوایی سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹

ماه	میانگین درجه حرارت (سانتی‌گراد)	بارندگی (میلی‌متر)	سرعت باد (متر بر ثانیه)
	۱۴۰۰ – ۱۳۹۹	۱۴۰۰ - ۱۳۹۹	۱۴۰۰ – ۱۳۹۹
فروردین	۲۳٫۵	۵	٦٫٦
اردیبهشت	۲۸٫٦	۰٫۷	۷٫٦
خرداد	۳۲٫۸	۰	۹٫۳
تیر	۳٤٫٦	۰	۱۰٫٤
مرداد	۳۲٫۹	۰	۱۰٫۲
شهریور	۲۸٫۳	۰	۹
مهر	۲۲	۱٫۷	۷٫٦
آبان	۱۵٫۳	۲٫۳	٦٫۳
آذر	۱۰	۷٫٤	۵٫۸
دی	۸٫٦	۱٤٫٤	۵٫۹
بهمن	۱۱٫۳	۱۳٫۹	٦٫۵
اسفند	۱٦٫۸	۱۵٫٦	٦٫۲

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

ویژگی‌های شیمیایی خاک		ویژگی‌های فیزیکی خاک	
نام شاخص	مقدار شاخص	نام شاخص	مقدار شاخص
pH	۷٫۷	درصد رس	۱٤
EC (ds/m)	۸٫۱	درصد سیلت	۱٦
کلسیم (ppm)	۱۱٫۳	درصد شن	۷۰
پتاسیم(ppm)	۲٤۱	بافت خاک	
نیتروژن (ppm)	٤٫۸۳	لوم – شنی	
فسفر(ppm)	۵٫۲		

کاشت در اوایل بهار به‌صورت دستی با فاصله بین ردیف ۷۵ سانتی متر انجام شد. بذرها از جهاد کشاورزی زهک سیستان و قارچ مایکوریزا از مرکز تحقیقات کشاورزی کرج تهیه گردید. مایع تلقیح مطابق دستور العمل شرکت تولیدی، آماده شد. محلول اسید هیومیک از شرکت خصوصی تهیه، و مطابق دستورالعمل، محلول ساخته شده و محلول‌پاشی با دستگاه محلول‌پاش صورت گرفت. عملیات داشت مطابق عرف منطقه

جدول ۳- تیمارهای آزمایش

تیمارها		علامت اختصاری
قارچ مایکوریزا (M)	عدم تلقیح (شاهد)	M1
	Glumus mossea	M2
	Glumus etanicatum	M3
محلول پاشی اسید هیومیک(S)	هر هفته یکبار	S1
	دو هفته یکبار	S2
	سه هفته یکبار	S3
	چهار هفته یکبار	S4

اعمال شد. برای اندازه‌گیری درصد اسانس، مقدار مورد نیاز نمونه برای تجزیه (حدود ۱۰۰ گرم) از کاسبرگ تازه برداشت شده در هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب شد و درون پاکت قرار گرفت. پس از نامگذاری جهت آنالیز به آزمایشگاه ارسال گردید.

برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم فزار آماری SAS استفاده گردید و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شد. برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

تعداد قوزه در بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایش (جدول ٤) حاکی از تأثیر معنادار محلول‌پاشی اسید هیومیک بر تعداد قوزه در بوته در سطح آماری پنج درصد بود؛ به‌طوری که به لحاظ عددی بیشترین تعداد قوزه در بوته (٤۹٫۳۳) در تیمار هر دو هفته یکبار محلول‌پاشی با اسیدهیومیک و کمترین تعداد قوزه در بوته (٤۲٫۸۸) مربوط به تیمار هر چهار هفته یکبار محلول‌پاشی بود؛ با این وجود، تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای S1، S2 و S3 وجود نداشت (شکل ۱). محققان بیان کردند که اسید هیومیک و اسید فولیک با کلات کردن عناصر ضروری سبب افزایش جذب عناصر، باروری خاک و افزایش تولید گیاهان می‌شود (Vaughan and Linehan, 1976).

وزن تر یک قوزه

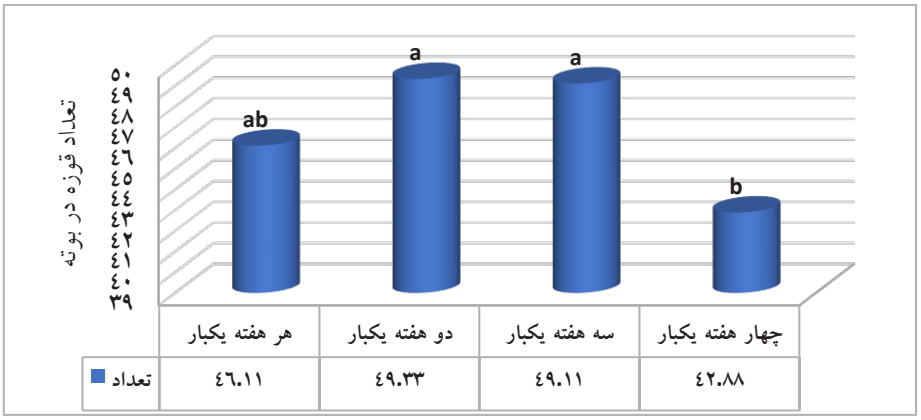
نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان داد که اثر قارچ مایکوریزا بر وزن تر یک قوزه از لحاظ آماری در سطح پنج درصد معنادار بود (جدول ٤). مقایسه میانگین‌ها نشان داد

جدول ٤- تجزیه واریانس صفات چای ترش تحت تأثیر سطوح مختلف قارچ مایکوریزا و اسید هیومیک

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		تعداد قوزه در بوته	وزن تر یک قوزه	وزن تر کاسبرگ‌ها در بوته	وزن خشک کاسبرگ‌ها در بوته	درصد اسانس
بلوک	٢	٤٢٫١٩^{ns}	٠٫٧٨٣^{ns}	٦٠١٫٨^{ns}	٢٫٣٤^{ns}	٤٫٨٤^{ns}
قارچ مایکوریزا (A)	٢	٩٫٥٢^{ns}	١٫١٦٦*	٢٣٠٠٫٦*	١٧٫٧٨*	١٧٫٩٩*
اسید هیومیک (B)	٣	٨٢٫٥٤*	١٫١٢٧*	٤٨١٥٫٨**	٥٨٫٢٩**	٤٦٫٩٨**
A×B	٦	١٨٫١٥^{ns}	١٫٩٧٦**	١٧٦٤٫٥**	٣٨٫٣٥**	٣٧٫٧٣**
خطا	٢٢	٢٣٫٢٨	٠٫٣١٦	٤٠٩٫٨	٤٫٧٨	٥٫٣٣
C.V %	-	١٠٫٢٩	٥٫٧٧	١٠٫١٨	٧٫٢٩	٤٫٨٤

ns: غیر معنادار

*و **: به ترتیب معنادار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

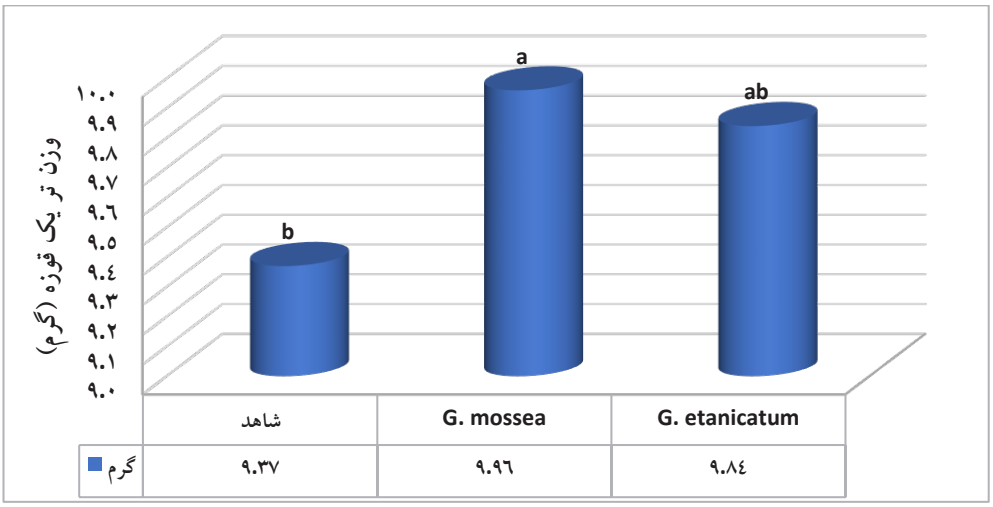


شکل ١- مقایسه میانگین‌های تعداد قوزه در بوته تحت تأثیر اسید هیومیک

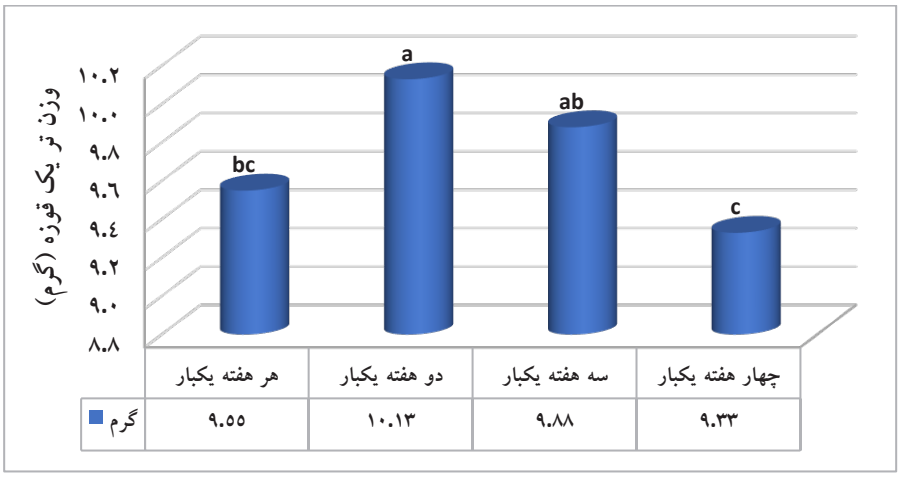
که بیشترین وزن تر یک قوزه، ٩٫٩٦ و ٩٫٨٤ گرم به ترتیب متعلق به تیمار تلقیح با قارچ‌های مایکوریزا (*G. mossea*) و *G. etanicatum* بود و کمترین وزن تر یک قوزه (٩٫٣٧ گرم) نیز متعلق به تیمار شاهد بود (شکل ٢). گزارش شده است که قارچ‌های مایکوریزا با تولید هورمون‌های رشد به ویژه جیبرلین، باعث افزایش معنادار قطر طبق، وزن خشک اندام‌های هوایی و عملکرد گیاه گلرنگ می‌شود (Omidi *et al*., 2014). از سوی دیگر، پتانسیل قارچ‌های مایکوریزا در افزایش تحمل گیاه در شرایط تنش غیر زنده در مدت زمان طولانی شناخته شده است (Smith and Read, 2008) و کاربرد آنها در سیستم‌های کشاورزی پایدار برای کیفیت خاک و تولیدات زراعی در شرایط آب و هوایی سخت، اهمیت فوق العاده‌ای دارد (Lal, 2009).

نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایش (جدول ٤) حاکی از تأثیر معنادار محلول‌پاشی اسید هیومیک بر وزن تر یک قوزه در سطح آماری پنج درصد است. بیشترین وزن تر یک قوزه (١٠٫١٣ گرم) در تیمار هر دو هفته یکبار محلول‌پاشی با اسیدهیومیک و کمترین وزن تر یک قوزه (٩٫٣٣ گرم) مربوط به تیمار هر چهار هفته یکبار محلول‌پاشی بود. با این وجود، به لحاظ آماری تفاوت معنی داری بین تیمارهای S2 و S3 وجود نداشت (شکل ٣).

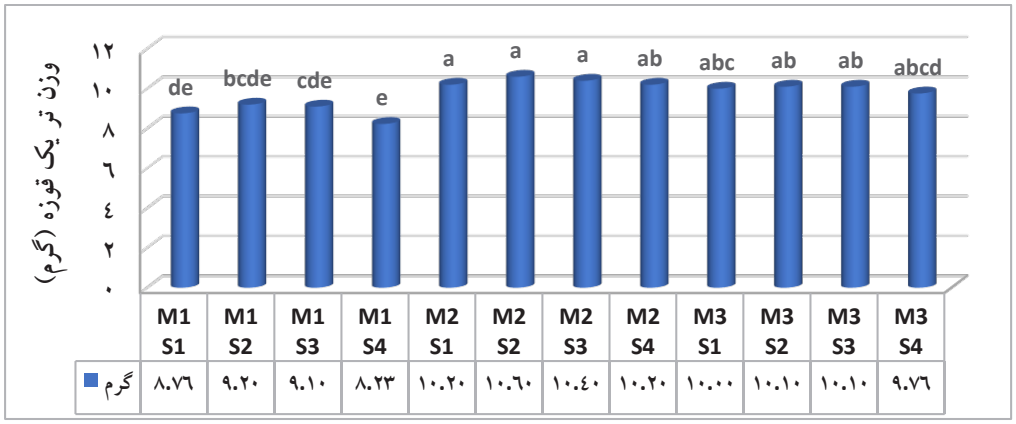
مقایسه میانگین اثر متقابل قارچ مایکوریزا و اسید هیومیک بر وزن تر یک قوزه از نظر آماری در سطح یک درصد معنادار شد (جدول ٤)؛ به‌طوری‌که بالاترین وزن تر یک قوزه (١٠٫٥٦ گرم) از تیمار تلقیح قارچ مایکوریزا (*G. mossea*) به همراه هر چهار هفته یکبار محلول‌پاشی به دست آمد (شکل ٤). با توجه به



شکل۲-مقایسه میانگین‌های وزن تر یک قوزه تحت تأثیر مایکوریزا



شکل۳- مقایسه میانگین‌های وزن تر یک قوزه تحت تأثیر اسید هیومیک



شکل٤- مقایسه میانگین اثر متقابل قارچ مایکوریزا و اسید هیومیک بر وزن تر یک قوزه

شکل ٤، کاربرد هر کدام از سویه‌های مایکوریزا، سبب افزایش وزن تر یک قوزه شده است.

وزن تر کاسبرگ‌ها در بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان داد که اثر قارچ مایکوریزا بر وزن تر کاسبرگ‌ها از لحاظ آماری در سطح پنج درصد معنادار بود (جدول ٤). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین وزن تر کاسبرگ در بوته (٢١٢٫٨١ گرم) متعلق به مصرف قارچ مایکوریزا (*G. mossea*) بود؛ با این وجود، به لحاظ آماری کاربرد هر دو سویه مایکوریزا تأثیر مثبت و معنی‌داری داشته است. کمترین وزن تر کاسبرگ (١٨٥٫١٣ گرم) نیز متعلق به تیمار شاهد بود (شکل ٥).

نتایج آزمایشی در رابطه با تأثیر کودهای زیستی بر افزایش رشد و عملکرد رازیانه نشان داد که همزیستی ریشه رازیانه با دو گونه قارچ VAM[2] به طور معناداری سبب بهبود عملکرد و اجزاء عملکرد شد (Evelin *et al.*, 2009).

امروزه اعتقاد بر این است که اثر متقابل ریشه‌های گیاه و مایکوریزا، عاملی مهم در جذب فسفر توسط گیاه به ویژه در سیستم‌های ارگانیک است؛ به عنوان مثال در گیاه دارویی سیاه دانه، تیمار ترکیبی آزوسپریلیوم و مایکوریزا در افزایش صفات مورد مطالعه، بیشترین تأثیر را داشت (Khorramdel *et al.*, 2008).

نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایش (جدول ٤) حاکی از تأثیر معنادار محلول‌پاشی اسید هیومیک بر وزن تر کاسبرگ‌ها در سطح آماری یک درصد است؛ به‌طوری‌که بیشترین وزن تر کاسبرگ در بوته در تیمارهای هر دو هفته یکبار و هر سه هفته یکبار محلول‌پاشی با اسیدهیومیک و به ترتیب با مقادیر ٢٢٢٫٨٧ و ٢١٢٫٦٣ گرم بود. کمترین وزن تر کاسبرگ (١٧٢٫٤٥ گرم) مربوط به تیمار هر چهار هفته یکبار محلول‌پاشی بود که به لحاظ آماری با تیمار هر هفته یکبار محلول‌پاشی تفاوت معنی‌دار نداشت (شکل ٦).

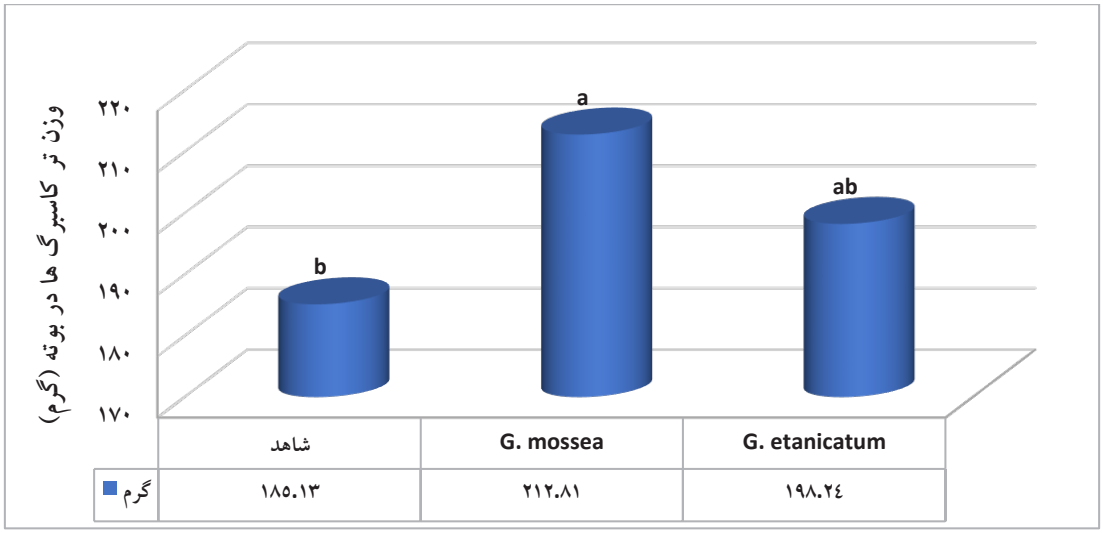
مقایسه میانگین اثر متقابل قارچ مایکوریزا و اسید هیومیک بر وزن تر کاسبرگ‌ها از نظر آماری در سطح یک درصد معنادار شد (جدول ٤). به‌طوری‌که بالاترین وزن تر کاسبرگ‌ها در تیمارهای حاوی تلقیح با مایکوریزا دیده شد (شکل ٧).

درصد اسانس

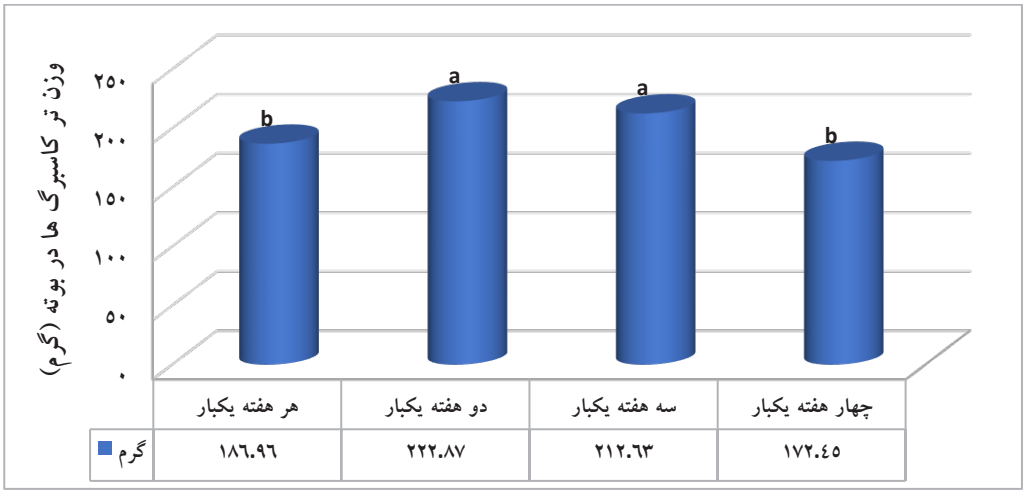
نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان داد که اثر قارچ مایکوریزا بر درصد اسانس از لحاظ آماری در سطح پنج درصد معنادار بود (جدول ٤). همچنین مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین درصد اسانس (٤٨٫٧٩) متعلق به مصرف قارچ مایکوریزا (*G. mossea*) و کمترین درصد اسانس (٤٦٫٣٥) نیز متعلق به تیمار شاهد بود (شکل ٨).

گونه‌های قارچ *G. fasciculatum* و *G. macrocarpum*،

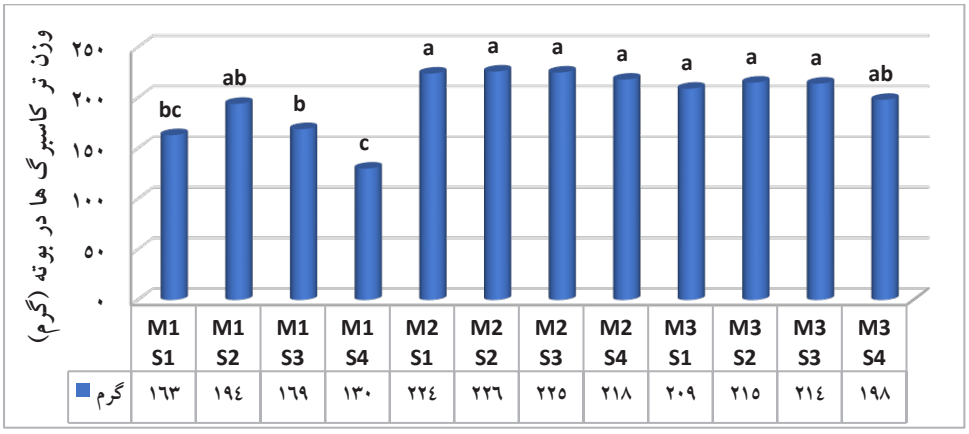
[2] *vascular arbusco mycoriza*



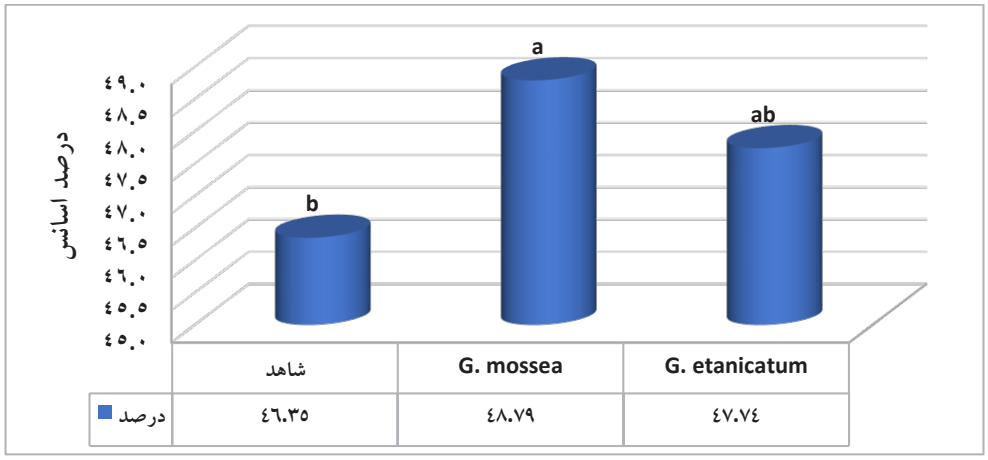
شکل٥-مقایسه میانگین‌های وزن تر کاسبرگ‌ها در بوته تحت تأثیر مایکوریزا



شکل٦-مقایسه میانگین‌های وزن تر کاسبرگ‌ها در بوته تحت تأثیر اسید هیومیک



شکل۷- مقایسه میانگین اثر متقابل قارچ مایکوریزا و اسید هیومیک بر وزن تر کاسبرگ‌ها در بوته



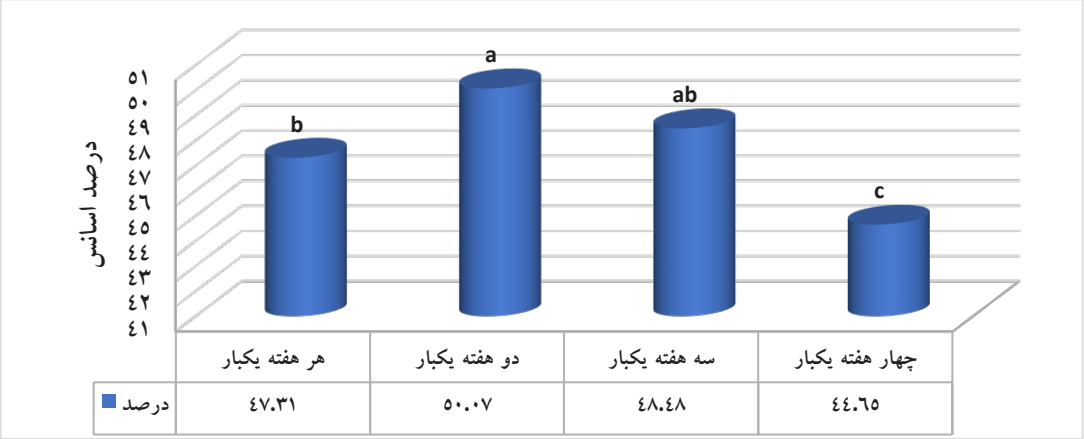
شکل۸- مقایسه میانگین‌های درصد اسانس تحت تأثیر مایکوریزا

میزان فسفر، منگنز و آهن را در اندام هوایی گیاه دارویی درمنه افزایش دادند و با توسعه شاخ و برگ سبب افزایش اسانس شدندس (Chaudhary *et al.*, 2008). نتایج تحقیقی دیگر نشان داد که قارچ مایکوریزا (*G. mosseae*) سبب افزایش بازده اسانس در گیاه دارویی پونه شد (Khaosaad *et al.*, 2006).

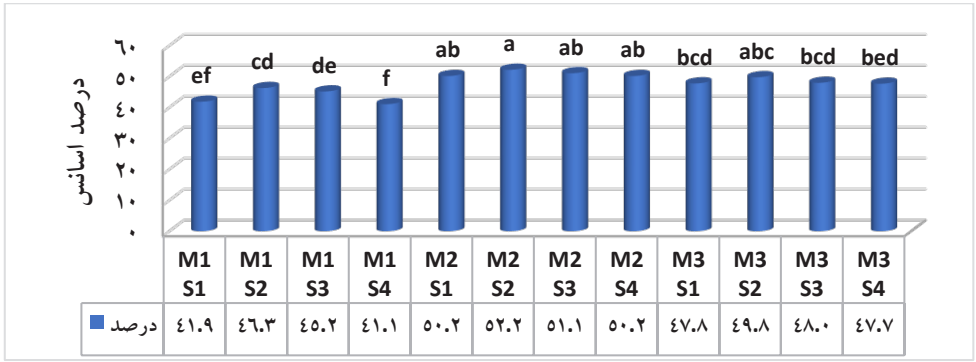
نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایش (جدول ٤) حاکی از تأثیر معنادار محلول‌پاشی اسید هیومیک بر درصد اسانس در سطح آماری یک درصد است؛ به‌طوری‌که بیشترین درصد اسانس (٥٠٫٠٧) در تیمار هر دو هفته یکبار محلول‌پاشی با اسید هیومیک و کمترین درصد اسانس (٤٤٫٦٥) مربوط به تیمار هر چهار هفته یکبار محلول‌پاشی بود (شکل ٩). کاربرد کودهای آلی باعث افزایش ویژگی‌های کمی و کیفی محصول می‌شود.

مقایسه میانگین اثر متقابل قارچ مایکوریزا و اسید هیومیک بر درصد اسانس از نظر آماری در سطح یک درصد معنادار شد (جدول ٤). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها در شکل ١٠ آمده است.

همانطور که در جدول همبستگی صفات چای ترش مشاهده می‌شود (جدول٥) بین تعداد شاخه فرعی با وزن تر یک قوزه همبستگی مثبت و معناداری وجود داشت. همچنین همبستگی مثبت و معناداری بین وزن خشک بوته، تعداد قوزه در بوته، وزن تر کاسبرگ‌ها در بوته، وزن خشک کاسبرگ‌ها در بوته و درصد اسانس وجود داشت. علاوه بر این، بین عملکرد بیولوژیک با وزن تر کاسبرگ‌ها در بوته و وزن خشک کاسبرگ‌ها در بوته نیز همبستگی مثبت و معناداری مشاهده شد. ضمن اینکه همبستگی مثبت و معناداری بین تعداد قوزه در بوته با وزن تر کاسبرگ‌ها در بوته و وزن خشک کاسبرگ‌ها در بوته هم نشان داده شد. همبستگی مثبت و معناداری نیز بین وزن تر کاسبرگ‌ها در بوته با وزن خشک کاسبرگ‌ها در بوته و درصد اسانس وجود داشت. احتمالاً افزایش تعداد شاخه فرعی، باعث افزایش رشد سبزینه‌ای گیاه و فتوسنتز، و در نهایت با تولید مواد فتوسنتزی بیشتر منجر



شکل٩- مقایسه میانگین‌های درصد اسانس تحت تأثیر اسید هیومیک



شکل١٠- مقایسه میانگین اثر متقابل قارچ مایکوریزا و اسید هیومیک بر درصد اسانس

جدول ۵- همبستگی صفات چای ترش تحت تأثیر سطوح مختلف قارچ مایکوریزا و اسید هیومیک

صفات	۱- ارتفاع بوته	۲- تعداد شاخه فرعی	۳- وزن خشک بوته	٤- عملکرد بیولوژیک	٥- تعداد قوزه در بوته	٦- وزن تر یک قوزه	۷- وزن تر کاسبرگ‌ها در بوته	۸- وزن خشک کاسبرگ‌ها در بوته	۹- درصد اسانس
۱-	۱								
۲-	۰٫۰٥٤^{ns}	۱							
۳-	۰٫۱٤۱^{ns}	-۰٫۱۹۷^{ns}	۱						
٤-	-۰٫۲۰٦^{ns}	۰٫۰۱٥^{ns}	۰٫٤٥۳**	۱					
٥-	۰٫۲۷۷^{ns}	-۰٫۱٥۷^{ns}	۰٫٦۷۳**	۰٫۲۷۰^{ns}	۱				
٦-	-۰٫۱۲۱^{ns}	۰٫٦۹٦**	-۰٫۲٥۳^{ns}	۰٫۰۱۹^{ns}	-۰٫۰٥۳^{ns}	۱			
۷-	۰٫۰۹٤^{ns}	-۰٫۲٤٦^{ns}	۰٫۸۰۱**	۰٫۳۸٥**	۰٫٥۳۹**	-۰٫۳۲۱^{ns}	۱		
۸-	۰٫۱۸۰^{ns}	-۰٫۱۸۰^{ns}	۰٫۸۲۷**	۰٫٤۲۰*	۰٫٥۷۱**	-۰٫۲۱۹^{ns}	۰٫۸۱۲**	۱	
۹-	۰٫۱۸۲^{ns}	-۰٫۱۲۹^{ns}	۰٫۳۸۲*	۰٫۳۲٤^{ns}	۰٫۲٤۳^{ns}	-۰٫۱۸۰^{ns}	۰٫٤۳۳**	۰٫۳۹٥^{ns}	۱

به افزایش وزن خشک بوته شده است. مواد فتوسنتزی تولید شده در دوره رشد رویشی نیز توانسته است از طریق تأثیر بر اجزای عملکرد در دوره رشد زایشی، منجر به افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گیاه چای ترش همچون تعداد قوزه در بوته، وزن تر یک قوزه، وزن تر کاسبرگ‌ها در بوته، وزن خشک کاسبرگ‌ها در بوته و درصد اسانس شود.

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج این تحقیق نشان می‌دهد اعمال تیمارهای قارچ مایکوریزا و اسید هیومیک موجب تغییرات فیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی معنادار در گیاه چای ترش شد؛ اما اغلب اثر معناداری بر عمده صفات مورفولوژیکی نداشت. این در حالی است که میزان اسانس با اعمال تیمارهای مایکوریزایی افزایش یافت و محلول‌پاشی به عنوان عامل دفاعی در برابر تنش کم آبی باعث تقلیل اثر منفی تنش خشکی بر درصد اسانس چای ترش شد.

در این مطالعه بیشترین درصد اسانس (٤۸٫۷۹) متعلق به مصرف قارچ مایکوریزا (*G. mossea*) و کمترین درصد اسانس (٤٦٫۳٥) نیز متعلق به تیمار شاهد بود. از سوی دیگر، استفاده از محلول‌پاشی هیومیک اسید تأثیر معناداری داشت؛ به‌طوری‌که بالاترین درصد اسانس (٥۲٫۱۸ درصد) از تیمار مصرف قارچ مایکوریزا (*G. mossea*) به همراه هر چهار هفته یکبار محلول‌پاشی به دست آمد. بنابراین در شرایط تنش کم آبی برای حفظ و ثبات عملکرد کمی و کیفی ماده موثره گیاه دارویی چای ترش، در شرایط اقلیمی گرم و خشک منطقه سیستان، پیشنهاد می‌شود کاربرد کودهای زیستی در برنامه‌ریزی‌های زراعی و ترویجی در سیستان و مناطق مشابه، مورد توجه قرار گیرد.

References

Babaei K, Moghaddam M, Farhadi N, Chasemi Pirbalouti A. 2021. Morphological, physiological and and phytochemical responses of mexican marigold (*Tagetes minuta* L.) to drought stress. Scientia Horticulturae 284: 110116.

Bakhtiar A, Khaghani S, Ghasemi Pirbalouti A, Gomarian M, Chavoshi S. 2021. Essential oil variation among different populations of *Ziziphora tenuior* L. cultivated at semiarid climate. Journal of Essential Oil Research 33 (4): 385-393.

Chaudhary V, Kapoor R, Bhatnagar AK. 2008. Effectiveness of two arbuscular mycorrhizal fungi on concentrations of essential oil and artemisinin in three accessions of *Artemisia annua* L. Applied Soil Ecology 40 (1): 174-181.

Evelin H, Kapoor R, Giri B. 2009. Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of salt stress: a review. Annals of Botany 104 (7): 1263-1280.

Jahani F, Tohidi-Moghadam HR, Larijani HR, Ghooshchi F, Oveysi M. 2021. Influence of zinc and salicylic acid foliar application on total chlorophyll, phenolic components, yield and essential oil composition of peppermint (*Mentha piperita* L.) under drought stress condition. Arabian Journal of Geosciences 14: 1-12.

Khaosaad T, Vierheilig H, Nell M, Zitterl-Eglseer K, Novak J. 2006. Arbuscular mycorrhiza alter the concentration of essential oils in oregano (*Origanum* sp., Lamiaceae). Mycorrhiza 16: 443-446.

Khorramdel S, Koocheki A, Nasiri Mahalati M, Ghorbani R. 2008. Application effects of biofertilizers on the growth

indices of black cumin (*Nigella sativa* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 6 (2): 285-294.

Lal R. 2009. Soil degradation as a reason for inadequate human nutrition. Food Security 1: 45-57.

Omidi A, Mirzakhani M, Ardakani MR. 2014. Response of safflower yield and yield components to inoculation with azotobacter and mycorrhiza in Arak region. New Finding in Agriculture 8 (2): 99-111.

Rasool A, Bhat KM, Sheikh AA, Jan A, Hassan S. 2020. Medicinal plants: Role, distribution and future. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 9 (2): 2111-2114.

Samany SMA, Ghasemi Pirbalouti A, Malekpoor F. 2022. Phytochemical and morpho-physiological changes of hyssop in response to chitosan-spraying under different levels of irrigation. Industrial Crops and Products 176: 114330.

Smith SE, Read DJ. 2008. Mycorrhizal symbiosis. 3rd Edn, Academic Press, London.

Sodaiizadeh H, Shamsaie M, Tajamoliyan M, Mirmohammady Maibody AM, Hakimzadeh MA. 2016. The effects of water stress on some morphological and physiological characteristics of satureja hortensis. Plant Process and Function 5 (15): 1-12.

Vaughan D, Linehan DJ. 1976. The growth of wheat plants in humic acid solutions under axenic conditions. Plant and Soil 44: 445-449.

Zardak SG, Dehnavi MM, Salehi A, Gholamhoseini M. 2018. Effects of using arbuscular mycorrhizal fungi to alleviate drought stress on the physiological traits and essential oil yield of fennel. Rhizosphere 6: 31-38.

Zulfiqar F, Ashraf M. 2021. Bioregulators: unlocking their potential role in regulation of the plant oxidative defense system. Plant Molecular Biology 105: 11-41.