Vol. 7, No. 1, Spring & Summer, 2026, p. 163-172

Plant Production and Genetics

https://doi.org/10.22034/PLANT.2026.145610.1196

Effect of vermicompost and zeolite on the morphological traits, yield, and fatty acids of *Cucurbita pepo* var. Styrica

Neda Mohammadi[1], Shiva Khalesro[*1]

1. Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran
[*]Corresponding Author Email: sh.khalesro@uok.ac.ir

Abstract

Introduction: *Cucurbita pepo* is a valuable medicinal plant. It is an annual herbaceous plant belonging to the cucurbitaceae family. Seeds contain different biological substances included fixed oil, carbohydrates, proteins, nutrients and vitamins. This plant has high importance due to its oil included unsaturated fatty acids such as linoleic and oleic acids. Exogenous application of eco-friendly inputs in sustainable systems was thought to be an ecological strategy for producing high-quality medicinal plant products and increasing yield stability. Thus, this research aims to assess the effects of vermicompost and zeolite, as natural inputs, on quantitative and qualitative traits of *Cucurbita pepo* in sustainable agricultural systems.

Materials and Methods: This experiment was conducted at the Research Farm of the Kurdistan University in 2020. The experiment with a full factorial layout was conducted using a randomized complete block design with three replications. The experimental treatments included three vermicompost rates (0, 5, and 10 ton/ha) and three zeolite rates (0, 4, and 8 ton/ha). Morphological traits, fruit and grain yield, oil percentage and yield, and fatty acids were assessed. Agronomic traits included fruit diameter, grain number per fruit, and 1000-grain weight were randomly measured from five plants at full maturity in each plot. The fruit and grain yield were calculated based on a 6 m^2 harvested area in the middle rows. To get the fixed oil out of *Cucurbita pepo*, the Soxhlet extraction method with n-hexane was used. Then fatty acid methyl esters were prepared for analysis by gas chromatography.

Results: The results showed that the vermicompost and zeolite application significantly increased fruit diameter, seed number per fruit, 1000 seed weight, fruit yield and grain yield. The utilization of 10 tons vermicompost ha^{-1} enhanced fruit and grain yield by 25.23%, and 9.47% compared to control treatment, respectively. It can be said that, vermicompost is an organic-rich source of macro- and micro-nutrients, and plant growth regulators which may boost plant growth and biomass by facilitating nutrient absorption over the growing season according to plant requirements. Also, zeolite application (8 ton/ha) increased fruit and grain yield by 17.95%, and 9.86% in compared to the control treatment, respectively. The small molecular size of the open-ringed structure can physically protect NH_4^+ ions against microbial nitrification. So, it seems that increasing nitrogen, phosphorus, and potassium uptake helped pumpkin yield. Vermicompost and zeolite affect the oil percentage and yield, too. The highest rate of vermicompost (10 ton/ha) enhanced oleic and linoleic acids by 26.3 and 28.6 percentage compared to control, respectively. The third rate of zeolite (8 ton/ha) increased oleic and linoleic acids by 16.1%, and 9.1% compared to the control treatment, respectively. While, the highest values of saturated fatty acids included stearic and palmitic acids belonged to the control treatment. It can be said that, organic inputs can affect soil biochemical characteristics and nutrients uptake by plants. It may have influenced the enzymes and genes involved in the biosynthesis of fatty acids.

Conclusion: Overall, it is suggested that farmers incorporate vermicompost and zeolite, as natural inputs, to improve yield and fatty acids quality of *cucurbita pepo* in sustainable agricultural systems

Keywords: Medicinal plant, Oil yield, Oleic acid, Organic input, Sustainable agriculture

Received: 04-03-2026 **Accepted**: 25-04-2026

Citation: Mohammadi, N., & Khalesro, Sh. (2026). Effect of vermicompost and zeolite on the morphological traits, yield, and fatty acids of *Cucurbita pepo* var. Styrica. *Plant Production and Genetics*, *7*(1),163-172. https://doi.org/10.22034/PLANT.2026.145610.1196

Copyrights:
Copyrights rights for this article is retained by the author (s), with publication rights granted to Plant Production and Genetics. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

تولید و ژنتیک گیاهی

https://doi.org/10.22034/PLANT.2026.145610.1196

اثر ورمی‌کمپوست و زئولیت بر خصوصیات مورفولوژیک، عملکرد و اسیدهای چرب کدو پوست کاغذی (*Cucurbita pepo* var. Styrica)

ندا محمدی [۱]، شیوا خالص رو*[۱]

۱. گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

*ایمیل نویسنده مسئول: sh.khalesro@uok.ac.ir

چکیده

مقدمه: کدو پوست کاغذی یکی از گیاهان دارویی ارزشمند است که یکساله، علفی و متعلق به تیره کدوئیان می‌باشد. دانه‌های این گیاه حاوی ترکیبات مختلف از جمله روغن‌ها، کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، عناصر معدنی و ویتامین‌ها هستند. اهمیت این گیاه، بیشتر به‌دلیل روغن حاصل از دانه آن می‌باشد که حاوی اسیدهای چرب غیر اشباعی مانند لینولئیک اسید و اولئیک اسید است. کاربرد نهاده‌های دوستدار محیط زیست در قالب سیستم کشاورزی پایدار، می‌تواند علاوه بر بهبود کیفیت محصولات گیاهان دارویی، راهکاری کلیدی در راستای حفظ اصول اکولوژیک و پایداری عملکرد باشد. بنابراین در این پژوهش تاثیر نهاده‌های با منشا طبیعی شامل ورمی‌کمپوست و زئولیت بر خصوصیات کمی و کیفی کدو پوست کاغذی در سیستم کشاورزی پایدار مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کردستان در سال ۱۳۹۸ اجرا شد. فاکتورها شامل ورمی‌کمپوست در سه سطح (۰، ۵ و ۱۰ تن در هکتار) و زئولیت کلینوپتیلولایت در سه سطح (۰، ۴ و ۸ تن در هکتار) بودند. در این پژوهش، خصوصیات مورفولوژیک، عملکرد میوه و دانه، درصد و عملکرد روغن و اسیدهای چرب روغن مورد بررسی قرار گرفتند. برای ارزیابی صفات زراعی از قبیل قطر میوه، تعداد دانه در میوه و وزن هزار دانه از هرکرت پنج بوته تصادفی انتخاب شد و مورد بررسی قرار گرفتند. جهت محاسبه عملکرد میوه و دانه، با حذف اثر حاشیه مساحتی معادل شش مترمربع از ردیف‌های میانی هر کرت برداشت شد. روغن دانه به روش سوکسله استخراج گردید و با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی، آنالیز اسیدهای چرب صورت گرفت.

نتایج: نتایج نشان داد کاربرد ورمی‌کمپوست و زئولیت موجب افزایش معنی‌دار قطر میوه، تعداد دانه در میوه، وزن هزار دانه، عملکرد میوه و عملکرد دانه شد. به‌طوری که بیشترین عملکرد میوه و دانه متعلق به کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست بود که میزان این صفات را در مقایسه با تیمار شاهد به‌ترتیب ۲۵/۲۳ و ۹/۴۷ درصد افزایش داد. می‌توان گفت ورمی‌کمپوست منبعی غنی از عناصر پرمصرف و ریزمغذی ها و هورمون‌های محرک رشد است که با افزایش قابلیت دسترسی به‌عناصر غذایی در زمان نیاز گیاه، موجب بهبود رشد و عملکرد گیاه می گردد. کاربرد ۸ تن در هکتار زئولیت نیز عملکرد دانه و میوه را به‌ترتیب ۱۷/۹۵ و ۹/۸۶ درصد نسبت به‌تیمار شاهد افزایش داد. زئولیت به‌دلیل ساختار فیزیکی خود نقش موثری در نگهداری نیتروژن و جلوگیری از تلفات NH_4^+ دارد. به‌عبارت دیگر این کانی به واسطه افزایش جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم می‌تواند عملکرد کدوی پوست کاغذی را افزایش دهد. علاوه‌بر این درصد و عملکرد روغن تحت تاثیر ورمی‌کمپوست و زئولیت قرار گرفت. کاربرد سطح سوم ورمی‌کمپوست (۱۰ تن در هکتار)، اولئیک اسید و لینولئیک اسید را نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ۲۶/۳ و ۲۸/۶ درصد افزایش داد. با کاربرد سطح سوم زئولیت (۸ تن در هکتار) نیز مقادیر اولئیک و لینولئیک اسید در مقایسه با تیمار شاهد به‌ترتیب ۱۶/۱ و ۹/۱ درصد افزایش یافت. در حالی که بیشترین مقادیر اسیدهای چرب اشباع از جمله اسید استئاریک و اسید پالمتیک متعلق به تیمار شاهد بود. می‌توان گفت نهاده‌های آلی بر جذب عناصر و ویژگی‌های بیوشیمیایی گیاهان تاثیر می‌گذارند و این امر، فعالیت آنزیم‌ها و ژن‌های دخیل در سنتز اسیدهای چرب را تحت تاثیر قرار می‌دهد.

نتیجه‌گیری: بنابراین می‌توان کاربرد ورمی‌کمپوست و زئولیت را به‌عنوان نهاده‌های طبیعی در سیستم کشاورزی پایدار به کشاورزان برای بهبود عملکرد و کیفیت اسیدهای چرب کدو پوست کاغذی پیشنهاد نمود.

کلید واژگان: اسید اولئیک، عملکرد روغن، کشاورزی پایدار، گیاه دارویی، نهاده آلی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۲/۱۳ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۵/۰۲/۰۵

منبع: محمدی، ن.، خالص رو، ش. (۱۴۰۵). اثر ورمی‌کمپوست و زئولیت بر خصوصیات مورفولوژیک، عملکرد و اسیدهای چرب کدو پوست کاغذی (*Cucurbita pepo var. Styrica*)، *مجله تولید و ژنتیک گیاهی*، *۷* (۱)، ۱۷۲-۱۶۳. https://doi.org/10.22034/PLANT.2026.145610.1196

CC BY

مقدمه

کاربرد نادرست کودهای شیمیایی در چند دهه اخیر، مشکلات جبران ناپذیری ازجمله تخریب خاک، کاهش تنوع زیستی، آلودگی آب‌های زیرزمینی و کاهش تولید محصولات کشاورزی در بلندمدت را به‌دنبال داشته است. بالارفتن هزینه‌های تولید، کشاورزی رایج را به چالش کشیده و منجر به‌عدم توازن در مواد مغذی خاک و درنتیجه ناپایدارتر شدن وضعیت اکوسیستم‌های خاک، اختلال در محیط زیست ریزوسفر، اسیدی شدن خاک و افزایش فعالیت یون‌های فلزی سنگین در خاک شده است (Lin *et al.*, 2016). با توجه به اثرات مخرب زیست‌محیطی کشاورزی متداول، روز به روز بر اهمیت توجه به کشاورزی جایگزین افزوده می‌شود و توجه به راهکارهایی برای جبران مشکلات مذکور، اجتناب ناپذیر می‌باشد. یکی از راهکارهای اساسی در این زمینه کاربرد نهاده‌های آلی و با منشا طبیعی در سیستم کشاورزی پایدار است (Abbasi *et al.*, 2024). ورمی‌کمپوست یکی از نهاده‌های آلی است که در اثر فعالیت بیولوژیک کرم خاکی، از تبدیل زباله‌های آلی به مواد آلی با ارزش به‌وجود می‌آید و تأثیر مثبتی بر باروری و حاصل‌خیزی خاک دارد (Jabeen & Ahmad, 2019). این کود آلی دارای عناصر پرمصرف و کم‌مصرف، انواع ویتامین‌ها و هورمون‌های محرک رشد و آنزیم‌هایی مانند پروتئاز، آمیلاز، لیپاز، سلولاز و کینیتاز است که در تجزیه‌ی مواد آلی خاک و درنتیجه، در دسترس قرار دادن عناصرغذایی مورد نیاز گیاهان نقش بسزایی دارد (Aranchon *et al.*, 2017). به‌علاوه به‌دلیل تخلخل زیاد، تهویه و زهکشی، دارای توانایی بالا در جذب و نگهداری آب و آزاد سازی عناصر به‌صورت تدریجی است. بنابراین با کاربرد ورمی‌کمپوست، هدررفت عناصر کاهش می‌یابد و درنتیجه جمعیت میکروبی و فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک افزایش می‌یابد که این امر سبب بهبود عملکرد گیاهان می‌گردد (Bhat *et al.*, 2018). نتایج تحقیقات گذشته حاکی از تاثیر مثبت ورمی‌کمپوست بر رشد و عملکرد گیاهان دارویی مختلف از جمله ریحان (*Ocimum basilicum* L.)، زعفران (*Crocus sativus* L.) و گاوزبان (*Borago officinalis* L.) است (Celikcan et *al.*, 2021; Jami *et al.*, 2021; Abbasi *et al.*, 2024).

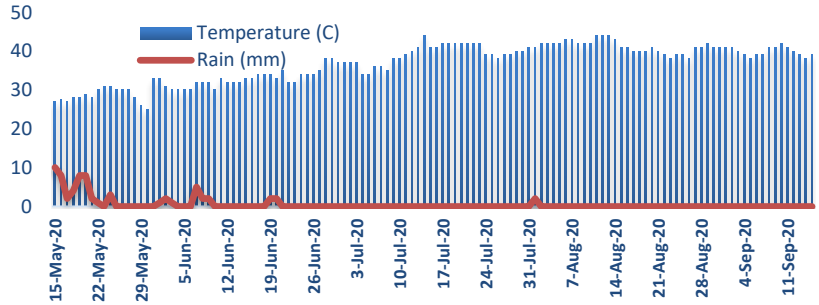
یکی دیگر از مشکلات اساسی که اکوسیستم‌های کشاورزی ایران و جهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد، کمبود آب می‌باشد. زئولیت یک ماده معدنی متشکل از آلومینوسیلیکات است. کلینوپتیلولایت مهم‌ترین نوع زئولیت طبیعی است که در کشاورزی کاربرد دارد و توانایی بالایی در جذب و ذخیره آب دارد و رطوبت خاک را برای مدت بیشتری حفظ کرده و در اختیار گیاه قرار می‌دهد (Tsintskaladze *et al.*, 2016). زئولیت به‌دلیل داشتن ویژگی‌هایی از جمله سطح ویژه و ظرفیت تبادل کاتیونی بالا، هزینه کم و دسترسی فراوان می‌تواند علاوه بر بهبود شرایط خاک و نقش اصلاح‌کنندگی، موجب بهبود رشد گیاه شود (Bybordi *et al.*, 2017). پژوهش‌های قبلی نشان می‌دهد کاربرد زئولیت موجب بهبود خصوصیات مورفولوژیک و عملکرد گیاهان دارویی از جمله اسطوخدوس (*Lavandula angustifolia* L.) و سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) شده است (HabibiSharafabad *et al.*, 2022; Rahmani *et al.*, 2023).

کدو پوست کاغذی (*Cucurbita pepo* var. styrica) یکی از گیاهان دارویی علفی، یکساله و متعلق به تیره‌ی کدوئیان است. از مهم‌ترین ویژگی‌های این گیاه داشتن دانه‌های فاقد پوست می‌باشد (Achilonu *et al.*, 2016). دانه‌های آن حاوی ترکیبات مختلف از قبیل روغن‌ها، پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها، عناصر ریزمغذی و ویتامین‌ها هستند و به‌صورت خوراکی یا به‌عنوان منبع روغن گیاهی در بسیاری از مناطق جهان مصرف می‌شود. روغن این گیاه دارای اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع مانند لینولئیک اسید، اولئیک اسید و علاوه بر آن فیتواسترول و کارتنوئیدها می‌باشد (Ayyildiz *et al.*, 2019). بالا بودن اسید لینولئیک از مزایای تغذیه‌ای روغن دانه کدو پوست کاغذی عنوان شده است. همچنین توکوفرول‌ها عمده‌ترین آنتی‌اکسیدان‌های لیپوفیل در دانه و روغن حاصل می‌باشند. علاوه بر این دانه‌ها سرشار از مشتقات ویتامین E شامل توکوفرول‌ها و توکوتریانول‌ها می‌باشند. روغن آن برای درمان کرم‌های روده، هیپوتراپی پروستات، التهاب معده و روده، تصلب شرایین، کاهش سطح کلسترول (LDL) و کاهش خطر تشکیل سنگ کلیه و مثانه کاربرد دارد (Sana *et al.*, 2016). امروزه اهمیت کیفیت محصولات کشاورزی به‌ویژه گیاهان دارویی با توجه به نقش آن‌ها در سلامت جامعه، بسیار محرز است. از سوی دیگر رعایت اصول اکولوژیک و حفظ محیط

زیست در فرایند تولید، امری ضروری است. در همین راستا پژوهش حاضر جهت ارزیابی خصوصیات زراعی و کیفیت گیاه دارویی کدو پوست کاغذی تحت تأثیر نهاده‌های طبیعی شامل ورمی‌کمپوست و زئولیت در سیستم کشاورزی پایدار انجام شده است.

مواد و روش‌ها

پژوهش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کردستان با طول و عرض جغرافیایی به‌ترتیب ۴۷ درجه و ۱۸ دقیقه شرقی و ۳۵ درجه و ۱۹ دقیقه شمالی در سال ۱۳۹۸ اجرا گردید.داده‌های هواشناسی محل اجرای آزمایش در شکل ۱ ارائه شده است. قبل از اجرای آزمایش، نمونه برداری از خاک مزرعه آزمایشی انجام شد. به این ترتیب که از مسیر W شکل در طول زمین، نقاطی به‌صورت تصادفی انتخاب شدند. سپس یک گودال به شکل V ایجاد شد و از سطح صاف دیواره آن‌ها به ضخامت پنج سانتی‌متر و به عمق ۳۰ سانتی‌متر برش داده شد؛ در نهایت نمونه‌ها به‌طور کامل مخلوط شدند و یک نمونه مرکب برای ارزیابی خصوصیات فیزیکی وشیمیایی خاک به آزمایشگاه منتقل شد. نتایج آنالیز خاک در جدول ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱ – داده‌های هواشناسی مربوط به محل اجرای آزمایش

جدول ۱- نتایج تجزیه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

پارامتر اندازه‌گیری شده	علامت اختصاری	واحد	مقدار اندازه‌گیری شده
کل اشباع pH	pH	....	۸/۰۱
هدایت الکتریکی	EC	dS/m	۰/۵۸۲
مواد خنثی شونده	TNV	%	۱۷/۵
مواد آلی	$O.C$	%	۰/۷۸
نیتروژن	N	%	۰/۰۸
پتاسیم قابل دسترس	K	ppm	۷۴۰
فسفر قابل دسترس	P	ppm	۴/۶
آهن	Fe	ppm	۵/۳
روی	Zn	ppm	۱/۲
منگنز	Mn	ppm	۸/۲
مس	Cu	ppm	۱/۶۵

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور و سه تکرار انجام شد. فاکتورهای مورد آزمایش شامل ورمی‌کمپوست (V) در سه سطح (۰، ۵ و ۱۰ تن در هکتار) و زئولیت (Z) در سه سطح (۰، ۴ و ۸ تن در هکتار) بودند. برای آماده‌سازی زمین و تهیه بستر کاشت، اوایل بهار عملیات شخم انجام شد و با استفاده از فاروئر، جوی و پشته‌ها ایجاد شدند. هر کرت آزمایشی شامل سه ردیف کشت به طول شش متر با فاصله بین ردیف ۱/۵متر و فاصله‌ی بوته روی ردیف ۴۰ سانتی‌متر بود. بین بلوک ها و کرت‌ها نیز به‌ترتیب دو متر و یک متر فاصله در نظر گرفته شد. قبل از کاشت بذور، ورمی‌کمپوست و زئولیت به‌صورت نواری کنار ردیف‌های کاشت با خاک مخلوط شد.

بذرهای کدو پوست کاغذی از شرکت پاکان بذر اصفهان، ورمی‌کمپوست از شرکت افق‌کمپوست کردستان و زئولیت از شرکت افرندتوسکا تهیه شد. نتایج تجزیه خصوصیات ورمی‌کمپوست در جداول ۲ ارائه شده است. زئولیت دارای ۶۵ درصد SiO_2، ۱۲/۰۲ درصد Al_2O_3، ۱۲/۳ درصد CaO ، ۳ درصد K_2O، ۱/۵ درصد Fe_2O_3، ۱/۰۸ Na_2O، ۰/۰۱ درصد P_2O_5، ۰/۰۴ درصد MnO، ۰/۰۳ درصد TiO_2 بود. عملیات کاشت بذرها در تاریخ ۲۶ اردیبهشت ۱۳۹۸ انجام شد.آبیاری کرت‌ها به روش بارانی و هر هفته یکبار به‌طور منظم انجام شد. عملیات وجین علف‌های هرز به‌صورت دستی و به‌طور منظم در مواقع نیاز انجام شد. عملیات برداشت نیز در تاریخ ۲۵ شهریور ماه ۱۳۹۸ پس از رسیدگی میوه‌ها انجام شد.

برای ارزیابی خصوصیات مورفولوژیک و اجزاء عملکرد کدوی پوست کاغذی، از هر کرت پنج بوته به‌طور تصادفی انتخاب و صفات مورد نظر اندازه‌گیری شدند. مساحتی معادل شش مترمربع از هر کرت با رعایت اثر حاشیه جهت ارزیابی عملکرد برداشت گردید.

جدول ۲- نتایج تجزیه خصوصیات ورمی‌کمپوست

پارامتر اندازه‌گیری شده	علامت اختصاری	واحد	مقدار اندازه‌گیری شده
اسیدیته (۱:۱۰)	*pH*	....	۷/۹۵
هدایت الکتریکی (۱:۱۰)	*EC*	*dS/m*	۱/۱۲
رطوبت	θ	%	۴۷/۴۹
خاکستر	*Ash*	%	۳۵/۵۲
کربن آلی	*O.M*	%	۱۶/۶۹
مواد آلی	*O.C*	%	۹/۶۸
ازت کل	*N*	%	۰/۹
فسفر کل	*K*	%	۰/۷۶
پتاسیم کل	*P*	%	۱/۵۲
نسبت کربن به نیتروژن	*C/N*	....	۱۰/۷۵

استخراج روغن

برای استخراج روغن، حدود ۱۰ گرم پودر از نمونه دانه در حلال n-هگزان به‌روش سوکسله به‌مدت ۲۴ ساعت عصاره‌گیری شد، عصاره مذکور پس از فیلتر نمودن با کاغذ واتمن شماره یک با دستگاه تقطیر در خلاء روتاری با درجه حرارت ۴۰°C تغلیظ گردید (Leal *et al*., 2009). عملکرد روغن از حاصلضرب درصد روغن در عملکرد دانه محاسبه شد.

تهیه متیل استر و آنالیز اسیدهای چرب

یک گرم از عصاره n-هگزان به دست آمده در بالن ژوژه با ۲۰ میلی‌لیتر پتاس متانولی به‌مدت ۲۵ دقیقه رفلاکس و سپس ۱۲ میلی‌لیتر فلوئور برم به محتویات بالن افزوده و به‌مدت ۱۰ دقیقه جوشانده شد. پس از قطع حرارت، به فاز آبی محلول نمک Nacl افزوده گردید. فاز آلی که در بالای بالن قرار گرفته بود (فاز n-هگزان حاوی اسیدهای چرب متیل‌استر شده) را برداشته و پس از آب‌گیری، بلافاصله یک میکرولیتر از آن به دستگاه گاز کروماتوگرافیGC/FID تزریق شد. دستگاه کروماتوگرافی گازی Varian مدل (CP 3800-) مجهز به آشکارساز یونیزاسیون شعله‌ای (FID) و ستون موئینه (BPX-70, SGE) از جنس سیلیکای ذوب شده نوع فاز پیوندی (طول ستون ۳۰ متر، قطر ستون ۰/۲۲ میلی‌متر و ضخامت فیلم ۰/۲۵ میلی‌متر) بود. از گاز هیلیوم با فشار ۲۵ بار و با درصد خلوص ۹۹/۹۹ درصد به‌عنوان گاز حامل استفاده شد. جهت آماده‌سازی نمونه تزریق شده به دستگاه گازکروماتوگرافی از روش AOCS Ce 1e-91 استفاده گردید. دمای دتکتور و انژکتور FID به‌ترتیب ۲۵۵ و ۲۷۰ درجه سانتی‌گراد بود. برنامه دمایی ستون دستگاه نخست ℃ ۱۲۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت نیم دقیقه و سپس ۱۵۰℃ درجه سانتی‌گراد با سرعت ℃ /min ۲۵ به‌مدت دو دقیقه و درنهایت ℃ ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت ℃ /min ۲۵ به‌مدت ۹۰ دقیقه بود. شدت جریان گازهای هیدروژن، هوا و نیتروژن در دتکتور FID به‌ترتیب

۲۵، ۳۰ و ۳۰۰ میلی‌لیتر بر دقیقه بود. پس از تزریق هر نمونه به دستگاه، منحنی‌های مربوطه رسم و زمان بازداری مربوط به هر اسید چرب با منحنی مربوط به اسید چرب استاندارد و زمان بازداری مربوطه مقایسه شد (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO).

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون LSD انجام شد.

نتایج و بحث

صفات مورفولوژیک

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها اثر ورمی‌کمپوست و اثر زئولیت بر قطر میوه، وزن میوه در بوته، تعداد دانه در میوه و وزن هزار دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود؛ اما اثر متقابل آن‌ها تاثیر معنی‌داری بر صفات مذکور نداشت (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که استفاده از تیمار ورمی‌کمپوست با مقدار ۱۰ تن در هکتار سبب حصول بیشترین قطر میوه، وزن میوه در بوته، تعداد دانه در میوه و وزن هزار دانه گردید. در بین سطوح زئولیت نیز بالاترین مقدار تمام صفات نامبرده متعلق به تیمار هشت تن در هکتار زئولیت بود. اما در مورد صفات وزن میوه در بوته، تعداد دانه در میوه و وزن هزار دانه بین تیمارهای چهار و هشت تن در هکتار زئولیت اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴). می‌توان گفت که افزایش مصرف ورمی‌کمپوست، موجب فراهم شدن شرایط مطلوب‌تر رشد رویشی گیاه شده و درنتیجه ساخت مواد فتوسنتزی بیشتر و تقسیم بیشتر سلول‌های میوه، قطر میوه افزایش یافته است. بر اساس گزارش پژوهشگران ورمی‌کمپوست از طریق افزایش ظرفیت نگهداری آب و مواد غذایی در خاک و ایجاد یک محیط مناسب برای رشد ریشه، باعث تسهیل جذب عناصر غذایی توسط گیاهان می‌شود (Pramanik *et al.*, 2017). نتایج سایر تحقیقات مبنی بر اثر ورمی‌کمپوست بر افزایش فراهمی عناصر غذایی به‌واسطه افزایش فعالیت آنزیم‌های خاک ازجمله اسیدفسفاتاز و اوره‌آز موید این موضوع است (Yang *et al.*, 2015). بنابراین فراهم‌بودن مواد غذایی ناشی از ورمی‌کمپوست در مراحل رشد گیاه، می‌تواند منجر به افزایش عمر برگ‌ها و دوام سطح برگ شود، که این امر نیز به نوبه خود سبب می‌شود گیاه سطح فتوسنتز کننده خود را به‌مدت طولانی‌تر حفظ و با دریافت نور بیشتر و به‌مدت طولانی‌تر، تولید ماده خشک خود را با سرعت بیشتر و در مدت زمان بیشتری حفظ نماید. گزارش سایر پژوهشگران مبنی بر اثر معنی‌دار ورمی‌کمپوست بر بهبود صفات مورفولوژیک آویشن باغی (Asle Mohammadi *et al.*, 2021) و گاوزبان (Abbasi *et al.*, 2024)، تایید کننده نتایج تحقیق حاضر می‌باشد.

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک و عملکرد کدو پوست کاغذی تحت تاثیر ورمی‌کمپوست و زئولیت

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		قطر میوه	وزن میوه در بوته	تعداد دانه در میوه	وزن هزار دانه	عملکرد میوه	عملکرد دانه	درصد روغن	عملکرد روغن
تکرار	۲	۳۹/۰۴^{ns}	۱۲۸/۰۲^{ns}	۸۳۷/۹۲^{ns}	۷۵/۴۱^{ns}	۱۶۵۰۸/۱۰^{ns}	۶۶۵/۹۶^{ns}	۵/۲۸^{ns}	۲۰۷/۴۳^{ns}
ورمی‌کمپوست	۲	۴۳۵/۹۷**	۲۲۰۳/۵۹**	۳۲۴۶۵/۷۱**	۱۸۳۱/۰۷**	۱۱۲۴۸۰/۴۹**	۱۰۷۹۳/۲۵**	۱۵۹/۷۰**	۵۱۴۱/۹۳**
زئولیت	۲	۱۸۹/۲۴**	۱۱۰۲/۵۳**	۱۳۹۴۸/۲۸**	۷۴۹/۶۷**	۶۰۲۸۳/۲۰**	۵۰۴۹/۶۷**	۷۰/۲۲**	۲۱۱۲/۸۱**
ورمی‌کمپوست × زئولیت	۴	۱۱/۹۸^{ns}	۷۴/۰۲^{ns}	۶۵۲/۶۵^{ns}	۴۰/۶۷^{ns}	۴۵۲۷/۰۵^{ns}	۲۸۴/۵۸^{ns}	۶/۳۷^{ns}	۱۲۲/۷۹^{ns}
خطا	۱۶	۲۸/۵۲	۱۵۲/۴۰	۱۸۱۳/۴۰	۱۰۴/۴۵	۸۴۳۶/۴۷	۶۲۳/۴۳	۹/۶	۲۲۸/۵۱
ضریب تغییرات		۹/۳۲	۹/۹۷	۸/۷۷	۸/۸۱	۱۱/۲۰	۸/۷۹	۸/۷۱	۱۵/۱۱

^{ns}، *، ** به‌ترتیب بدون اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک و عملکرد کدو پوست کاغذی تحت تاثیر ورمی کمپوست و زئولیت

تیمارها ($t.ha^{-1}$)	قطر میوه (cm)	وزن تک میوه (g)	تعداد دانه در میوه	وزن هزار دانه (g)	عملکرد میوه ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}$)	درصد روغن (%)	عملکرد روغن ($kg.ha^{-1}$)
ورمی‌کمپوست								
۰	۲۲/۴۸	۱۱۱۱/۳۷	۱۸۸/۱۷	۱۰۵/۵۳	۱۸۴۶/۳۸	۲۵۸/۲۴	۳۱/۱۹	۸۲/۳۹
۵	۲۴/۱۴	۱۱۱۸/۶۳	۲۱۴/۱۵	۱۱۰/۲۱	۲۰۰۳/۳۸	۲۷۰/۴۷	۳۳/۱۲	۹۰/۴۴
۱۰	۳۶/۲۸	۱۱۴۱/۳۶	۳۰۳/۱۴	۱۳۲/۲۴	۲۰۲۱/۳۳	۳۲۳/۳۹	۳۹/۲۶	۱۲۷/۲۲
زئولیت								
۰	۲۲/۴۷	۱۱۱۱/۹۸	۱۹۱/۵۵	۱۰۵/۹۳	۱۸۵۲/۵۸	۲۵۸/۰۲	۳۱/۵۴	۸۳/۶۷
۴	۲۷/۸۲	۱۱۲۵/۰۶	۲۴۱/۳۶	۱۱۸/۳۰	۲۰۰۹/۱۶	۲۸۹/۷۴	۳۴/۹۴	۱۰۲/۳۵
۸	۳۱/۶۰	۱۱۳۴/۱۶	۲۷۱/۳۸	۱۲۳/۷۵	۲۰۳۵/۲۶	۳۰۴/۳۵	۳۷/۰۸	۱۱۴/۰۴
LSD (5%)	۵/۳۵	۱۲/۳۴	۴۲/۵۶	۱۰/۲۱	۹۱/۷۹	۲۴/۹۵	۳/۰۱	۱۵/۱۱

زئولیت نیز همراه با جذب آب، عناصر غذایی را جذب خود کرده و به‌صورت تدریجی و به آرامی در اختیار گیاه قرار می‌دهد و شاید بتوان افزایش صفات مورفولوژیک کدو پوست کاغذی را به این ویژگی زئولیت نسبت داد. گزارش پژوهشگران حاکی از این است که جذب انتخابی و آزادسازی کنترل شده عناصر غذایی از زئولیت به بهبود رشد گیاه کمک می‌کند و موجب بهبود صفات مورفولوژیک و وزن هزار دانه گشنیز شده است (Darzi *et al*., 2008). یافته‌های سایر پژوهشگران مبنی بر افزایش تعداد شاخه‌های جانبی و رشد رویشی شنبلیله تحت تاثیر زئولیت با نتایج حاضر همخوانی دارد (Baghbani Arani *et al*., 2017).

عملکرد میوه و دانه

اثر ورمی‌کمپوست و زئولیت بر عملکرد میوه و دانه بسیار معنی‌دار بود. اما اثر متقابل آن‌ها بر این صفات معنی‌دار نبود (جدول ۳). بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها بیشترین عملکرد میوه و دانه متعلق به سطح سوم ورمی کمپوست (۱۰ تن در هکتار) بود که میزان این صفات را در مقایسه با شاهد به‌ترتیب ۲۵/۲۳ و ۹/۴۷ درصد افزایش داد. سطح سوم زئولیت (هشت تن در هکتار) نیز بالاترین عملکرد میوه و دانه را به خود اختصاص داد. به‌طوری که کاربرد هشت تن در هکتار زئولیت عملکرد دانه و میوه را به‌ترتیب ۱۷/۹۵ و ۹/۸۶ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. البته لازم به ذکر است که اختلاف آماری معنی‌داری بین کاربرد چهار و هشت تن در هکتار زئولیت در مورد این صفات مشاهده نگردید (جدول ۴). از آن‌جایی که ورمی‌کمپوست سرشار از جمعیت میکروبی، به‌ویژه قارچ‌ها، باکتری‌ها و اکتینومیست‌ها است که نقش مهمی در ساخت مواد مغذی داشته و همچنین در اثر عبور مواد آلی از دستگاه گوارش کرم‌ها مقادیر زیادی از مواد مغذی در دسترس گیاه قرار می‌گیرد، این طور می‌توان نتیجه‌گیری کرد که گیاه کدوی پوست کاغذی در تیمارهای استفاده از ورمی‌کمپوست با دسترسی به مواد غذایی، هورمون‌ها و آنزیم‌های حاصل از فعالیت میکروبی، بهترین عملکرد دانه و میوه را داشته است. در این راستا نتایج پژوهش‌های قبلی افزایش رشد گیاهان تحت تاثیر ورمی‌کمپوست را به افزایش فعالیت مواد شبه‌هورمونی از جمله اکسین، سیتوکینین و جیبرلین نسبت داده‌اند (Sing *et al*., 2020). سایر پژوهشگران نیز افزایش عملکرد گاوزبان ایرانی در اثر کاربرد ورمی‌کمپوست را گزارش کرده‌اند (Rezvani Moghadam *et a*l., 2020). افزودن زئولیت به خاک با کاهش شستشوی عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن از محیط ریشه گیاه، به شکل مؤثری قابلیت نگهداری نیتروژن و حفظ تعادل نیتروژن به فسفر را افزایش می‌دهد (Ippolito *et al*., 2011). این کانی به‌واسطهٔ ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خود و تأثیری که از نظر تعادل بار

الکتریکی در سطح خود دارد، در تبادلات یونی خاک نقش موثری ایفا می‌کند و می‌تواند یون‌های مورد نیاز گیاه را نگه داری یا آزادسازی کند و آن‌ها را به‌تدریج در اختیار گیاه قرار دهد (Bybordi *et al*., 2017). بر اساس گزارش پژوهشگران، کاربرد زئولیت موجب افزایش عملکرد گیاه آلوئه‌ورا شد (Hazrati *et al*., 2017).

درصد و عملکرد روغن

نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن بود که اثرات اصلی ورمی-کمپوست و زئولیت بر درصد و عملکرد روغن کدو پوست کاغذی معنی‌دار بود (جدول ۳). بر اساس نتایج مقایسه میانگین کاربرد سطوح سوم ورمی‌کمپوست و زئولیت منجر به حصول بالاترین مقادیر صفات مذکور گردید (جدول ۴). سایر پژوهشگران نیز افزایش معنی‌دار درصد و عملکرد روغن سیاهدانه تحت تاثیر ورمی‌کمپوست و زئولیت را گزارش کرده‌اند. آن‌ها این افزیش را به‌دلیل رهاسازی آهستهٔ نیتروژن از ورمی‌کمپوست و دردسترس بودن آن به هنگام نیاز گیاه و همچنین متعادل بودن عناصر غذایی به‌دلیل حضور عناصر ریزمغذی از یک سو و بهبود شرایط فیزیکی و فرایندهای حیاتی خاک از سوی دیگر ضمن ایجاد بستر مناسب برای رشد و فتوسنتز باعث افزایش روغن دانه بیان کرده‌اند. از سوی دیگر زئولیت‌ها به‌دلیل داشتن تخلخل و ظرفیت تبادل کاتیونی بالا و ساختار کریستالی‌شان قادرند بیش از ۶۰ درصد وزن خود آب را نگهداری کنند که این آب ذخیره‌شده در شبکه به‌تدریج جذب گیاه می‌شود (Rahmani *et al*., 2023).

اسیدهای چرب

اثرات اصلی ورمی‌کمپوست و زئولیت بر اسیدهای چرب از جمله اسید اولئیک، اسید لینولئیک، اسید استئاریک و اسید پالمتیک معنی‌دار بود (جدول ۵). بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین بالاترین مقادیر اسیدهای چرب غیر اشباع اولئیک و لینولئیک اسید از کاربرد بیشترین میزان تیمارهای مذکور یعنی ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و هشت تن در هکتار زئولیت به دست آمد. به‌طوری‌که کاربرد سطح سوم ورمی‌کمپوست، اولئیک اسید و لینولئیک اسید را نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ۲۶/۳ و ۲۸/۶ درصد افزایش داد. کاربرد سطح سوم زئولیت نیز مقادیر اولئیک و لینولئیک اسید را به‌ترتیب ۱۶/۱ و ۹/۱ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. در حالی که بیشترین مقادیر اسیدهای چرب اشباع از جمله اسید استئاریک و اسید پالمتیک متعلق به تیمارهای شاهد بود (جدول ۶). ورمی کمپوست علاوه بر اصلاح ویژگی‌های فیزیکی خاک، می‌تواند ویژگی‌های بیولوژیک خاک را تحت تاثیر قرار دهد و با افزایش جذب عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف ممکن است بر آنزیم‌ها و ژن‌های دخیل در بیوسنتز اسیدهای چرب تاثیر بگذارد (He *et al*., 2020). نتایج سایر تحقیقات مبنی بر اثر مثبت تیمارهای آلی بر افزایش اسیدهای چرب غیر اشباع خرفه در راستای نتایج پژوهش حاضر است (Hosseinzadeh *et al*., 2021).

جدول ۵- تجزیه واریانس اسیدهای چرب کدو پوست کاغذی تحت تاثیر ورمی‌کمپوست و زئولیت

		میانگین مربعات			
منبع تغییرات	درجه آزادی	اسید اولئیک	اسید لینولئیک	اسید استئاریک	اسید پالمیتیک
تکرار	۲	۲/۲۷^{ns}	۲۳/۶۶^{ns}	۰/۱۸^{ns}	۰/۲۰^{ns}
ورمی‌کمپوست	۲	۱۴۴/۵۳**	۱۳۱/۹۷**	۱۰/۵۹**	۶/۰۰**
زئولیت	۲	۴۷/۴۴*	۷۳/۵۲**	۱/۸۰**	۱/۲۲**
ورمی‌کمپوست × زئولیت	۴	۷/۸۹^{ns}	۵/۷۸^{ns}	۰/۱۳^{ns}	۰/۱۹^{ns}
خطا	۱۶	۸/۷۳	۹/۶۴	۰/۰۶	۰/۰۴
ضریب تغییرات (٪)		۹/۵۷	۱۰/۱۶	۳/۲۴	۲/۰۳

^{ns}، *، ** به ترتیب بدون اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۶- مقایسه میانگین اسیدهای چرب کدو پوست کاغذی تحت تاثیر ورمی کمپوست و زئولیت

تیمارها	اسید اولئیک C18:1	اسید لینولئیک C18:2	اسید استئاریک C18:0	اسید پالمیتیک C16:0
ورمی‌کمپوست				
۰	۲۸/۰۵^{b}	۲۷/۱۷^{b}	۸/۸۹^{a}	۱۱/۳۴^{a}
۵	۲۹/۰۶^{b}	۲۹/۰۱^{b}	۸/۷۸^{a}	۱۰/۱۲^{a}
۱۰	۳۵/۴۴^{a}	۳۴/۹۳^{a}	۶/۷۴^{b}	۸/۳۲^{b}
زئولیت				
۰	۲۸/۱۶^{b}	۲۷/۱۵^{b}	۸/۳۹^{a}	۱۱/۰۵^{a}
۴	۳۱/۱۱^{b}	۳۱/۴۲^{a}	۷/۸۷^{b}	۹/۴۳^{b}
۸	۳۳/۰۱^{a}	۳۲/۹۲^{a}	۷/۴۷^{b}	۸/۵۱^{b}
LSD (5%)	۲/۹۶	۳/۱۰	۰/۲۶	۱/۴۷

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی بر اساس نتایج پژوهش حاضر، کاربرد نهاده‌های با منشا طبیعی اثر افزایشی معنی‌داری بر خصوصیات کمی و کیفی کدو پوست کاغذی داشت. کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست ضمن بهبود خصوصیات مورفولوژیک گیاه، موجب حصول بالاترین میزان عملکرد، روغن و اسیدهای چرب غیر اشباع گردید. هم چنین بالاترین مقادیر صفات نامبرده از کاربرد ۸ تن در هکتار زئولیت حاصل شد که در بیشتر موارد با کاربرد ۴ تن در هکتار زئولیت اختلاف آماری معنی‌داری نداشت. بنابراین در سیستم کشاورزی پایدار، می‌توان ورمی‌کمپوست و زئولیت را به‌عنوان نهاده‌هایی موثر در بهبود عملکرد و روغن کدوی پوست کاغذی پیشنهاد نمود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از دانشگاه کردستان جهت حمایت از اجرای این پژوهش در قالب پایان نامه کارشناسی ارشد، قدردانی می‌گردد.

منابع

Abbasi, N., Khalesro, S., & Daneshi, E. (2024). Effects of micronutrient and vermicompost on the quantitative traits and fatty acid composition of borage (*Borago officinalis* L.). *Journal of Crops Improvement*, *26*(4), 843-860. (In Persian). https://doi.org/10.22059/jci.2024.359178.2813

Achilonu, M., Nwafor, I., Umesiobi, D., & Sedibe, M. (2018). Biochemical proximate of pumpkin (*Cucurbitaceae* spp.) and their beneficial effects on the general well-being of poultry species. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, *102* (1), 5–16. 10. https://doi.org/1111/jpn.12654

Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Bierman, P., Welch, C., & Metzger, J. D. (2017). Influence of vermicompost on field strawberries. *Bioresource Technology*, *93*, 145-153. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.04.016

Asle Mohamadi, Z., Mohammadkhani, N., & Servati. M. (2021). Effect of iron and zinc foliar application on some biochemical traits of thymus (*Thymus vulgaris* L.) plant under nitrogen deficiency. *Journal of Plant Research*, *34*, 658-668. (In Persian). https://doi.org/10.1016 20.1001.1.23832592.1400.34.3.7.8

Ayyildiz, H. F., Topkafa, M., & Kara, H. (2019). Pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) Seed Oil. In book: Fruit Oils: Chemistry and Functionality. pp.765-788.

Baghbani-Arani, A., ModarresSanavy, S. A. M., Mashhadi Akbar Boojar, M., & MokhtassiBidgoli, A. (2017). Toward improving the agronomic performance, chlorophyll fluorescence parameters and pigments in fenugreek using zeolite and vermicompost. *Industrial Crops and Products*, *109*, 346-357. https://doi.org/ 10.1016/j.indcrop.08049

Bhat, S. A., Singh, S., Singh, J., Bhawana, S. K., & Vig, A. P. (2018). Bioremediation and detoxification of industrial wastes by earthworms: Vermicompost as powerful crop nutrient in sustainable agriculture. *Bioresource Technology*, *252*, 172–179. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.01.002

Bybordi, A., Sadat, S., & Zargaripour, P. (2017). The effect of zeolite, selenium and silicon on qualitative and quantitative traits of onion grown under salinity conditions. *Archive of Agronomy and Soil Science*, *64*, 520–530. https://doi.org/ 10.1080/03650340.2017. 1373278

Celikcan, F., Kocak, M. Z., & Kulak, M. (2021). Vermicompost applications on growth, nutrition uptake and secondary metabolites of *Ocimum basilicum* L. under water stress: a comprehensive analysis. *Industrial Crops and Products*, *171*, 1–12. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113973

Darzi, M. T., Shikhodaei, M., & Haj SeyedHadi, M. R. (2015). Effect of vermicompost and nitrogen fixing bacteria on seed yield, yield components of seed and essential oil content of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Journal of Medicienal Plants and By-products*, *4* (l), 103-109. (In Persian). https://doi.org/10.22092/JMPB.2015.108897

HabibiSharafabad, Z., Abdipour, M., Hosseinifarahi, M., Kelidari, A., & Rashidi, L. (2022). Integrated humic acid and vermicompostionghanges essential oil quantity, and quality in field-grown in *Lavandula angustifolia* L. *intercropped with Brassica nigra* L. *Industrial Crops and Products*, *178*, 1-12. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114635

Hazrati, S., Tahmasebi-Sarvestani, Z., Modarres-Sanavy, S. A. M., MokhtassiBidgoli, A., Mohammadi, H., Nicola, S. (2017). Effects of zeolite and water stress on growth: yield and chemical composition of *Aloe vera* L. Agric. *Water Management*, *181*, 66-72. https://doi.org/ 10.1016/j.agwat.11026

He, M., Qin, C. X., Wang, X., & Ding, N. Z. (2020). Plant unsaturated fatty acids: biosynthesis and regulation. *Frontiers in Plant Science*, *11*, 390. https://doi.org/ 10.3389/fpls.2020.00390

Hosseinzadeh, M. H., Ghalavand, A., Mashhadi-Akbar Boojar, M., Modaress Sanavy, S. A. M., & Mokhtassi-Bidgoli, A. (2021). Application of manure and biofertilizer to improve soil properties and increase grain yield, essential oil and ω3 of purslane (*Portulaca oleracea* L.) under drought stress. *Soil Tillage Res*earch, *205*, 1–11. https://doi.org/ 10.1016/j.still.2020.104633

Ippolito, A. J., Tarkalson, D. D., & Lehrsch, G. A. (2011). Zeolite soil application method affects inorganic nitrogen, moisture, and corn growth. *Soil Sci*ences, *176*, 136–142. https://doi.org/ 10.1097/SS.0b013e31820e4063

Jabeen, N., & Ahmad, R. (2019). Growth response and nitrogen metabolism of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to vermicompost and biogas slurry under salinity stress. *Journal of Plant Nutrition*, *40*, 104-114. https://doi.org/10.1080/01904167.2016.1201495

Jami, N., Rahimi, A., Naghizadeh, M., & Sedaghati, E. (2021). Investigating the use of different levels of mycorrhiza and vermicompost on quantitative and qualitative yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Scientia Hortic*ulturae, *262*, 1–12. https://doi.org/ 10.1016/j.scienta.2019.109027

Leal, F., Rodrigues, A. J., Fernandes, D., Cipriano, J., Ramos, J., Teixeira, S., & et al. (2009). *In vitro* multiplication of *Calendula arvensis* for secondary metabolites. *Acta horticulturae*, *812*, 251-256. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.81233

Lin, Z., Bai, J., Zhen, Z., Lao, S., Li, W. M., & Wu, Z. (2016). Enhancing pentachlorophenol degradation by vermicomposting associated bioremediation. *Ecological Engineering*, *87*(3), 288–294. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.12.004

Pramanik, P., Ghosh, G. K., Ghosal, P. K., & Banik. P. (2017). Changes in Organic-C. N, P and K and enzyme activities in vermicompost of biodegradable organic wastes under liming and microbial inoculants. *Bioresource Technology*, *98*(13), 2485-2494. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.09.017

Rahmani, R., Khalesro, S., Heidari, G., & Mokhtassi-bidgoli, A. (2023). Vermicompost and zeolite improved yield, nutrient uptake, essential and fixed oil production, and composition of *Nigella sativa* L. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *7*, 1214691, https://doi.org/ 10.3389/fsufs.2023.1214691

Rezvani Moghaddam, P., Shabahang, J., Lashgari, A., & Aghhavani Shajari, M. (2020). Response of *Echium amoenum* L. as a medicinal plant to organic fertilizers and plant density. *Journal of Agroecology*, *12*(1), 161-178. (In Persian). https://doi.org/10.22067/jag. v12i1.51343

Sana, B., Nihed, B. H., Riadh, B. M., Hazem, J., Mohamed, B., & Zouheir, S. (2016). Oil from pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seeds: evaluation of its functional properties on wound healing in rats. *Lipids in Health and Disease*, *73*(15), 124-135. https://doi.org/10.1186/s12944-025-02569-8

Singh, A., Karmegam, N., & Singh, Sh. (2020). Earthworms and vermicompost: an eco-friendly approach for repaying nature's debt. *Environmental Geochemistry and Health*, *42*(6), https://doi.org/10.1007/s10653-019-00510-4

Tsintskaladze, G., Eprikashvili, L., Urushadze, T., Kordzakhia, T., Sharashenidze, T., Zautashvili, M. (2016). Nanomodified natural zeolite as a fertilizer of prolonged activity. *Annals of Agrarian Science*, *14*(3), 163–168. https://doi.org/10.1016/j.aasci.05013

Yang, L., Zhao, F., Chang, Q., Li, T., & Li, F. (2015). Effects of vermicompost on tomato yield and quality and soil fertility in greenhouse under different soil water regimes. *Agricultural Water Management*, *16*(1), 98-105 https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.07.002