

(OPEN ACCESS)

Effects of superabsorbent nano, NPK, iron and zinc fertilizers on some morpho-physiological and phytochemical properties of Lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) under drought stress

Mehrab Yadegari*

* Corresponding Author, Research Center of Nutrition and Organic Products (R.C.N.O.P), Shahrekord Branch, Islamic Azad University, Shahrekord, Iran. E-mail: mehrab.yadegari@iaui.ac.ir

Article Info	ABSTRACT
Article type: Full Length Research Paper	Background and Objectives: Lavender is an important plants with many uses in various medicinal and food industrial. Among environmental stresses, drought stress plays an important role in the biosynthesis of secondary metabolites in medicinal plants in arid and semi-arid regions like Iran. Drought stress has detrimental effects on growth and yield and can upset the balance between the antioxidant defense system and free radicals by stimulating a series of biochemical reactions. In sustainable production systems of medicinal and aromatic plants, stable quantitative and qualitative functions can be achieved under conditions of environmental stress and it is possible to improve the production of secondary metabolites in these plants under adverse environmental conditions. Therefore, this study was done to evaluate some of important macro-micro nutrients on the morpho-physiological and phytochemical properties of <i>Lavandula angustifolia</i> to determine the effects of use of some essential nutrients with use of superabsorbent under water stress conditions on plant indices.
Article history: Received: 01.05.2025 Revised: 01.15.2025 Accepted: 02.18.2025	
Keywords: Essential micro nutrients, Linalool, Linalyl acetat, Medicinal plant, NPK fertilizer	
	Materials and Methods: This research was using a randomized complete block design (RCBD) in a split-split plot layout with three replications. Irrigation regimes (D1-D3: Field Capacity, 50% and 75% evaporation from basin class A) in main plots, superabsorbent nano-polymer application (S1-S2: 30 gr/m ² and not use) in sub plots and treatments of fertilizers [F1-F15: grow-more 1 (F1), grow-more 2 (F2), grow-more 3 (F3), iron chelate (F4), zinc chelate (F5), grow-more 1+iron chelate (F6), grow-more 1+zinc chelate (F7), grow-more 2+iron chelate (F8), grow-more 2+zinc chelate (F9), grow-more 3+iron chelate (F10), grow-more 3+zinc chelate (F11), grow-more 1+iron chelate+zinc chelate (F12), grow-more 2+iron chelate+zinc chelate (F13), grow-more 3+iron chelate+zinc chelate (F14) and control (F15)] in sub-sub plots were done. This research was performed in farm of Islamic Azad University Branch of Shahrekord (latitude. 32°20' N, longitude. 50°51' E, altitude. 2061 m) in 2023-2024. In each year, fertilizer treatments were applied in foliar application after stage of V8 (plants had 8 leaf) in 6 stage by 14 days interval and harvesting was done after one month after the final application of fertilizers and the sampling was performed in flowering stage. The fertilizers of grow-more (NPK), iron and zinc in 4 gr.l ⁻¹ concentration by production company

certification were used in V8 stage in plants and the effects were compared by control plants. Weed control was done manually during the entire experiment. During the experiment no systemic pesticide and herbicide were used. The harvested shoots were transferred to the laboratory for measurement of various characteristics. Morphological characters (shoot dry matter and height of plant); physiological characters (total chlorophyll, zinc and iron of shoot), phytochemical characters (total phenol and prolin content) and essential oil content and composition were measured.

Results: Over two consecutive years, the obtained results showed that the use of treatments increased the characters and made the significant effectiveness. In two years, the highest shoot dry matter ($61.55 \text{ g.plant}^{-1}$), zinc of shoot ($69.55 \text{ }\mu\text{g/g dry weight}$), iron of shoot ($82.85 \text{ }\mu\text{g/g dry weight}$), phenol ($1.39 \text{ mg.Kg Fw}^{-1}$), chlorophyll content ($2.92 \text{ mg.g}^{-1} \text{ DW}$) and the lowest amount of prolin ($10.89 \text{ }\mu\text{g.KgFw}^{-1}$), made by grow-more fertilizers specially grow-more 1 (20-20-20) in combination with Fe/Zn Libfer. However the superabsorbent nano-polymer application had the aggressive effectiveness on amounts of characters especially in hardness of water stress. In most of measured characters, plants treated with grow-more fertilizers were in the same group. The lowest values for morpho-physiological and phytochemical characters such as shoot dry matter ($22.12 \text{ g.plant}^{-1}$), zinc of shoot ($28.34 \text{ }\mu\text{g/g dry weight}$), iron of shoot ($40.77 \text{ }\mu\text{g/g dry weight}$), phenol ($0.29 \text{ mg.KgFw}^{-1}$), chlorophyll content ($1.95 \text{ mg.g}^{-1} \text{ DW}$) and the most of prolin ($32.01 \text{ }\mu\text{g.KgFw}^{-1}$), obtained by plants treated with irrigation regime of 75% evaporation from basin class A (D3) and no application of fertilizers. In some characters, plants treated with F12, F13 or F14 treatments under hardness of drought stress had the same group with control plants. The main constituents of essential oil were Linalool, Linalyl acetate, Limonene, Alpha-pinene, 1, 8 cineole, Borneol, Camphor (alcoholic/cyclic monoterpenes) and Beta-farnesene, Alpha-bisabolene and Beta-Caryophyllene (Sesquiterpenes) that made the most components of essential oil plants. The effect of grow-more 1 (20-20-20) in combination with Fe/Zn Libfer on increasing the total phenol and chlorophyll content, were higher than the other grow-more fertilizers ones. Applied grow-more fertilizers showed significant effects on essential oil content and composition of *L.angustifolia* and the highest essential oil content (1.24 %) was obtained from the treated plants by grow-more 1 (20-20-20) in combination with Fe/Zn Libfer. According to the biennial results of the chemical analysis of the essential oils from *L.angustifolia* by GC/MS and GC-FID, the most important chemical compounds that determine the quality of *L.angustifolia* essential oil including linalool (48.85-27.73 %) and linalyl acetat (30.01-12.81%) were identified. Linalool and linalyl acetat belonging to monoterpene hydrocarbons was the predominant constituent of the *L.angustifolia*. The most correlation indices were obtained between essential oil content and composition (alcoholic/cyclic monoterpenes) with shoot dry matter. By increasing of level of drought, the sesquiterpenes constituents were increased.

Conclusion: Generally the application of grow-more fertilizer 1 (20-20-20) with consumption of zinc and iron fertilizers can be a good strategy to improve the morpho-physiological and phytochemical characters of *L.angustifolia* especially the grow-more 1 (20-20-20) in combination with Fe/Zn Libfer in field capacity water condition. However the use of superabsorbent nano-polymer in strenuous drought stress (75%) is more

effectiveness than other water stress levels. Finally, the application of grow-more 1 (20-20-20) in combination with Fe/Zn Libfer can be a good strategy to improve morpho-physiological characters and essential oil quantity and quality of *L.angustifolia* in cold and semi-arid climates.

Cite this article: Yadegari, Mehrab. 2026. Effects of superabsorbent nano, NPK, iron and zinc fertilizers on some morpho-physiological and phytochemical properties of Lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) under drought stress. *Journal of Plant Production Research*, 33 (2), 1-29.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/jopp.2025.23152.3219

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

اثرات نانو سوپر جاذب، کودهای NPK، آهن و روی بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی و زیست شیمیایی گیاه اسطوخودوس (*Lavandula angustifolia* Mill.) در شرایط تنش خشکی

مهراب یادگاری*

* نویسنده مسئول، مرکز تحقیقات تغذیه و محصولات ارگانیک، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران.
رایانامه: mehrab.yadegari@iau.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی- پژوهشی	سابقه و هدف: گیاه دارویی اسطوخودوس به عنوان یک گیاه دارویی در صنایع مختلف غذایی و دارویی استفاده‌های متعددی به عمل می‌آید. از بین عوامل محیطی، تنش خشکی، نقش مهمی در راستای تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی در مناطق خشک و نیمه خشک از جمله ایران، ایفا می‌نماید. تنش خشکی نقش زیان‌آوری بر رشد و عملکرد دارد. این تنش می‌تواند از طریق تجمع یک‌سری از واکنش‌های بیوشیمیایی، ایجاد تعادل نموده و از خسارت رادیکال‌های آزاد اکسیژن جلوگیری نماید. در سیستم‌های تولید پایدار گیاهان دارویی و معطر، فعل و انفعالات کمی و کیفی، تحت‌تأثیر تنش‌های محیطی ایجاد می‌شوند و این امکان جهت بهبود متابولیت‌های ثانویه تحت چنین شرایطی مهیا می‌شود. این مطالعه جهت ارزیابی تأثیر کاربرد برخی عناصر پرمصرف و کم‌مصرف بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی و زیست شیمیایی گیاه اسطوخودوس فرانسوی جهت تعیین تأثیر کاربرد چند عنصر ضروری و سوپرجاذب بر شاخص‌های مختلف گیاه در شرایط تنش خشکی انجام شد.
واژه‌های کلیدی: عناصر ضروری کم‌مصرف، کود NPK، گیاه دارویی، لینالول، لینالیل استات	مواد و روش‌ها: پژوهش حاضر به‌صورت طرح کرت‌های دوبار خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار به‌صورت گلدانی تحت شرایط مزرعه در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی شهرکرد طی سال‌های ۱۴۰۲-۱۴۰۳ انجام شد. در این تحقیق سطوح تنش خشکی (D) [میزان تبخیر از تشت تبخیر کلاس A در سه سطح ظرفیت مزرعه (D1)، ۵۰ درصد (D2) و ۷۵ درصد تخلیه رطوبتی (D3)] به عنوان کرت‌های اصلی، سطوح پلیمر سوپر جاذب (S) [۳۰ گرم در مترمربع (S1) و عدم استفاده (S2)] در کرت‌های فرعی و ۱۵ ترکیب محلول‌پاشی (F) [کودهای گرومورا ۱ (F1)، گرومور ۲ (F2)، گرومور ۳ (F3)، لیفر آهن (F4)، لیفر روی (F5)، گرومور ۱+لیفر آهن (F6)، گرومور ۱+لیفر روی (F7)، گرومور ۲+لیفر آهن (F8)،

گرومور^۲+لیبفر روی (F9)، گرومور^۳+لیبفر آهن (F10)، گرومور^۳+لیبفر روی (F11)، گرومور^۱+لیبفر آهن+لیبفر روی (F12)، گرومور^۲+لیبفر آهن+لیبفر روی (F13)، گرومور^۳+لیبفر آهن+لیبفر روی (F14)، تیمار شاهد (عدم استفاده از تیمارهای مغذی-F15) [در کرت‌های فرعی فرعی قرار گرفتند. پس از رسیدن گیاهان به مرحله ۶ تا ۸ برگ، در ۶ مرحله با فواصل ۱۴ روزه، تیمارهای مغذی به صورت محلول‌پاشی برگی اضافه گردیدند. صفات مورفولوژیکی (وزن خشک اندام هوایی، ارتفاع)، صفات فیزیولوژیکی (کل کلروفیل و مقادیر عناصر روی، آهن ساختار اندام هوایی)، صفات زیست شیمیایی (کل فنل، محتوای پرولین، اسانس و ترکیبات مهم اسانس مورد بررسی قرار گرفتند.

یافته‌ها: نتایج حاصل از دوسال انجام تحقیق، نشان‌دهنده اثرگذاری معنی‌دار تیمارهای مورد استفاده بر صفات مورد ارزیابی بود. بیش‌ترین مقادیر وزن خشک اندام هوایی (۶۱/۵۵ گرم در گیاه)، میزان عنصر روی اندام هوایی (۶۹/۵۵ میکروگرم در گرم وزن خشک)، میزان عنصر آهن اندام هوایی (۸۲/۸۵ میکروگرم در گرم وزن خشک)، کل فنل (۱/۳۹ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر)، کل کلروفیل (۲/۹۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و کم‌ترین میزان پرولین (۱۰/۸۹ میکروگرم در کیلوگرم وزن تر) توسط گیاهان تیمار شده با کودهای گرومور به‌ویژه گرومور ۱ (۲۰-۲۰-۲۰) در ترکیب با کودهای ریزمغذی آهن و روی به‌دست آمد. استفاده از نانو سوپرپلیمیر جاذب اثرات بسیار مهمی بر مقادیر صفات به‌خصوص در زمان تنش خشکی شدید ایجاد نمود. در غالب صفات مورد ارزیابی، گیاهان تیمار شده با کودهای گرومور در یک گروه آماری قرار گرفتند. کم‌ترین مقادیر صفات مورفوفیزیولوژیکی و زیست شیمیایی از جمله وزن خشک اندام هوایی (۲۲/۱۲ گرم در گیاه)، میزان عنصر روی اندام هوایی (۲۸/۳۴ میکروگرم در گرم وزن خشک)، میزان عنصر آهن اندام هوایی (۴۰/۷۷ میکروگرم در گرم وزن خشک)، کل فنل (۰/۲۹ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر)، کل کلروفیل (۱/۹۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و بیش‌ترین میزان پرولین (۳۲/۰۱ میکروگرم در کیلوگرم وزن تر) توسط گیاهانی به‌وجود آمد که تحت هیچ‌گونه تیمار تغذیه‌ای واقع نشده بودند و از نظر رطوبتی در شرایط تنش رطوبتی شدید واقع شده بودند. در برخی از صفات گیاهان تیمار شده با تیمارهای F12، F13 و F14 تحت شرایط تنش رطوبتی شدید در گروه یکسانی با گیاهان شاهد قرار گرفتند. ترکیبات اصلی اسانس شامل لینالول، لینالیل استات، لیمونن، آلفا-پینن، ۱ و ۸ سینئول، بورنئول و کامفور (مونوترپن‌های حلقوی/الکلی) و بتا-فارنسن، آلفا-بیسابولن و بتا-کاریوفیلن (سزکویی ترپن‌ها) بودند. افزودن کودها به‌ویژه کود گرومور ۱ (۲۰-۲۰-۲۰) به همراه محلول‌پاشی ریزمغذی آهن و روی منجر به افزایش بیش‌ترین مقادیر در اکثر صفات نسبت به سایر کودهای گرومور مورد بررسی شد. استفاده از کودهای گرومور اثرات معنی‌داری بر مقادیر اسانس و ترکیبات اسانس ایجاد نمود. بیش‌ترین مقدار اسانس (۱/۲۴ درصد)، ترکیبات عمده مؤثره اسانس شامل لینالول (۴۸/۸۵-۲۷/۷۳ درصد) و لینالیل استات (۳۰/۰۱-۱۲/۸۱ درصد) غالباً در تیمار D1S1F12 به‌دست آمد. لینالول و لینالیل استات از گروه مونوترپن‌های هیدروکربنه به عنوان ترکیبات اصلی تمامی اسانس‌های گیاهان این تحقیق مورد شناسایی قرار گرفتند. بیش‌ترین همبستگی بین وزن خشک ساختار هوایی با مقدار اسانس و ترکیبات اصلی اسانس از گروه مونوترپن‌های حلقوی-الکلی به‌دست آمد. با افزایش سطوح خشکی مقادیر سزکویی‌ترین‌ها نیز افزایش یافتند.

نتیجه‌گیری: کاربرد کودهای گرومور به‌ویژه گرومور ۱ (۲۰-۲۰-۲۰) در ترکیب با ریزمغذی‌های آهن و روی، به‌ویژه در شرایط عدم وجود تنش رطوبتی (طرفیت زراعی) به عنوان یکی از راهکارهای مفید در افزایش صفات مورفوفیزیولوژیکی و زیست شیمیایی گیاه اسطوخودوس مشخص گردید. کاربرد نانوسوپر پلیمر جاذب در شرایط وجود تنش رطوبتی شدید بیش از سایر سطوح تنش رطوبتی مؤثر بود. در مجموع کاربرد کود کامل گرومور ۱ (۲۰-۲۰-۲۰) همراه با ریزمغذی‌های آهن و روی در جهت ایجاد بالاترین مقادیر صفات مورفوفیزیولوژیکی، فیتوشیمیایی، کمیت و کیفیت اسانس تحت شرایط اقلیمی مشابه برای تحقیقات آینده قابل‌پیشنهاد است.

استناد: یادگاری، مهراب (۱۴۰۵). اثرات نانو سوپر جاذب، کودهای NPK، آهن و روی بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی و زیست شیمیایی گیاه اسطوخودوس (*Lavandula angustifolia* Mill.) در شرایط تنش خشکی. نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی، ۳۳ (۲)، ۱-۲۹.

DOI: 10.22069/jopp.2025.23152.3219



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

اسطوخودوس فرانسوی (*Lavandula angustifolia*) (Mill.) از خانواده Lamiaceae است. این گیاه بومی اروپا می باشد. ارتفاع گیاه بین ۳۰-۶۰ سانتی متر، گل ها به صورت خوشه ای انتهایی و مجتمع در رأس ساقه می باشند. دوران گلدهی با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه، اواخر بهار تا شهریورماه گزارش شده است. میوه فندقه و به شکل تخم مرغی است (۱). در بررسی اسانس و ترکیبات اسانس بیش از ۵۰ نمونه از اسانس گونه اسطوخودوس، گزارش شد که ترکیبات مهم اسانس شامل لینالول، لینالیل استات، تری متیل هگزیل استات، آلفا-ترپینیل استات و دی پروپنیل گلیکول بود (۲). سایر ترکیبات شامل لاواندین، کامفور، بورنئول، اوکالیپتول، آلفا-بیسابولول، آلفا پینن، ترانس-بتا-اوسیمن، ۳-اکتانول، آلفا-ترپینئول، لینالول، لینالیل استات، است (۳). اسطوخودوس دارای مقادیر زیادی اسانس در گل و برگ هاست (۴). ترکیب ۱ و ۸ سینئول و آلفا-ترپینئول مهارکننده خوبی برای آلفا-گلوکوزیداز است و در مقابل کامفور و بورنئول، عمل متقابل انجام می دهند. ۱۵ ترکیب در جهت فعالیت زیستی (آنتی اکسیدان، آنتی گلوکوزیداز، ضد محرک، ضد تریوزیناز، ضد استیل کولین استراز) شناسایی گردیده اند (۵). در خلال گلدهی، مقادیر مونوترپن ها (به ویژه لینالول) افزایش و مقادیر سزکویی ترپن ها کاهش می یابند (۶). ترکیبات شیمیایی این گیاه عبارتند از کامفور، لیمونن، پی سایمن، سابینن، ترپینن، آلفا-پینن، بتا-پینن، بتا-اوسیمن و کامفن (مونوترپن ها)؛ آلفا-ترپینئول، بورنئول، لاواندولول، پی-سایمن-۸-ال و ترانس پیوکاروئول (مونوترپن های الکلی)؛ کومین آلدئید (مونوترپن آلدئیدی)؛ ترپنیل و لینالیل استات (مونوترپن های استری)؛ کاروون، کومارین، کریپتون، فنکون، متیل هپتون، ان-اکتانول، نوپینون و پی-متیل استوفنون (مونوترپن های کتونی)؛

آلفا-فتوسانتانول، آلفا-نورسانتانول، آلفا-سانتالال، کاریوفیلن و کاریوفیلن اکسید (سزکویی ترپن ها) (۷، ۸).

با توجه به قرار گرفتن ایران در منطقه خشک و نیمه خشک، تنش آب یکی از مسائل محدودکننده رشد و نمو گیاهان است. تنش نسبی خشکی منجر به افزایش مقادیر اسانس گیاهان دارویی آویشن دناهی (*Thymus daenensis*) و باغی (*Thymus vulgaris*) (۹)؛ ترخون (*Artemisia dracunculus* L.) (۱۰)، استویا (*Stevia rebaudiana* Bertoni) (۱۱)، همیشه بهار مکزیکی (*Tagetes minuta* L.) (۱۲)، افزایش راندمان مصرف آب و مقادیر کربوهیدرات های محلول در آب در لولیوم (*Lolium multiflorum*) و فستوکا (*Festuca arundinacea*) (۱۳)؛ افزایش مقادیر آنزیم های کاتالاز و پراکسیداز دیسموتاز در گیاه سیاه دانه (*Nigella sativa* L.) (۱۴) و کاهش پتانسیل آب برگ و فتوستتز خالص در مریم گلی (*Salvia dolomitica* Codd.) (۱۵) شده است. گیاهان تحت تنش خشکی متابولیت هایی تولید می کنند که از آن ها در مقابل رادیکال های آزاد از جمله رادیکال های اکسیژن محافظت نموده و از کاهش فتوستتز جلوگیری می نمایند. سلول های گیاهی برای کاهش تأثیر تخریبی این مولکول ها، فعالیت سیستم آنتی اکسیدانی خود از جمله ۲ و ۲-دی فنیل، ۱-پیکریل هیدرازیل^۱ را افزایش می دهند. در شرایط تنش خشکی، متابولیسم اسیدهای آمینه، قندها و سایر مولکول های زیستی تحت تأثیر قرار می گیرند (۱۱).

در بررسی برخی خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه دارویی اسطوخودوس در پاسخ به تنش خشکی، گزارش شد که تأثیر تنش خشکی بر همه صفات مورد بررسی معنی دار بود. بیشترین میزان پرولین (۱۰/۸۱ میکرومول در گرم ماده تر) در تیمار تنش

خشکی ۹ روزه همراه با کمپوست و ورمی‌کمپوست ۳۰ درصد و کم‌ترین میزان آن (۲/۹ میکرومول در گرم ماده تر) در تیمار شاهد مشاهده شد. بیش‌ترین و کم‌ترین میزان خاصیت آنتی‌اکسیدانی به ترتیب در تیمار تنش خشکی و بدون تنش خشکی، مشاهده شد (۱۶). با افزایش سطح تنش کم آبیاری، از مقدار کارتنوئید و میزان وزن خشک گیاه کاسته شد و در مقابل، محتوای پرولین، آنتوسیانین، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، آنزیم کاتالاز، پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز و آسکوربات پراکسیداز افزایش یافت. گیاهان اسطوخودوس از طریق افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی و عملکرد آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مقاومت بیش‌تری در برابر تنش کم آبیاری از خود نشان دادند (۱۷، ۱۸).

ارائه روش‌هایی که گیاه، بتواند ماده مؤثره بیش‌تر تولید نماید، ضروری به نظر می‌رسد. در این میان نقش عناصر مغذی و نیز استفاده از سوپر پلیمر جاذب بسیار دارای اهمیت است. نیتروژن از عناصر اصلی تشکیل‌دهنده پروتئین بوده و برای رشد بخش‌های هوایی گیاه ضروری است. فسفر نیز عنصری است که به ویژه در بخش‌های زایشی گیاه بسیار دارای اهمیت است و یکی از عناصر مهم در گیاهان دارویی است و باید کمبود آن در خاک برطرف شود تا گیاه بتواند میزان جوانه‌زنی و رشد بیش‌تری داشته باشد. پتاسیم از دیگر عناصر پرمصرف در گیاهان است. این عنصر در بسیاری از فعالیت‌های گیاه مانند فتوسنتز، جذب آب و حفظ پتانسیل اسمزی در گیاهان دارویی نقش مهمی دارد (۱۹، ۲۰). عنصر نیتروژن، موجب کاهش فعالیت نیترات ردوکتازی برگ‌های اسطوخودوس می‌شود و محتوای کلی نیتروژن ریشه را به نفع افزایش آن در برگ‌ها تغییر می‌دهد (۳، ۴ و ۷). استفاده از ریزمغذی‌ها در تغذیه گیاهان از روش‌هایی است که در کشورهای پیشرفته و توسعه‌یافته جهت

دستیابی توسعه پایدار و امنیت غذایی به کار برده می‌شود (۱۹، ۲۱). در رابطه با اهمیت عناصر به کار گرفته شده در تغذیه گیاهی در این تحقیق لازم به توضیح است که بیش‌تر خاک‌های کشاورزی ایران به دلایل متعددی از جمله، آهکی بودن، اسیدیته بالا، حضور بی‌کربنات سدیم در آب‌های آبیاری؛ دچار کمبود عناصر ریزمغذی به‌ویژه آهن و روی هستند. روی در ساختمان تعداد زیادی از آنزیم‌ها شرکت داشته و در نقل و انتقالات زیست شیمیایی سلول نقش مهمی را ایفا می‌کند (۲۲). آهن از دیگر عناصر ریزمغذی، جزء مهمی از آنزیم‌های گیاه از قبیل آنزیم‌های گیرنده الکترون و ساخت کلروفیل گیاه است. امروزه جهت بالا بردن راندمان کاربرد کود از اشکال قابل‌حل آهن و روی، به‌صورت محلول‌پاشی استفاده می‌شود (۱۹).

سوپرجاذب‌ها مواد پلیمری و به شدت آب‌دوستند که به اندازه ده‌ها تا صدها برابر وزن خود، آب یا محلول‌های آبی را جذب می‌کنند و در خود، نگه می‌دارند (۲۳). این پلیمرها تنش‌های رطوبتی را از بین برده و به سازگاری گیاهان کشت شده در محیط‌های خشک کمک می‌نمایند. با توجه به اسیدیته خنثی سوپرجاذب‌ها، فاقد اثر سوء بر خاک و گیاه هستند و در تحقیقات متعدد نقش مفید این مواد به اثبات رسیده است (۲۴، ۲۵).

با توجه به بررسی منابع، تاکنون تحقیق جامعی در مورد اثرگذاری استفاده از مواد مغذی پرمصرف و کم‌مصرف و نیز نانو سوپرجاذب بر صفات مورفوفیزیولوژیکی و زیست شیمیایی اسطوخودوس در شرایط تنش خشکی انجام نشده است. این پژوهش در جهت یافتن بهترین نوع ترکیب مواد مغذی (پرمصرف و کم‌مصرف) تحت کاربرد نانو سوپر پلیمرجاذب برای به‌دست آوردن بالاترین مقادیر صفات مورفوفیزیولوژیکی، فیتوشیمیایی، اسانس و

ترکیبات مهم اسانس در این گیاه مهم دارویی در شرایط تنش خشکی انجام شد.

مواد و روش‌ها

طرح تحقیق و مشخصات تیمارها: این پژوهش به صورت کرت‌های دوبار خرد شده با ۳ تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به صورت گلدانی تحت شرایط مزرعه در دو سال زراعی متمادی ۱۴۰۲-۱۴۰۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد با مشخصات عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۱ دقیقه شرقی و ارتفاع ۲۰۶۱ متر از سطح دریا، انجام شد. سه سطح تنش خشکی (D) [میزان تبخیر از تشت تبخیر کلاس A به ترتیب در سه سطح ظرفیت مزرعه (D1)، ۵۰ درصد تخلیه رطوبتی (D2) و ۷۵ درصد تخلیه رطوبتی (D3)] به عنوان کرت‌های اصلی، دو سطح از پلیمر سوپر جاذب (S) [استفاده (S1) و عدم استفاده (S2)] در کرت‌های فرعی و ۱۵ ترکیب محلول‌پاشی (F) [کودهای گرومور ۱ (F1)، گرومور ۲ (F2)، گرومور ۳ (F3)، لیفر آهن (F4)، لیفر روی (F5)، گرومور ۱+ (F6)، لیفر آهن (F7)، گرومور ۱+لیفر روی (F8)، گرومور ۲+لیفر آهن (F9)، گرومور ۳+لیفر آهن (F10)، لیفر روی (F11)، گرومور ۱+لیفر آهن+لیفر روی (F12)، گرومور ۲+لیفر آهن+لیفر روی (F13)، گرومور ۳+لیفر آهن+لیفر روی (F14)، تیمار شاهد (عدم استفاده از تیمارهای مغذی-F15)] در کرت‌های فرعی فرعی قرار گرفتند. در هر گلدان چهار نشاء

۲-۴ برگ، کاشت شد که پس از استقرار و ایجاد سبزینه، به یک گیاه در هر گلدان تقلیل داده شد. در سال اول در تاریخ ۷ اردیبهشت و در سال دوم در تاریخ ۱۱ اردیبهشت، عملیات کاشت انجام شد. پس از رسیدن گیاهان به مرحله ۶ الی ۸ برگ، در ۶ مرحله با فواصل ۱۴ روزه، با کمک دستگاه مه‌پاش با غلظت ۳ در هزار، اقدام به محلول‌پاشی برگی تیمارهای مغذی به سطوح گیاهان گردید. تیمار پلیمر سوپر جاذب، طبق توصیه شرکت سازنده به میزان ۳۰ گرم در مترمربع (۴ گرم در هر گلدان ۸ کیلوگرمی با قطر ۴۰ سانتی‌متر) اعمال گردید. خصوصیات اقلیمی منطقه، مشخصات خاک، آب و تیمارهای مورد استفاده در جداول ۱ تا ۴ آمده است. با توجه به تعداد تکرار کل طرح در هر سال پژوهش شامل ۲۷۰ گلدان بود. در این تحقیق از تیمارهای ذیل استفاده شد:

- ۱- کود آهن: کود لیفر ۶ درصد آهن. [تولید کارخانجات Jaer-اسپانیا].
- ۲- کود روی: کود لیفر ۱۵ درصد روی. [تولید کارخانجات Jaer-اسپانیا].
- ۳- (گرومور ۱): کود گرومور ۲۰-۲۰-۲۰ (N.P.K). [تولید کارخانجات Master-ایتالیا].
- ۴- (گرومور ۲): کود گرومور ۱۵-۵-۳۰ (N.P.K). [تولید کارخانجات Master-ایتالیا].
- ۵- (گرومور ۳): کود گرومور ۱۲-۱۲-۳۶ (N.P.K). [تولید کارخانجات Master-ایتالیا].
- ۶- نانو سوپر پلیمر جاذب. [رهاب رزین-تحت لیسانس پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران].

جدول ۱- مشخصات اقلیمی محل پژوهش.

Table 1. Physicochemical and climatic properties of experimental field.

2024	2023	Characters
276.3	311.1	Average rainfall (mm) متوسط بارش
11.9	11.6	Average temperature (°C) متوسط درجه حرارت
24.8	22.6	Average maximum temperature (°C) متوسط درجه حرارت بیشینه
-10.1	-12.4	Average minimum temperature (°C) متوسط درجه حرارت کمینه

جدول ۲- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مورد تحقیق.

Table 2. Soil physicochemical properties of experimental soil.

سال Year	کربن آلی Organic Carbon	شن Sand	رس Clay	سیلت Silt	اسیدیته pH	نیتروژن N	فسفر P	کلسیم Ca ²⁺	پتاسیم K ⁺	منگنز Mn	مس Cu	روی Zn	آهن Fe	کلسیم Ca ²⁺	اسیدیته pH	کل مواد محلول TDS	هدایت الکتریکی EC
		%				Ppm										ds.m ⁻¹	
2023	1.46	29.2	25.2	45.6	7.66	0.14	134	0.11	0.17	0.09	0.03	16	47	2.2			
2024	1.55	30.9	24.8	44.3	7.11	0.155	187	0.16	0.11	0.101	0.02	14	45.4	2.8			

جدول ۳- مشخصات آب مورد استفاده جهت آبیاری.

Table 3. Water properties used for irrigation.

سال Year	کربنات کلسیم HCO ₃ ⁻ (meq/lit)	کلر Cl ⁻ (meq/lit)	منیزیم Mg ²⁺ (meq/lit)	کلسیم Ca ²⁺ (meq/lit)	پتاسیم K ⁺ (meq/lit)	سدیم Na ⁺ (meq/lit)	کل مواد محلول TDS (mg/lit)	هدایت الکتریکی E.C (μs/cm)	اسیدیته pH
2023	3.42	0.91	1.43	2.28	0.16	0.763	247.93	387	8.11
2024	3.55	0.88	1.41	2.14	0.17	0.788	255.1	399	8.09

ادامه جدول ۳-

Continue Table 3.

سال Year	نیترات NO ₃ ⁻ (meq/lit)	روی Zn (meq/lit)	منگنز Mn (meq/lit)	مس Cu (meq/lit)	آهن Fe (meq/lit)	کادمیم Cd (meq/lit)	سولفات SO ₄ ²⁻ (meq/lit)	کربنات CO ₃ ²⁻ (meq/lit)
2023	23.67	0.001	0.001	0.001	0.009	0	0.001	0.21
2024	24.01	0	0	0.001	0.002	0	0.002	0.24

جدول ۴- مشخصات کودهای گرومور.

Table 4. Grow-more fertilizers properties.

نام کود Name of fertilizer	کد Code	پتاسیم K ₂ O	فسفر قابل استفاده P ₂ O ₅	اوره Nitrogen (urea)	آمونیاک Nitrogen (NH ₃)	نیتрат Nitrogen (NO ₃)	کل نیتروژن Total nitrogen
(%)							
20-20-20	1	20	20	10.2	3.9	5.9	20
30-5-15	2	30	5	3.9	2	9.1	15
36-12-12	3	36	12	4.2	4	3.8	12

ادامه جدول ۴-

Continue Table 4.

نام کود Name of fertilizer	کد Code	مولیبدن Mo	مس Cu	روی Zn	منگنز Mn	آهن Fe
(%)						
20-20-20	1	0.0005	0.05	0.05	0.1	0.1
30-5-15	2	0.0005	0.05	0.05	0.05	0.2
36-12-12	3	0.0005	0.05	0.05	0.1	0.2

برگ تازه با ۱۰ میلی لیتر استون ۸۰ درصد و ۰/۱ گرم کربنات کلسیم (برای خشتی نمودن حالت اسیدی مایع درون سلولی و ممانعت از تخریب کلروفیل) در یک هاون چینی ساییده شد تا به صورت توده یکنواختی درآمد. این عمل در نور کم و محیط خنک انجام شد. پس از ساتریفیوژ کردن عصاره حاصل، محلول رویی برداشته شد و جذب نور توسط آن در طول موج های ۶۶۳ نانومتر (حداکثر جذب نور کلروفیل a) و ۶۴۵ نانومتر (حداکثر جذب نور کلروفیل b) توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل CARY-100 ساخت واریان استرالیا) و با استفاده از استون ۸۰ درصد به عنوان محلول شاهد قرائت گردید (۲۶):

یک ماه پس از آخرین تیمار، برداشت در زمان گلدهی در سال اول در ۱۵ مهرماه و در سال دوم در ۱۹ مهرماه صورت گرفت و سنجش ها انجام شد. صفات مورد بررسی در پژوهش شامل ویژگی های مورفولوژیکی (وزن خشک اندام هوایی و ارتفاع)، صفات فیزیولوژیکی (کل کلروفیل، مقادیر عناصر روی و آهن اندام هوایی) و صفات زیست شیمیایی (کل فنل، محتوای پرولین)، اسانس و ترکیبات مهم اسانس؛ بودند.

آزمایش ها: وزن خشک ساختار هوایی و نیز ارتفاع گیاهان در زمان برداشت محاسبه گردید. جهت اندازه گیری غلظت کلروفیل کل، ۰/۱۲۵ گرم بافت

$$\text{Chl total (mg.Kg Fw}^{-1}\text{)} = (20.21 \times A645) + (8.02 \times A663)$$

Perklin elmer قرائت و محتوای ترکیبات فنلی کل عصاره‌ها بر حسب میلی گرم اسید گالیک به کیلوگرم وزن تر اندام هوایی محاسبه گردید (۲۸).

جهت تعیین غلظت اسید آمینه پرولین، ابتدا ۰/۳ گرم از بافت برگ تازه با ۱۰ میلی لیتر اسید سولفوسالسیلیک ۳ درصد (وزن به حجم) در هاون چینی ساییده شد. سپس نمونه ساییده شده درون لوله آزمایش ریخته و به مدت دو دقیقه به شدت تکان داده شد. بدین ترتیب، دو فاز جامد و مایع نمونه‌ها به دقت تفکیک گردید. فاز مایع با سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه، به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید و بخش بالایی آن جدا شد. پس از خنک کردن نمونه‌ها در آب یخ، ۴ میلی لیتر تولوئن به هر نمونه اضافه و کاملاً تکان داده شد تا پرولین وارد فاز تولوئن گردد. سپس، نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه به حال سکون رها شدند و در نهایت میزان جذب نور فاز بالایی نمونه‌ها به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل CARY-100 ساخت واریان استرالیا) در طول موج ۵۱۵ نانومتر و با استفاده از تولوئن به عنوان محلول شاهد تعیین گردید. در رابطه ذیل، عدد ۱۱۵/۵ وزن مولکولی پرولین می‌باشد (۲۹):

پرولین (میکروگرم در گرم وزن تر) = ۱۱۵/۵ (میکروگرم در میکرومول) / حجم عصاره (میلی لیتر) × پرولین عصاره (میکروگرم در میلی لیتر) × وزن نمونه (گرم) / ۵

ترازوی دیجیتالی مدل Sartorius ساخت کشور آلمان با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شد. اسانس‌گیری به روش تقطیر با آب، در دستگاه کلونجر (بروسیلیکات آلمانی ساخت شیشه‌آلات ایران) و براساس درصد وزنی، صورت گرفت که برای هر نمونه مدت تقریبی دو ساعت به طول انجامید. اسانس گیاهان مورد نظر پس از آماده‌سازی، جهت شناسایی ترکیبات به دستگاه GC/MS (مدل 7890A/5975C ساخت اچیلنت

برای اندازه‌گیری آهن و روی ساختار هوایی گیاه از روش جذب اتمی شعله‌ای استفاده شد. اندازه‌گیری در عصاره حاصل به روش هضم به طریق سوزاندن خشک و استفاده از اسید کلریدریک انجام گرفت. نمونه‌های استاندارد، شاهد و عصاره را با شعله آبی استیلن هوا ابری نموده و میزان جذب آهن و روی را به ترتیب در طول موج ۵۱۰ و ۲۱۳/۹ نانومتر اندازه‌گیری شد و غلظت عناصر در نمونه با استفاده از سیستم قرائت غلظت دستگاه به دست آمد (۲۷).

محتوای ترکیبات فنل کل با استفاده از معرف فولین-سیوکالتو اندازه‌گیری شد. ابتدا به ۰/۲ میلی لیتر از عصاره‌های مختلف یا محلول استاندارد گالیک اسید (۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر)، ۱/۸ میلی لیتر آب دوبار تقطیر، ۰/۲ میلی لیتر معرف فولین-سیوکالتو (رقیق شده با نسبت ۱ به ۱۵) اضافه و به خوبی مخلوط گردید. پس از گذشت ۵ دقیقه، ۰/۲ میلی لیتر محلول بی‌کربنات سدیم ۷ درصد و ۰/۸ میلی لیتر آب دوبار تقطیر به محلول اضافه شد و ۹۰ دقیقه در دمای اتاق و شرایط تاریکی نگهداری شد. سپس جذب نمونه‌ها در ۷۵۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر ساخت کشور آمریکا مدل

برای اسانس‌گیری، پس از برداشت نمونه‌های گیاهی، به منظور محافظت نوری نمونه‌ها و حداقل آسیب به کیفیت اسانس، اندام‌های هوایی در پاکت‌های کاغذی جمع‌آوری شدند. به روش هوای آزاد در سایه با دمای معمولی ۲۵-۳۰ درجه سانتی‌گراد، کاملاً خشک شدند. بعد از خشک شدن ساختارهای هوایی، اقدام به خرد کردن اندام‌های گیاهی گردید. سپس مقدار ۳۰۰ گرم از هر نمونه با

آمریکا) مجهز به ستون موئینه HP-5MS به طول ۳۰ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میکرون با محدوده دمایی آون ستون از ۶۰ تا ۲۴۰ درجه سانتی‌گراد تزریق گردید. شناسایی طیف‌ها به کمک شاخص بازداری آن‌ها و مقایسه آن با شاخص‌های موجود در کتب مرجع و با استفاده از طیف‌های جرمی ترکیبات استاندارد و استفاده از اطلاعات موجود در کتابخانه کامپیوتری (Wiley and NIST) صورت گرفت (۳۰).

با استفاده از آزمون Kolmogorov-Smirnov از نرمال بودن داده‌ها اطمینان حاصل شد. پس از انجام آزمون همگنی واریانس‌های خطای آزمایشی (بارتلت) و مشخص شدن عدم معنی‌داری در هر دو سال، تجزیه مرکب اطلاعات برآمده از تحقیق به واسطه نرم‌افزار آماری SAS ver.9 انجام شد. مقایسات میانگین اسانس و ترکیبات اسانس از روش حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد انجام شد و برای اطمینان از مقادیر خطای استاندارد، به‌طور جداگانه با نرم‌افزار Excel ver. 2013، برآورد مجدد انجام شد.

نتایج و بحث

صفات مورفولوژیکی: نتایج این پژوهش نشانگر اثرگذاری معنادار تیمارهای مورد استفاده بر صفات مورفوفیزیولوژیکی و زیست شیمیایی مورد ارزیابی بود (جدول ۵). در دو سال انجام تحقیق بیش‌ترین و کم‌ترین مقادیر وزن خشک اندام هوایی به ترتیب تیمارهای D1S1F12 (رطوبت ظرفیت زراعی-کاربرد سوپر پلیمر جاذب-تیمار ترکیبی کود گرومور ۱+لیبفر آهن+لیبفر روی) و D3S2F15 (۷۵ درصد تخلیه رطوبتی-عدم کاربرد سوپر پلیمر جاذب-عدم کاربرد مواد مغذی) به میزان ۶۱/۵۵-۲۲/۱۲ گرم در گیاه به‌دست آمد. در مورد ارتفاع گیاهان، بیش‌ترین و

کم‌ترین مقادیر (۴۴/۳۴-۱۸/۵۴ گرم در گیاه) به‌ترتیب در گیاهان تحت تیمارهای D1S1F12 و D3S2F15 حاصل شد (جدول ۶).

صفات فیزیولوژیکی: تیمارهای مورد استفاده در تحقیق حاضر، اثر معنی‌داری بر صفات فیزیولوژیکی ایجاد نمودند (جدول ۵). بالاترین مقادیر مربوط به کل کلروفیل (۲/۹۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر)، روی اندام هوایی (۶۹/۵۵ میکروگرم در گرم وزن خشک) و آهن اندام هوایی (۸۲/۸۵ میکروگرم در گرم وزن خشک) در تیمارهای D2S1F14 و D1S1F12T مشاهده شد. کم‌ترین مقادیر کل کلروفیل (۱/۹۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر)، روی اندام هوایی (۲۸/۳۴ میکروگرم در گرم وزن خشک) و آهن اندام هوایی (۴۰/۷۷ میکروگرم در گرم وزن خشک) در تیمار عدم کاربرد کودی و تحت شرایط تنش خشکی شدید به‌دست آمد (جدول ۶).

صفات فیتوشیمیایی: بیش‌ترین مقدار کل فنل (۱/۳۹ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر) و کم‌ترین محتوای پرولین (۱۰/۸۹ میکروگرم در کیلوگرم وزن تر) در تیمارهای کود گرومور ۱ (۲۰-۲۰-۲۰) همراه با کاربرد ریزمغذی‌های آهن و روی و کم‌ترین مقادیر کل فنل (۰/۲۹ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر) و بیش‌ترین محتوای پرولین (۳۲/۰۱ میکروگرم در کیلوگرم وزن تر) در تیمارهای عدم کاربرد تیمارهای تغذیه‌ای و تحت شرایط تنش رطوبتی شدید به‌دست آمد که رشدی بیش از دو برابر را ایجاد نمود (جدول ۶). مشخص گردید که تیمارهای مورد استفاده و در برخی موارد برهمکنش آن‌ها با سال، اثر معنی‌داری بر صفات مورفوفیزیولوژیکی و زیست شیمیایی ایجاد نمود (جدول ۵).

تأثیر مثبت اعمال کودهای نیتروژنه در بهبود رشد و نمو و محصول‌دهی در گزارش‌های متعددی اشاره شده است (۳۱، ۳۲، ۳۳). در تحقیق حاضر در تمامی صفات مورفولوژیکی مورد ارزیابی، مشاهده گردید، تیمارهای مورد استفاده اثر افزایش در صفات نسبت به گیاهان شاهد داشتند. در تحقیقات قبلی بیان شده است که با افزایش صفات مورفولوژیکی و در نهایت وزن خشک، میزان مواد مؤثره افزایش یافته است. این تحقیق نشان داد که وجود هم‌زمان آهن و روی اثر تقویتی دارد و باعث افزایش صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی می‌شود. افزایش صفات مورفولوژیکی از وزن خشک و ارتفاع ساختار هوایی، در اثر کاربرد کودهای کامل و ریزمغذی‌ها را می‌توان به افزایش تولید فیتوهورمون‌ها به‌خصوص ایندول استیک اسید نسبت داد (۳۴، ۳۵). عناصر غذایی، مسئول ارسال پیام‌های شیمیایی هستند که سبب پاسخ‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی و تجمع فیتوآلکسین می‌شوند. طی پاسخ به سیگنال ناشی از عناصر غذایی، سیستم دفاعی گیاه، فعال شده و در نتیجه بیان ژن‌های دفاعی، محتوای مواد زیست شیمیایی گیاه افزایش می‌یابد (۳۶).

در میان صفات فیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی، بیش‌ترین مقادیر کل کلروفیل و کل فنل در تیمارهای کود گرومور ایجاد شد که نقش تغذیه‌ای کودهای کامل را نشان می‌دهد (۳۱، ۳۷). در یک نگاه کلی و از

منظر فیزیولوژیکی، نتایج پژوهش حاضر نشان داد که استفاده از کودهای حاوی NPK باعث کاهش نسبی نیتروژن ریشه و در مقابل افزایش نیتروژن برگ‌ها شد که مشخص می‌کند اعمال کود، سیستم انتقال مواد نیتروژنه از ریشه به برگ‌ها را تقویت می‌نماید، هرچند که مقادیر نیتروژن برگ و ریشه در زمان تنش شدید، بسیار کم‌تر از سایر سطوح رطوبتی بود. استفاده از عناصر غذایی، باعث افزایش سطح برگ می‌شود که این امر به تولید بیش‌تر مواد سنتزی منجر می‌گردد. هم‌چنین با افزایش سطح برگ، تعداد روزنه به عنوان محل ورود دی‌اکسیدکربن بیش‌تر شده و متعاقب آن ساخت گل‌وکز به عنوان پیش‌ماده مناسب در ساخت ترکیبات ثانویه گیاه به عنوان نتیجه فرآیند فتوسنتز زیاد شده و در نتیجه عملکرد کمی و کیفی گیاه ارتقاء می‌یابد (۳۸). نتایج این پژوهش در تطابق با گزارش‌های سایر محققین است (۳۹، ۴۰). با توجه به نقش محرک رشدی کودهای مورد استفاده در افزایش سبزینه گیاه و به‌تبع آن افزایش فتوسنتز، بدیهی است که متعاقب آن میزان مواد مؤثره گیاهی بیش‌تر می‌شود (۱۹، ۴۱). در این پژوهش، ارتباط مستقیم و مثبت صفات مورفولوژیکی مورد ارزیابی با مقادیر برخی از صفات فیزیولوژیکی و زیست شیمیایی تحت‌تأثیر اعمال تیمارهای مختلف به‌دست آمد که با نتایج دیگر محققان تا حد زیادی مطابقت دارد (۳، ۷، ۱۷).

جدول ۵- تجزیه واریانس مرکب میانگین مربعات صفات مورفوفیزیولوژیکی و زیست شیمیایی گیاه اسطوخودوس.

Table 5. Complex analysis of variance of mean of squares of morpho-physiological and phytochemical properties in *L. angustifolia*.

منبع تغییرات SOV _z	درجه آزادی DF _y	محتوای پروتئین Prolin content	کل فنل Total phenol	آهن اندام هوایی Iron of shoot	روی اندام هوایی Zinc of shoot	کل کلروفیل Total chlorophyll	ارتفاع گیاه Height of plant	وزن خشک اندام هوایی Dry shoot weight
سال (Y)	1	8.4**	155.3**	122.5**	12.1 ^{ns}	1.6 ^{ns}	1.4 ^{ns}	38.5 ^{ns}
تکرار در سال R(Y)	4	0.06	1.14	1.6	14.2	1.3	5.12	45.6
خشکی (A)	2	4.55**	543.2**	1567.2**	1456.2**	51.5**	541.1**	201.17**
Y×A	2	3.3**	233.5**	1123.1**	999.2**	1.1 ^{ns}	10.4 ^{ns}	0.55 ^{ns}
خطای کرت های اصلی (a)	8	0.09	12.4	10.1	12.3	0.99	12.2	1.99
پلیمر سوپر جاذب (B)	1	2.88**	66.2**	17.12**	14.23**	24.12**	22.14**	19.14**
Y×B	1	1.77**	32.2**	14.2**	12.2**	15.2**	10.2**	14.2**
A×B	2	1.22**	22.2**	12.62**	10.31**	8.3**	8.3**	8.3**
A×B×Y	2	0.003 ^{ns}	0.24*	0.66*	0.045 ^{ns}	0.077 ^{ns}	0.033 ^{ns}	0.11 ^{ns}
خطای کرت های فرعی (b)	12	0.003	0.073	0.12	0.033	0.044	0.029	0.09
محلول پاشی (C)	14	4.1**	8.77**	4.42**	4.1**	3.11**	2.88**	6.1**
Y×C	14	1.22**	8.23**	3.23**	1.5**	2.99**	2.34**	5.56**
C×B	14	2.11**	6.88**	1.77**	1.2**	2.02**	0.88**	4.26**
C×B×Y	14	0.77**	5.99**	1.14**	0.77**	0.88**	0.98**	3.02**
C×A	28	0.88**	3.11**	2.88**	1.11**	2.77**	1.77**	2.62**
C×A×Y	28	0.007*	1.8*	0.22*	0.011 ^{ns}	0.066 ^{ns}	0.033 ^{ns}	0.055 ^{ns}
C×B×A	28	0.006*	1.77*	0.26*	0.44**	0.77**	0.47**	0.39**
C×B×A×Y	28	0.001 ^{ns}	0.99 ^{ns}	0.11 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.024 ^{ns}	0.012 ^{ns}	0.011 ^{ns}
خطای کرت های فرعی فرعی (c)	336	0.003	1.11	0.11	0.032	0.055	0.027	0.077
ضریب تغییرات (CV%)		10.1	14.2	11.4	8.89	14.5	14.4	16.1

*, ** و ^{ns} به ترتیب معنی دار در سطح $\alpha=0.05$, $\alpha=0.01$ و عدم معنی دار

^z SOV: source of variation, ^ydf: degree of freedom, ^xCV: coefficient of variation, *, ** significant at P=0.05 and P=0.01 levels of probability respectively, ns: not significant

جدول ۶- مقایسات میانگین صفات مورفوفیزیولوژیکی و زیست شیمیایی گیاه اسطوخودوس تحت تأثیر تیمارهای مغذی، نانوسوپرپلیمر جاذب و تنش خشکی در دو سال انجام تحقیق.

Table 6. Means comparisons of morpho-physiological and phytochemical properties in *L. angustifolia* plants affected by fertilizers, superabsorbent nano-polymer and drought stress.

تیمارها*	Prolin content ($\mu\text{g.KgFw}^{-1}$)	کل فنل Total phenol (mg.KgFw^{-1})	آهن اندام هوایی Iron of shoot ($\mu\text{g/gr D.W}$)	روی اندام هوایی Zinc of shoot ($\mu\text{g/gr D.W}$)	کلروفیل کل Total Chlorophyll (mg/gr F.W)	ارتفاع گیاه Height of plant (Cm)	وزن خشک اندام هوایی Dry shoot weight (gr/plant)
D1S1F1	14.9±0.32 ^e	1.14±0.01 ^b	66.24±0.95 ^c	49.87±1.4 ^{de}	2.11±0.01 ^d	31.11±0.8 ^c	40.34±1.6 ^d
D1S1F2	11.78±0.55 ^f	1.15±0.03 ^b	71.55±0.78 ^b	47.44±1.1 ^e	2.23±0.03 ^d	33.55±0.8 ^c	40.98±1.2 ^d
D1S1F3	14.45±0.19 ^e	1.18±0.02 ^b	67.84±0.91 ^c	46.55±1.5 ^e	2.22±0.02 ^d	34.33±0.3 ^c	41.01±1.8 ^d
D1S1F4	11.55±0.14 ^f	1.22±0.01 ^a	71.99±0.88 ^b	50.99±1.4 ^d	2.27±0.01 ^d	30.24±0.8 ^c	43.89±1.9 ^d
D1S1F5	11.09±0.32 ^f	1.21±0.03 ^{ab}	70.74±0.81 ^{bc}	62.98±2.4 ^b	2.45±0.03 ^c	33.4±0.3 ^c	46.99±1.6 ^c
D1S1F6	14.78±0.55 ^e	1.24±0.02 ^a	72.11±0.95 ^b	51.55±1.7 ^d	2.41±0.02 ^c	35.23±0.8 ^{bc}	45.99±1.2 ^c
D1S1F7	14.55±0.27 ^e	1.26±0.03 ^a	70.66±0.71 ^{bc}	63.67±1.5 ^b	2.37±0.03 ^c	33.11±0.2 ^c	43.98±1.5 ^d
D1S1F8	12.34±0.32 ^f	1.28±0.01 ^a	74.13±0.86 ^b	54.33±1.4 ^{cd}	2.47±0.01 ^c	40.99±0.5 ^a	44.83±1.9 ^{cd}
D1S1F9	13.99±0.55 ^e	1.25±0.02 ^a	70.11±0.77 ^{bc}	64.88±1.2 ^{ab}	2.44±0.02 ^c	38.34±0.8 ^b	47.44±1.8 ^c
D1S1F10	14.45±0.14 ^e	1.29±0.03 ^a	76.15±0.88 ^a	65.33±1.5 ^a	2.56±0.03 ^b	42.67±0.6 ^a	48.11±1.6 ^c
D1S1F11	15.47±0.32 ^e	1.33±0.02 ^a	73.85±1.1 ^a	65.98±1.1 ^a	2.64±0.02 ^b	41.67±0.8 ^a	51.11±1.9 ^b
D1S1F12	10.8±0.27 ^f	1.39±0.03 ^a	79.01±0.88 ^a	68.99±2.4 ^a	2.92±0.01 ^a	38.33±0.56 ^b	61.55±1.7 ^a
D1S1F13	11.45±0.14 ^f	1.31±0.03 ^a	82.85±0.91 ^a	68.33±1.3 ^a	2.88±0.03 ^a	41.32±0.3 ^a	58.66±1.2 ^a
D1S1F14	11.56±0.55 ^f	1.32±0.01 ^a	81.22±0.88 ^a	69.55±1.5 ^a	2.89±0.01 ^a	44.34±0.8 ^a	59.44±1.5 ^a
D1S1F15	16.41±0.14 ^d	1.07±0.03 ^b	60.15±0.89 ^d	53.77±1.4 ^d	2.27±0.02 ^d	31.65±0.2 ^c	40.01±1.9 ^{de}
D1S2F1	17.89±0.27 ^d	1.22±0.02 ^{ab}	61.21±0.91 ^d	50.55±1.1 ^d	2.39±0.01 ^c	32.47±0.8 ^c	49.04±1.6 ^{bc}
D1S2F2	16.43±0.32 ^d	1.05±0.01 ^b	62.55±0.78 ^d	59.81±1.1 ^{bc}	2.36±0.03 ^c	31.43±0.1 ^c	47.99±2.5 ^c
D1S2F3	18.88±0.55 ^d	1.06±0.03 ^b	60.81±0.91 ^d	50.59±1.5 ^d	2.33±0.03 ^c	32.45±0.1 ^c	47.99±1.8 ^c
D1S2F4	18.89±0.32 ^d	1.08±0.02 ^b	63.15±1.1 ^d	52.99±1.4 ^d	2.42±0.02 ^c	34.65±0.8 ^{bc}	48.99±2.2 ^c
D1S2F5	17.99±0.27 ^d	1.09±0.01 ^b	62.72±0.81 ^d	55.37±1.7 ^c	2.31±0.01 ^{cd}	35.11±0.2 ^{bc}	48.78±1.9 ^c
D1S2F6	16.58±0.14 ^d	1.11±0.03 ^b	64.11±0.95 ^{cd}	51.12±1.1 ^d	2.24±0.03 ^d	33.88±0.3 ^c	50.88±1.6 ^b
D1S2F7	16.67±0.32 ^d	1.13±0.02 ^b	64.66±0.71 ^{cd}	56.66±1.5 ^c	2.33±0.03 ^c	35.65±0.2 ^{bc}	51.99±2.5 ^b
D1S2F8	17.77±0.27 ^d	1.16±0.03 ^b	66.15±0.86 ^c	50.11±1.4 ^d	2.44±0.02 ^c	36.43±0.8 ^b	53.44±1.5 ^b
D1S2F9	18.44±0.55 ^d	1.18±0.01 ^{ab}	63.11±0.94 ^d	57.88±1.2 ^c	2.58±0.02 ^b	37.87±0.2 ^b	51.99±1.9 ^b
D1S2F10	19.43±0.32 ^{cd}	1.21±0.03 ^{ab}	66.15±0.88 ^c	50.81±1.7 ^d	2.56±0.03 ^b	36.88±0.8 ^b	52.66±1.6 ^b
D1S2F11	18.99±0.27 ^d	1.16±0.03 ^b	62.82±0.66 ^d	58.22±1.1 ^c	2.63±0.01 ^b	37.11±0.8 ^b	54.99±1.2 ^b
D1S2F12	18.99±0.14 ^d	1.24±0.02 ^a	64.11±0.88 ^{cd}	59.99±1.2 ^{bc}	2.74±0.02 ^a	39.33±0.1 ^b	55.77±1.9 ^{ab}
D1S2F13	19.42±0.32 ^{cd}	1.22±0.01 ^a	65.88±0.91 ^{cd}	59.15±1.4 ^c	2.49±0.03 ^{bc}	39.44±0.2 ^{ab}	56.01±1.5 ^{ab}
D1S2F14	18.39±0.27 ^d	1.21±0.03 ^{ab}	68.22±0.88 ^c	59.49±1.5 ^c	2.42±0.01 ^c	38.77±0.8 ^b	55.78±1.6 ^{ab}
D1S2F15	17.81±0.55 ^d	0.91±0.02 ^c	59.11±0.81 ^{de}	42.12±1.1 ^f	2.25±0.02 ^d	30.77±0.8 ^c	38.11±1.8 ^e
D2S1F1	22.24±0.77 ^c	0.84±0.01 ^c	50.24±0.91 ^f	38.55±1.3 ^g	2.27±0.03 ^d	34.88±0.4 ^c	41.72±1.9 ^d
D2S1F2	27.09±0.75 ^b	0.77±0.03 ^d	48.55±0.78 ^g	37.81±1.4 ^g	2.33±0.01 ^c	33.92±0.5 ^c	40.99±1.2 ^{de}
D2S1F3	26.01±0.64 ^b	0.81±0.02 ^{cd}	47.84±0.92 ^g	38.59±1.1 ^g	2.15±0.02 ^d	34.99±0.4 ^c	41.44±1.6 ^d
D2S1F4	25.56±0.75 ^b	0.83±0.01 ^c	53.15±1.1 ^f	40.99±1.5 ^f	2.29±0.03 ^{cd}	32.88±0.8 ^c	41.14±1.8 ^d
D2S1F5	22.19±0.77 ^c	0.91±0.01 ^c	52.74±0.85 ^f	43.37±1.2 ^f	2.41±0.01 ^c	33.77±0.8 ^c	40.11±1.9 ^d
D2S1F6	27.77±0.75 ^{ab}	0.95±0.03 ^c	54.15±0.93 ^f	41.12±1.4 ^f	2.44±0.01 ^c	32.82±0.8 ^c	41.17±1.2 ^d
D2S1F7	25.55±0.64 ^b	0.98±0.02 ^{bc}	52.64±0.74 ^f	44.66±1.1 ^{ef}	2.53±0.02 ^b	31.81±0.4 ^c	40.16±1.6 ^d
D2S1F8	28.78±0.77 ^a	0.99±0.03 ^{bc}	55.15±0.86 ^{ef}	42.11±1.2 ^f	2.41±0.03 ^c	33.32±0.1 ^c	49.99±1.5 ^{bc}
D2S1F9	26.67±0.64 ^b	1.12±0.01 ^b	54.04±0.92 ^{ef}	45.88±1.5 ^e	2.48±0.03 ^c	34.93±0.4 ^c	48.12±1.1 ^c
D2S1F10	28.88±0.75 ^a	1.11±0.02 ^b	56.14±1.1 ^e	42.81±1.4 ^f	2.41±0.02 ^c	35.83±0.5 ^b	45.59±1.5 ^c
D2S1F11	26.22±0.93 ^b	1.05±0.01 ^b	54.85±0.66 ^{ef}	46.22±1.1 ^e	2.55±0.01 ^b	33.88±0.8 ^c	46.77±1.6 ^c
D2S1F12	26.88±0.77 ^b	1.12±0.03 ^b	56.25±0.81 ^e	47.18±1.2 ^e	2.57±0.01 ^b	31.44±0.8 ^c	48.99±1.2 ^c
D2S1F13	25.22±0.75 ^b	1.22±0.02 ^{ab}	56.85±0.97 ^e	47.15±1.7 ^e	2.46±0.02 ^c	33.66±0.2 ^c	47.66±1.2 ^c
D2S1F14	21.77±0.64 ^c	1.39±0.05 ^a	56.15±0.78 ^e	47.49±1.1 ^e	2.33±0.03 ^c	34.54±0.3 ^c	45.76±1.8 ^c
D2S1F15	28.09±0.93 ^a	0.99±0.01 ^{bc}	46.75±0.85 ^g	40.11±1.4 ^f	2.16±0.01 ^d	28.21±0.1 ^d	42.14±1.6 ^d
D2S2F1	21.88±0.75 ^c	0.65±0.03 ^d	49.27±0.95 ^{fg}	37.58±1.5 ^g	2.03±0.02 ^e	30.99±0.3 ^c	44.98±1.2 ^{cd}
D2S2F2	22.99±0.77 ^c	0.61±0.02 ^d	47.55±0.71 ^g	36.79±1.7 ^g	2.11±0.01 ^d	31.77±0.8 ^c	45.99±1.1 ^c
D2S2F3	25.01±0.64 ^b	0.59±0.01 ^{de}	46.88±0.95 ^g	37.59±1.1 ^g	2.17±0.03 ^d	30.66±0.8 ^c	46.66±2.1 ^c
D2S2F4	24.11±0.75 ^b	0.71±0.02 ^d	49.15±1.1 ^{fg}	39.19±1.2 ^g	2.15±0.01 ^d	29.99±0.3 ^{cd}	47.88±1.5 ^c
D2S2F3	25.01±0.64 ^b	0.59±0.01 ^{de}	46.88±0.95 ^g	37.59±1.1 ^g	2.17±0.03 ^d	30.66±0.8 ^c	46.66±2.1 ^c

ادامه جدول ۶-

Continue Table 6.

تیمارها*	Prolin content ($\mu\text{g.KgFw}^{-1}$)	کل فنل Total phenol (mg.KgFw^{-1})	آهن اندام هوایی Iron of shoot ($\mu\text{g/gr D.W}$)	روی اندام هوایی Zinc of shoot ($\mu\text{g/gr D.W}$)	کلروفیل کل Total Chlorophyll (mg/gr F.W)	ارتفاع گیاه Height of plant (Cm)	وزن خشک اندام هوایی Dry shoot weight (gr/plant)
D2S2F4	24.11±0.75 ^b	0.71±0.02 ^d	49.15±1.1 ^{fg}	39.19±1.2 ^g	2.15±0.01 ^d	29.99±0.3 ^{cd}	47.88±1.5 ^c
D2S2F5	22.78±0.77 ^c	0.72±0.03 ^d	48.72±0.85 ^g	42.38±1.4 ^f	2.19±0.03 ^d	31.44±0.8 ^c	48.87±1.6 ^c
D2S2F6	24.14±0.64 ^b	0.68±0.01 ^d	47.15±0.95 ^g	40.18±1.1 ^{fg}	2.15±0.02 ^d	32.77±0.2 ^c	49.33±1.2 ^{bc}
D2S2F7	24.34±0.75 ^b	0.66±0.02 ^d	47.66±0.74 ^g	43.99±1.5 ^f	2.08±0.01 ^e	33.66±0.8 ^c	49.12±1.8 ^{bc}
D2S2F8	21.88±0.93 ^c	0.64±0.03 ^d	48.15±0.86 ^g	41.11±1.7 ^f	2.11±0.02 ^d	32.66±0.1 ^c	48.12±1.6 ^c
D2S2F9	21.78±0.77 ^c	0.69±0.01 ^d	49.04±0.94 ^g	44.88±1.1 ^{ef}	2.21±0.03 ^d	33.88±0.1 ^c	47.77±1.2 ^c
D2S2F10	22.16±0.75 ^c	0.73±0.02 ^d	50.15±1.1 ^{fg}	41.88±1.4 ^f	2.18±0.01 ^d	34.77±0.3 ^c	48.33±1.3 ^c
D2S2F11	24.33±0.64 ^b	0.83±0.03 ^c	47.82±0.66 ^g	45.29±1.2 ^{ef}	2.17±0.01 ^d	35.77±0.2 ^b	40.12±1.6 ^d
D2S2F12	27.77±0.93 ^{ab}	0.85±0.01 ^c	48.25±0.88 ^g	46.11±1.7 ^e	2.21±0.02 ^d	36.66±0.8 ^b	49.98±1.5 ^{bc}
D2S2F13	25.43±0.77 ^b	0.81±0.02 ^c	47.88±0.97 ^g	46.18±1.5 ^e	2.16±0.03 ^d	37.76±0.8 ^b	40.01±1.8 ^{de}
D2S2F14	25.12±0.64 ^b	0.79±0.03 ^{cd}	49.15±1.1 ^g	46.42±1.1 ^e	2.12±0.01 ^d	38.99±0.5 ^b	40.12±1.6 ^{de}
D2S2F15	26.01±0.75 ^b	0.41±0.01 ^e	40.77±0.85 ^h	34.35±1.4 ^g	2.02±0.02 ^e	25.12±0.5 ^d	33.15±0.9 ^f
D3S1F1	29.67±0.93 ^a	0.56±0.02 ^e	46.27±0.91 ^g	36.55±1.6 ^g	2.14±0.03 ^d	28.88±0.4 ^{de}	35.98±1.2 ^e
D3S1F2	29.05±0.82 ^a	0.55±0.01 ^e	48.52±0.78 ^g	36.71±1.5 ^g	2.11±0.03 ^d	29.12±0.2 ^d	37.77±1.6 ^e
D3S1F3	28.92±0.93 ^a	0.54±0.03 ^e	45.88±0.99 ^g	35.59±1.4 ^{gh}	2.11±0.01 ^d	28.99±0.8 ^d	38.22±1.5 ^e
D3S1F4	29.98±0.55 ^a	0.53±0.02 ^e	51.11±1.1 ^f	37.11±1.1 ^g	2.08±0.02 ^e	27.88±0.3 ^d	40.11±1.9 ^d
D3S1F5	29.11±0.82 ^a	0.52±0.01 ^e	50.72±0.88 ^{fg}	40.37±1.6 ^f	2.08±0.01 ^e	29.66±0.2 ^{cd}	39.99±1.6 ^d
D3S1F6	28.09±0.73 ^{ab}	0.51±0.03 ^e	52.12±0.95 ^f	39.12±1.5 ^{fg}	2.16±0.02 ^d	32.44±0.8 ^c	38.93±1.5 ^d
D3S1F7	27.77±0.93 ^b	0.59±0.02 ^{de}	50.66±0.75 ^{fg}	45.99±1.7 ^{ef}	2.13±0.03 ^d	36.77±0.8 ^b	40.91±1.8 ^d
D3S1F8	29.9±0.73 ^a	0.58±0.01 ^{de}	53.12±0.86 ^f	39.11±1.1 ^f	2.12±0.03 ^d	31.44±0.5 ^c	41.88±1.6 ^d
D3S1F9	28.11±0.82 ^{ab}	0.56±0.03 ^{de}	52.04±0.99 ^f	43.88±1.4 ^f	2.11±0.01 ^d	29.66±0.3 ^{cd}	42.88±1.5 ^{cd}
D3S1F10	27.43±0.55 ^{ab}	0.61±0.01 ^d	54.11±1.1 ^{ef}	39.88±1.5 ^f	2.14±0.02 ^d	33.66±0.3 ^d	40.22±1.5 ^d
D3S1F11	29.9±0.93 ^a	0.63±0.02 ^d	52.82±1.1 ^f	44.22±1.6 ^f	2.21±0.03 ^d	32.77±0.3 ^c	41.11±1.6 ^d
D3S1F12	30.11±0.73 ^a	0.66±0.03 ^d	54.22±0.88 ^{ef}	45.11±1.1 ^{ef}	2.23±0.01 ^d	33.34±0.3 ^c	42.12±1.9 ^d
D3S1F13	27.99±0.55 ^{ab}	0.64±0.01 ^d	54.88±1.2 ^{ef}	46.18±1.4 ^{ef}	2.16±0.03 ^d	30.88±0.8 ^c	40.88±2.2 ^d
D3S1F14	28.01±0.93 ^a	0.61±0.02 ^{de}	54.11±1.1 ^{ef}	47.49±1.7 ^e	2.13±0.02 ^d	32.56±0.2 ^c	41.12±1.8 ^d
D3S1F15	28.12±0.82 ^a	0.34±0.01 ^f	44.99±0.85 ^g	35.99±1.5 ^g	2.01±0.03 ^e	24.34±0.8 ^e	34.66±1.6 ^{ef}
D3S2F1	29.1±0.55 ^a	0.45±0.02 ^e	47.77±0.99 ^g	35.55±1.1 ^g	2.02±0.01 ^e	28.33±0.1 ^d	25.12±1.4 ^g
D3S2F2	29.33±0.73 ^a	0.44±0.01 ^e	45.55±0.78 ^{gh}	34.77±1.4 ^{gh}	2.01±0.03 ^e	29.98±0.8 ^{cd}	24.23±1.9 ^h
D3S2F3	28.66±0.93 ^a	0.43±0.03 ^e	44.88±1.2 ^g	35.59±1.7 ^{gh}	2.02±0.02 ^e	30.55±0.5 ^c	25.33±1.2 ^g
D3S2F4	29.33±0.82 ^a	0.46±0.01 ^e	46.11±1.1 ^g	37.11±1.5 ^g	2.06±0.01 ^e	31.55±0.8 ^c	25.12±0.5 ^g
D3S2F5	29.98±0.55 ^a	0.47±0.02 ^e	49.77±1.2 ^{fg}	37.37±1.1 ^g	2.15±0.03 ^d	28.77±0.8 ^d	26.88±0.5 ^g
D3S2F6	28.99±0.73 ^a	0.49±0.01 ^e	45.12±0.95 ^g	34.12±1.4 ^{gh}	2.17±0.03 ^d	29.45±0.3 ^d	27.13±0.6 ^g
D3S2F7	29.12±0.55 ^a	0.51±0.01 ^e	49.66±0.75 ^{fg}	41.99±1.5 ^f	2.07±0.01 ^{de}	25.55±0.8 ^d	26.88±0.9 ^g
D3S2F8	28.44±0.82 ^a	0.49±0.03 ^e	45.16±0.86 ^g	39.11±1.7 ^{gh}	2.15±0.02 ^d	26.92±0.5 ^d	26.99±0.8 ^g
D3S2F9	29.14±0.93 ^a	0.50±0.01 ^e	48.04±1.3 ^g	42.88±1.1 ^f	2.12±0.03 ^d	27.62±0.4 ^d	24.88±0.6 ^h
D3S2F10	29.88±0.55 ^a	0.51±0.03 ^e	46.11±1.2 ^g	39.88±1.4 ^g	2.21±0.03 ^d	26.88±0.1 ^d	28.55±0.2 ^g
D3S2F11	29.18±0.82 ^a	0.55±0.02 ^e	44.88±1.1 ^h	43.22±0.98 ^f	2.12±0.01 ^d	27.66±0.2 ^d	29.77±0.5 ^{fg}
D3S2F12	32.01±0.73 ^a	0.56±0.02 ^e	49.22±1.4 ^g	44.11±1.7 ^f	2.23±0.03 ^d	28.67±0.8 ^d	32.66±0.5 ^f
D3S2F13	31.33±0.77 ^a	0.54±0.01 ^e	48.88±1.1 ^g	44.15±1.4 ^f	2.19±0.02 ^d	29.44±0.9 ^{cd}	31.12±0.9 ^f
D3S2F14	30.08±0.97 ^a	0.53±0.01 ^e	49.11±1.2 ^{fg}	44.42±1.1 ^f	2.12±0.01 ^d	28.81±0.1 ^d	30.13±0.8 ^f
D3S2F15	29.24±0.93 ^a	0.29±0.01 ^f	40.77±0.99 ^h	28.34±1.02 ⁱ	1.95±0.01 ^e	18.54±0.8 ^f	22.12±0.3 ^h

D* سطوح تنش خشکی [میزان تبخیر از تشت تبخیر در سطح ظرفیت مزرعه (D1)، ۵۰ درصد (D2) و ۷۵ درصد تخلیه رطوبتی (D3)] - S: سطوح پلیمر سوپر جاذب [استفاده (S1) و عدم استفاده (S2)] - F: استفاده از کودهای شیمیایی [کودهای گرومور ۱ (F1)، گرومور ۲ (F2)، گرومور ۳ (F3)، لیفر آهن (F4)، لیفر روی (F5)، گرومور ۱+لیفر آهن (F6)، گرومور ۱+لیفر روی (F7)، گرومور ۲+لیفر آهن (F8)، گرومور ۲+لیفر روی (F9)، گرومور ۳+لیفر آهن (F10)، گرومور ۳+لیفر روی (F11)، گرومور ۱+لیفر آهن+لیفر روی (F12)، گرومور ۲+ لیفر آهن+لیفر روی (F13)، گرومور ۳+لیفر آهن+لیفر روی (F14)، تیمار شاهد (عدم استفاده از تیمارهای مغذی -F15)]

** اعدادی در هر ستون که دارای حروف مشترک هستند در یک گروه آماری قرار دارند.

* D: drought stress [field capacity (D1), 50% evaporation (D2), 75% evaporation (D3)], S: superabsorbent nano-polymer [consumption (S1), no consumption (S2)], F: fertilizer application [grow-more 1 (F1), grow-more 2 (F2), grow-more 3 (F3), iron chelate (F4), zinc chelate (F5), grow-more 1+iron chelate (F6), grow-more 1+zinc chelate (F7), grow-more 2+iron chelate (F8), grow-more 2+zinc chelate (F9), grow-more 3+iron chelate (F10), grow-more 3+zinc chelate (F11), grow-more 1+iron chelate+zinc chelate (F12), grow-more 2+iron chelate+zinc chelate (F13), grow-more 3+iron chelate+zinc chelate (F14), control (F15)]

** Numbers in each column that have same word, have same group

اسانس و ترکیبات عمده اسانس: در پژوهش حاضر، تیمارهای مورد استفاده اثرگذاری معنی‌داری بر اسانس و ترکیبات عمده اسانس ایجاد نمودند (جدول ۷). بیش‌ترین مقادیر اسانس (۱/۲۴ درصد)، ترکیبات عمده اسانس شامل لینالول (۴۸/۸۵ درصد)، لینالیل استات (۳۰/۰۱ درصد)، لیمونن (۴/۱۱ درصد)، آلفا-پینن (۱/۹۹ درصد)، ۸ سینئول (۲/۹۹ درصد)، بورنئول (۸/۰۱ درصد) و کامفور (۲۰/۳۲ درصد) (گروه مونوترپن‌های حلقوی و الکلی) در تیمارهای کودهای گرومور (به‌ویژه کود گرومور ۱) در ترکیب با ریزمغذی‌های آهن و روی و تحت شرایط رطوبتی ظرفیت زراعی حاصل گردید و از سوی دیگر کم‌ترین مقادیر اسانس (۰/۳۲ درصد)، ترکیبات عمده اسانس شامل لینالول (۲۷/۷۳ درصد)، لینالیل استات (۱۲/۸۱ درصد)، لیمونن (۰/۹۹ درصد)، آلفا-پینن (۰/۲۲ درصد)، ۸ سینئول (۱/۱۴ درصد)، بورنئول (۳/۱۷ درصد) و کامفور (۹/۰۱ درصد) در شرایط عدم کاربرد تیمارهای تغذیه‌ای و تحت تنش رطوبتی شدید (D3) به‌دست آمدند. بیش‌ترین مقادیر ترکیبات عمده اسانس از دسته سزکویی ترپن‌ها شامل بتافارنسن (۵/۱۱ درصد)، آلفا-بیسابولن (۶/۹۹ درصد)، بتاکاریوفیلن (۴/۹۹ درصد)، غالباً تحت تیمارهای کود گرومور در تلفیق با ریزمغذی‌های آهن و روی و در شرایط تنش رطوبتی به‌دست آمدند (جدول ۸).

به نظر می‌رسد که افزایش عناصر مغذی به‌ویژه نیتروژن منجر به افزایش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در برگ‌ها گردیده و در ادامه شدت رشد در ساختار گیاهی افزایش یافت. افزایش جذب نیتروژن و سنتز پروتئین‌ها و ترکیبات مورد ارزیابی از اثرات مفید کاربرد کودهای مورد تحقیق بوده است که با نتایج محققین قبلی انطباق دارد (۴۲). کمبود عناصر ریزمغذی به‌علت تأثیر سوء بر بیوسنتز اکسین می‌تواند منجر به کاهش ارتفاع ساقه و عملکرد گیاه شود (۴۳).

افزایش تجمع نیتروژن منجر به افزایش اسیدهای فنولیک می‌شود که این ترکیبات با داشتن ساختار ویژه، دارای پتانسیل بالایی برای برهمکنش با پروتئین‌های مختلف از جمله آنزیم‌ها می‌باشند. به همین دلیل آن‌ها می‌توانند باعث ممانعت از فعالیت آنزیم‌هایی مانند ایزوفرم‌های مختلف سیتوکرم P₄₅₀، سیکلو اکسیژناز، الکل دهیدروژناز، لیپو-اکسیژناز و زانتین اکسیداز شوند که در طی فعالیت خود، میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را افزایش داده و نهایتاً منجر به افزایش صفات رشدی گیاه از جمله مقادیر کلروفیل و عملکرد گیاه می‌شوند (۴۴). در تحقیقات صورت پذیرفته در زمینه اثرگذاری عناصر پر مصرف و کم مصرف روی گیاهان مختلف دارویی نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) (۴۵)، گونه‌های مرزه (*Satureja*) (۴۱، ۴۶، ۴۷)، آویشن (*Thymus*) (۳۷)، استفاده از عناصر ریزمغذی و کود کامل NPK، ریحان (*Ocimum sativum* L.) (۴۸، ۴۹)، زرین گیاه (*Dracocephalum kotschy* Boiss.) (۵۰) استفاده از غلظت ۴۰ میلی‌گرم در لیتر از عناصر ریزمغذی آهن و روی، گل محمدی (*Rosa damascena* Mill.) (۵۱) و شوید (*Anethum graveolens* L.) (۵۲) کاربرد کود کامل NPK؛ بیش‌ترین عملکرد کمی و کیفی را در گیاهان مورد بررسی ایجاد نموده است.

فتوسنتز از مهم‌ترین واکنش‌های حیاتی در گیاه می‌باشد که نقش تعیین‌کننده در عملکرد و هم‌چنین خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارد. استفاده از ترکیبات محرک رشد، به گیاه کمک می‌کند تا بر عوامل بازدارنده رشدی از جمله تنش خشکی غلبه کند. این ترکیبات با تحت‌تأثیر قرار دادن خصوصیات فیزیولوژیکی، رشد و عملکرد گیاه را تحت‌تأثیر قرار می‌دهند (۱۹). کاربرد سوپر پلیمر جاذب با ایجاد شرایط رشدی مناسب و جلوگیری از ایجاد تنش آب

برای رشد و نمو، منجر به افزایش جذب آب و املاح، فتوسنتز و نهایتاً رشد و عملکرد گردید که این مسأله در افزایش صفات مورد بررسی، مشاهده شد. اثرگذاری مطلوب و معنی‌دار سوپرپلیمر جاذب در گیاهان مختلف دارویی و زینتی از جمله گیاه کبر (۲۵)، مرزه رشینگری (*Satureja rechingeri*) (۵۳)، رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) (۵۴)، زیره سبز (*Carum carvi* L.) (۵۵)، ارزن دم روباهی (۲۴)، گزارش شده است. نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب صفات نشان داد که تنش کم‌آبی بر تمام صفات مورد ارزیابی اثر معنی‌داری داشته است. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با کاهش رطوبت یا به عبارتی افزایش فواصل آبیاری، صفات فیزیولوژیکی و زیست شیمیایی اسطوخودوس در تنش شدید (تخلیه رطوبتی ۷۵ درصد) کاهش چشم‌گیری بویژه در شرایط عدم استفاده از تیمار سوپرپلیمر جاذب یافتند که نشان‌دهنده کاهش تقسیم و رشد سلولی گیاه در طی کمبود آب می‌باشد. اثر تنش آبی بر توسعه دیواره سلولی در اثر فشار تورژسانس صورت می‌گیرد. بنابراین هر کاهشی در فشار تورژسانس که ناشی از عدم تعادل در وضعیت آب گیاه باشد، منجر به کاهش رشد و حتی در صورت شدید بودن خشکی، موجب توقف رشد می‌شود (۳۶). بیش‌ترین مقادیر صفات مورفوفیزیولوژیکی و زیست شیمیایی در هر دو سال انجام تحقیق در رطوبت زراعی و تخلیه رطوبتی ۵۰ درصد به‌دست آمد و پس از آن کاهش نسبی در مقادیر، محرز بود. کاهش کلروفیل در شرایط خشکی تا حدودی به علت افزایش تولید رادیکال‌های اکسیژن است که باعث پراکسیداسیون این رنگیزه‌ها و سرانجام تجزیه شیمیایی آنها می‌شود. در شرایط کمبود آب به علت صدمات متابولیکی و تغییر سطح متابولیت‌های مربوطه، تثبیت دی‌اکسیدکربن کاهش می‌یابد. از طرف دیگر کمبود

آب عموماً باعث تخریب و شکسته شدن کلروپلاست‌ها و کاهش میزان کلروفیل شده و مقدار فعالیت آنزیم‌ها را طی فرآیند فتوسنتز کاهش می‌دهد (۳۸، ۵۶). کاهش کلروفیل کل در هنگام کمبود آب همچنین ممکن است به دلیل تغییر در مجموعه‌های لیپید- پروتئین و کاهش سنتز کمپلکس‌های رنگدانه‌ای و یا تخریب کمپلکس‌های پروتئین- رنگدانه به دام اندازنده نور و یا به دلیل تخریب اکسیداتیو لیپیدها و پروتئین‌های کلروپلاست باشد (۱۵، ۵۷). گزارش‌های دیگر نشان داده که کاهش میزان کلروفیل در اثر تنش خشکی مربوط به افزایش تولید گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن است که موجب پراکسیداسیون و در نتیجه تجزیه کلروفیل می‌شود (۱۳). با افزایش شدت کمبود آب به‌طور معنی‌داری ($P < 0.01$) از میزان کلروفیل کل کاسته شد. دلیل دیگر کاهش کلروفیل برگ‌ها، تغییر متابولیسم نیتروژن و استفاده بیش‌تر از گلوتامات است (۱۵). به عبارتی، کاهش مقدار کلروفیل به هنگام تنش کمبود آب می‌تواند به دلیل تحریک آنزیم بیوسنتز پرولین یعنی گلوتامیل‌کیناز^۱ در پتانسیل آبی پایین باشد. با افزایش تبدیل گلوتامات به پرولین در هنگام تنش خشکی، در واقع گلوتامات که پیش‌ساز کلروفیل نیز می‌باشد، از دسترس خارج شده و سنتز کلروفیل‌ها دچار نقصان می‌شود. به عبارتی، کاهش سنتز کلروفیل می‌تواند به علت کاهش تجمع اسید آمینولولئیک^۲ باشد. این اسید پیش‌ساز کلروفیل است که در معرض نور به کلروفیل تبدیل می‌شود و در تنش خشکی کاهش می‌یابد. از طرف دیگر، فعالیت آنزیم گلوتامات‌کیناز که اولین آنزیم مسیر بیوسنتز کلروفیل است، با تنش خشکی بسیار کاهش می‌یابد (۵۷). تنظیم اسمزی و سایر پاسخ‌های فیزیولوژیکی به تنش خشکی ممکن است سازگاری کوتاه‌مدت در برابر

1- Glutamyl Kinase

2- Aminolevulinic Acid

کمبود آب موقت را فراهم کند. با این حال، این استراتژی‌ها ممکن است برای غلبه بر تنش شدید در طول دوره طولانی خشک‌سالی کافی نباشد (۵۶).

گونه‌های گیاهی مختلف مکانیسم‌های متفاوتی جهت تحمل شرایط تنشی دارند. تنش کم‌آبی با کاهش بخش رویشی یا همان قسمت تعرق‌کننده گیاه و سوق دادن محصولات فتوسنتزی به سمت تولید متابولیت‌های ثانویه در راستای تحمل بیشتر گیاه به شرایط تنشی ایجادشده، موجب افزایش محتوای این ترکیبات در گیاه می‌گردد، ولی چنانچه شدت تنش از آستانه تحمل گیاه فراتر رود، فتوسنتز مختل شده و در نتیجه تولید کربوهیدرات‌ها کاهش می‌یابد که این امر به کاهش سنتز متابولیت‌های ثانویه از جمله اسانس‌ها و دیگر ترکیبات فعال، منجر می‌شود (۳۹). تغییرات مشاهده شده در مقادیر صفات فیزیولوژیکی و زیست شیمیایی گیاهان تیمار شده را می‌توان به تفاوت در اثرات هر یک از تیمارهای مورد استفاده بر رشد گیاه، پاسخ گیاه به عوامل زیستی و غیرزیستی که منجر به افزایش مواد مؤثره گیاه می‌شود، نسبت داد (۱۷). مقادیر مواد مؤثره گیاهان دارویی تحت تنش خشکی، رفتار مختلفی دارند. چنانچه تحت تنش خشکی و زمان گلدهی، میزان ماده مؤثره آلفا-پینن در گیاه رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.) کاهش ولی در اسطوخودوس (*Lavandula angustifolia* L.) افزایش یافت. هم‌چنین ترکیبات مؤثره آلفا-پینن، لیمونن و اوکالپیتول در مریم‌گلی (*Salvia officinalis* L.) کاهش یافت در حالی که این ترکیبات در ریحان

(*Ocimum basilicum* L.) افزایش یافتند (۳۶). در گونه‌های مرزه (*Satureja*) (۴۱، ۵۸)، تنش آبی منجر به کاهش درصد اسانس و نیز برخی از مواد مؤثره اسانس می‌گردد. به‌طور کلی، متابولیت‌های ثانویه به گیاهان دارویی و معطر کمک می‌کنند تا گیاه به شرایط و تنش‌های محیطی مانند خشکی سازگاری بیش‌تری پیدا کند. به علاوه، تأثیرات ناشی از تنش در افزایش اسانس عمدتاً به علت اثر آن بر رشد و نمو گیاه است. گیاهان غلظت بالایی از متابولیت‌ها را تحت شرایط کمبود آب تولید می‌کنند و مقدار کم‌تری از کربن را به رشد تخصیص می‌هند که نشان از یک تعادل بین دفاع و رشد می‌باشد. تنش خشکی با تحریک سنتز متابولیت‌های ثانویه از طریق مسیرهای متابولیکی در گیاهان دارویی و معطر که برخی از آن‌ها ناشناخته هستند، سبب تغییرات میزان کمی و کیفی متابولیت‌های ثانویه می‌شود (۳). تنش خشکی با اختلال در فتوسنتز و تنفس، درصد و ترکیب شیمیایی اسانس را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به عنوان مثال، تنش خشکی در حد ملایم، توانسته میزان برخی ترکیبات مؤثره و مهم نظیر تیمول یک ترکیب فنلی را در گیاهان دارویی آویشن دناپی (*Thymus daenensis*) و آویشن باغی (*Thymus vulgaris*) افزایش دهد (۹). بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه تحت تأثیر رشد و نمو گیاه است که به رفتارهای فیزیولوژیکی گیاه به‌ویژه ظرفیت فتوسنتز بستگی دارد. تغییر در فعالیت فتوسنتز باعث تغییر در فعالیت متابولیکی گیاه می‌شود (۴، ۱۷).

جدول ۷- تجزیه واریانس مرکب میانگین مربعات صفات اسانس و ترکیبات غالب اسانس گیاه اسطوخودوس (*L. angustifolia*).

Table 7. Complex analysis of variance of mean of squares of essential oil content and the main constituents of essential oil of *L. angustifolia*.

منبع تغییرات Source of Variations	درجه آزادی Degree of free	اسانس Essential oil	لینالول Linalool	لینالیل استات Linalyl acetate	بتا فارنسین Beta-farnesene	آلفا بیسبولن Alpha-bisabolene	لیمونن Limonene	آلفا-پینن Alpha-pinene	بتا-کاریوفیلین Beta-Caryophyllene	۱، ۸ سینئول 1, 8 cineole	بورنئول Borneol	کامفور Camphor
سال (Y)	1	1.11 ^{ns}	52.9 ^{**}	7.3 ^{ns}	2.22 ^{ns}	3.4 ^{ns}	3.88 ^{**}	33.5 ^{**}	0.45 ^{ns}	1.3 ^{ns}	82.5 ^{**}	0.35 ^{ns}
تکرار در سال R(Y)	4	1.14	5.32	8.52	3.44	2.44	0.15	0.37	0.77	0.88	0.93	0.14
خشکی (A)	2	72.4 ^{**}	33.4 ^{**}	155.4 ^{**}	66.9 ^{**}	55.9 ^{**}	27.5 ^{**}	25.2 ^{**}	25.61 ^{**}	33.4 ^{**}	43.5 ^{**}	30.5 ^{**}
A×Y	2	1.8 ^{ns}	55.77 ^{**}	6.87 ^{ns}	21.2 ^{ns}	14.2 ^{ns}	20.54 ^{**}	22.44 ^{**}	4.11 ^{ns}	0.9 ^{ns}	61.8 ^{**}	0.55 ^{ns}
خطای کرت های اصلی (a)	8	5.16	5.17	12.4	15.7	12.7	0.88	0.92	2.01	1.14	2.6	2.01
سوپر جاذب (B)	1	8.62 ^{**}	7.14 ^{**}	8.12 ^{**}	23.76 ^{**}	11.76 ^{**}	9.76 ^{**}	9.56	10.2 ^{**}	9.2 ^{**}	14.12 ^{**}	14.5 ^{**}
B×Y	1	9.2 ^{**}	4.7 ^{**}	9.2 ^{**}	22.2 ^{**}	15.2 ^{**}	11.2 ^{**}	7.2 ^{**}	9.2 ^{**}	7.2 ^{**}	12.2 ^{**}	6.2 ^{**}
A×B	2	10.3 ^{**}	5.3 ^{**}	8.3 ^{**}	29.3 ^{**}	18.3 ^{**}	9.3 ^{**}	8.44 ^{**}	8.3 ^{**}	6.3 ^{**}	14.3 ^{**}	7.3 ^{**}
A×B×Y	2	3.22 [*]	0.012 ^{ns}	4.21 [*]	0.011 ^{ns}	0.011 ^{ns}	0.49 [*]	0.12 ^{ns}	0.52 [*]	0.022 ^{ns}	0.88 [*]	0.019 ^{ns}
خطای کرت های فرعی (b)	12	0.81	0.021	0.82	0.012	0.012	0.14	0.11	0.11	0.014	0.14	0.015
محلول پاشی (C)	14	2.11 ^{**}	2.22 ^{**}	5.37 ^{**}	8.64 ^{**}	5.64 ^{**}	6.22 ^{**}	2.22 ^{**}	4.55 ^{**}	22.33 ^{**}	5.11 ^{**}	2.22 ^{**}
C×Y	14	1.44 ^{**}	0.88 ^{**}	2.61 ^{**}	4.04 ^{**}	3.04 ^{**}	5.11 ^{**}	2.88 ^{**}	3.44 ^{**}	8.99 ^{**}	4.11 ^{**}	1.99 ^{**}
C×B	14	1.22 ^{**}	0.99 ^{**}	4.21 ^{**}	2.11 ^{**}	1.99 ^{**}	6.21 ^{**}	2.88 ^{**}	1.66 ^{**}	4.88 ^{**}	2.21 ^{**}	1.88 ^{**}
C×B×Y	14	1.18 ^{**}	2.11 ^{**}	4.11 ^{**}	4.43 ^{**}	2.33 ^{**}	5.33 ^{**}	0.19 ^{**}	1.88 ^{**}	4.15 ^{**}	2.08 ^{**}	1.35 ^{**}
C×A	28	2.99 ^{**}	0.94 ^{**}	1.88 ^{**}	2.19 ^{**}	1.88 ^{**}	4.98 ^{**}	0.89 ^{**}	2.77 ^{**}	3.99 ^{**}	3.98 ^{**}	1.01 ^{**}
C×A×Y	28	0.92 ^{**}	0.66 ^{**}	0.72 ^{**}	2.55 ^{**}	1.55 ^{**}	3.88 ^{**}	0.79 ^{**}	0.99 ^{**}	2.44 ^{**}	0.98 ^{**}	0.95 ^{**}
C×B×A	28	0.37 [*]	0.73 ^{**}	0.29 [*]	0.001 ^{ns}	0.002 [*]	0.26 [*]	0.69 ^{**}	0.19 [*]	2.45 ^{**}	0.59 [*]	0.82 ^{**}
C×B×A×Y	28	0.39 [*]	0.001 ^{ns}	0.27 [*]	0.001 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.23 [*]	0.002 ^{ns}	0.21 [*]	0.002 ^{ns}	0.21 [*]	0.002 ^{ns}
خطای کرت های فرعی (c)	336	0.25	0.001	0.21	0.001	0.001	0.13	0.008	0.12	0.049	0.15	0.02
ضریب تغییرات (CV%)		7.55	8.12	7.12	9.43	9.11	7.44	8.77	8.44	6.44	7.77	8.99

*, ** و ^{ns} به ترتیب معنی دار در سطح $\alpha=0.05$, $\alpha=0.01$ و عدم معنی دار

^z SOV: source of variation, ^ydf: degree of freedom, ^xCV: coefficient of variation, *, ** significant at P=0.05 and P=0.01 levels of probability respectively, ns: not significant

جدول ۸- مقایسات میانگین صفات اسانس و ترکیبات غالب اسانس گیاه *Aspeltrochordos* تحت تأثیر تیمارهای مغذی، سوپرلیمر جاذب و تنش خشکی در دو سال انجام تحقیق.

Treatments	اسانس	لینالول	لینالیل استات	بتا فARNESIN	آلفا-بیسابولن	لیمونن	آلفا-پینن	بتا-Caryophyllene	۱ و ۸ سینئول	بورنئول	کامفور
DISIF1	**1.11±0.01 ^{ab}	44.23±0.91 ^{ab}	18.6±0.93 ^d	2.98±0.09 ^f	3.55±0.06 ^g	2.11±0.01 ^d	0.84±0.01 ^d	0.99±0.02 ^{ij}	2.29±0.01 ^b	5.24±0.05 ^f	17.99±0.08 ^b
DISIF2	1.15±0.03 ^a	41.77±0.72 ^b	18.05±0.82 ^d	2.74±0.05 ^f	3.71±0.05 ^g	2.15±0.03 ^d	0.77±0.03 ^d	0.55±0.01 ^k	2.23±0.03 ^b	5.55±0.08 ^f	17.55±0.08 ^b
DISIF3	1.18±0.02 ^a	40.82±0.93 ^{bc}	18.92±0.93 ^d	2.61±0.03 ^f	3.59±0.04 ^g	2.18±0.02 ^d	0.81±0.02 ^d	0.54±0.03 ^k	2.48±0.02 ^b	5.84±0.01 ^e	15.33±0.03 ^e
DISIF4	1.19±0.01 ^a	44.81±0.81 ^a	19.98±0.55 ^d	2.05±0.06 ^h	3.11±0.01 ^h	2.19±0.01 ^d	0.83±0.01 ^d	0.53±0.02 ^k	2.27±0.01 ^b	5.99±0.08 ^e	14.24±0.08 ^e
DISIF5	1.11±0.03 ^{ab}	45.22±0.85 ^a	20.11±0.82 ^{cd}	2.44±0.05 ^g	4.37±0.06 ^f	2.21±0.03 ^d	0.91±0.01 ^d	0.52±0.01 ^k	2.45±0.03 ^b	4.74±0.01 ^g	16.4±0.03 ^b
DISIF6	1.12±0.02 ^a	47.22±0.91 ^a	18.09±0.73 ^d	2.15±0.1 ^g	3.12±0.05 ^h	2.24±0.02 ^d	0.95±0.03 ^{cd}	0.51±0.03 ^k	2.41±0.02 ^b	6.11±0.05 ^e	18.23±0.08 ^b
DISIF7	1.15±0.03 ^a	46.58±0.75 ^a	17.77±0.93 ^d	2.34±0.1 ^g	4.99±0.07 ^{de}	2.26±0.03 ^d	0.98±0.02 ^{cd}	1.1±0.02 ⁱ	2.44±0.03 ^b	6.66±0.01 ^d	18.11±0.02 ^b
DISIF8	1.09±0.01 ^{ab}	45.22±0.86 ^a	19.98±0.73 ^{cd}	2.43±0.08 ^g	3.11±0.01 ^h	2.28±0.01 ^d	0.99±0.03 ^{cd}	0.58±0.01 ^k	2.47±0.01 ^b	6.13±0.06 ^e	17.99±0.05 ^b
DISIF9	1.13±0.02 ^a	47.55±0.76 ^a	25.11±0.82 ^b	2.77±0.1 ^f	4.88±0.04 ^e	2.25±0.02 ^d	1.12±0.01 ^e	0.56±0.03 ^k	2.49±0.02 ^b	6.11±0.07 ^e	17.34±0.08 ^b
DISIF10	1.14±0.03 ^a	48.15±0.88 ^a	23.43±0.55 ^{bc}	2.53±0.01 ^g	3.88±0.05 ^g	2.29±0.03 ^d	1.11±0.02 ^e	0.61±0.01 ^k	2.56±0.03 ^{ab}	6.15±0.08 ^e	17.67±0.06 ^b
DISIF11	1.16±0.02 ^a	45.11±0.74 ^{ab}	26.99±0.93 ^{ab}	2.91±0.1 ^f	4.22±0.06 ^f	2.88±0.02 ^d	1.05±0.01 ^e	0.63±0.02 ^{jk}	2.64±0.02 ^a	5.85±0.01 ^e	19.67±0.08 ^a
DISIF12	1.24±0.03 ^a	48.84±1.1 ^a	29.11±0.73 ^a	2.49±0.05 ^g	4.11±0.01 ^f	2.11±0.03 ^d	1.12±0.03 ^e	0.66±0.03 ^{jk}	2.81±0.01 ^a	8.01±0.08 ^a	20.01±0.06 ^a
DISIF13	1.22±0.03 ^a	48.85±0.91 ^a	27.99±0.55 ^{ab}	2.45±0.08 ^g	4.18±0.04 ^f	2.99±0.03 ^d	1.22±0.02 ^e	0.64±0.01 ^{jk}	2.57±0.03 ^{ab}	7.85±0.01 ^a	20.32±0.03 ^a
DISIF14	1.21±0.01 ^a	48.22±0.88 ^a	30.01±0.93 ^a	2.25±0.1 ^g	4.49±0.07 ^{ef}	2.32±0.01 ^d	1.39±0.05 ^b	0.61±0.02 ^k	2.99±0.01 ^a	7.22±0.08 ^b	19.34±0.08 ^a
DISIF15	1.01±0.03 ^b	39.72±0.89 ^{bc}	22.12±0.82 ^c	1.37±0.09 ⁱ	3.01±0.05 ^h	2.01±0.03 ^e	0.99±0.01 ^{cd}	0.34±0.01 ^k	2.27±0.02 ^b	6.15±0.09 ^e	17.65±0.02 ^b
DIS2F1	1.16±0.02 ^a	34.21±1.1 ^d	25.18±0.55 ^b	2.36±0.1 ^g	3.55±0.01 ^g	2.16±0.02 ^d	0.65±0.03 ^e	0.45±0.02 ^k	2.39±0.01 ^b	6.21±0.01 ^d	15.47±0.08 ^e
DIS2F2	1.05±0.01 ^b	31.55±0.78 ^e	24.33±0.73 ^b	1.91±0.1 ^h	3.77±0.04 ^g	2.05±0.01 ^e	0.61±0.02 ^e	0.99±0.01 ^{ij}	2.44±0.03 ^b	6.55±0.08 ^d	18.43±0.01 ^{ab}
DIS2F3	1.06±0.03 ^b	30.72±0.91 ^e	25.66±0.93 ^b	2.03±0.05 ^h	3.59±0.07 ^g	2.06±0.03 ^e	0.59±0.01 ^e	0.43±0.03 ^k	2.43±0.03 ^b	6.81±0.01 ^c	16.45±0.01 ^b
DIS2F4	1.08±0.02 ^{ab}	36.15±0.88 ^d	21.33±0.82 ^c	2.29±0.05 ^g	3.11±0.05 ^h	2.08±0.02 ^e	0.71±0.02 ^d	0.46±0.01 ^k	2.42±0.02 ^b	6.15±0.01 ^e	16.65±0.08 ^b
DIS2F5	1.09±0.01 ^{ab}	35.72±0.81 ^d	24.98±0.55 ^b	2.55±0.1 ^g	4.37±0.01 ^f	2.09±0.01 ^e	0.72±0.03 ^d	0.47±0.02 ^k	2.31±0.01 ^b	6.72±0.01 ^c	17.11±0.02 ^b
DIS2F6	1.11±0.03 ^a	35.71±0.88 ^d	23.99±0.73 ^b	2.12±0.05 ^g	3.12±0.04 ^h	2.11±0.03 ^d	0.68±0.01 ^e	0.49±0.01 ^k	2.2±0.03 ^b	6.11±0.05 ^e	14.88±0.03 ^e
DIS2F7	1.13±0.02 ^a	36.66±0.71 ^d	26.12±0.55 ^b	2.68±0.1 ^f	4.99±0.05 ^{de}	2.13±0.02 ^d	0.66±0.02 ^e	0.51±0.01 ^k	2.33±0.03 ^b	6.66±0.01 ^d	15.65±0.02 ^e
DIS2F8	1.16±0.03 ^a	38.15±0.86 ^c	24.44±0.82 ^b	2.41±0.05 ^g	3.11±0.07 ^h	2.16±0.03 ^d	0.64±0.03 ^e	1.01±0.03 ⁱ	2.44±0.02 ^b	6.15±0.06 ^e	15.43±0.08 ^e
DIS2F9	1.18±0.01 ^a	37.73±0.59 ^c	21.14±0.93 ^c	2.71±0.2 ^f	4.88±0.01 ^e	2.18±0.01 ^d	0.69±0.01 ^e	0.50±0.01 ^k	2.58±0.02 ^{ab}	6.11±0.04 ^e	16.87±0.02 ^b
DIS2F10	1.21±0.03 ^a	39.15±0.77 ^c	20.88±0.55 ^c	2.41±0.05 ^g	3.88±0.04 ^g	2.21±0.03 ^d	0.73±0.02 ^d	0.51±0.03 ^k	2.56±0.03 ^{ab}	6.15±0.08 ^e	16.88±0.08 ^b
DIS2F11	1.16±0.03 ^a	37.82±0.66 ^c	21.18±0.82 ^c	2.85±0.1 ^f	4.22±0.08 ^f	2.16±0.03 ^d	0.83±0.03 ^d	0.55±0.02 ^k	2.63±0.01 ^a	6.82±0.06 ^c	17.11±0.08 ^b
DIS2F12	1.24±0.02 ^a	39.77±0.88 ^{bc}	27.01±0.73 ^{ab}	2.99±0.08 ^{ef}	4.11±0.07 ^f	2.24±0.02 ^d	0.85±0.01 ^d	0.56±0.02 ^k	2.74±0.02 ^a	6.11±0.08 ^e	18.33±0.01 ^b
DIS2F13	1.22±0.01 ^a	39.58±0.82 ^{bc}	24.33±0.77 ^b	2.97±0.06 ^{ef}	4.15±0.04 ^f	2.22±0.01 ^d	0.81±0.02 ^d	1.02±0.01 ⁱ	2.49±0.03 ^b	6.88±0.01 ^c	18.44±0.02 ^b
DIS2F14	1.21±0.03 ^a	39.42±0.88 ^c	22.08±0.97 ^c	3.99±0.1 ^c	4.42±0.01 ^f	2.21±0.03 ^d	0.79±0.03 ^d	0.53±0.01 ^k	2.42±0.01 ^b	6.22±0.08 ^d	16.77±0.08 ^b
DIS2F15	0.91±0.02 ^e	29.44±0.81 ^f	19.24±0.93 ^d	3.22±0.1 ^e	3.34±0.02 ^h	1.91±0.02 ^e	0.41±0.01 ^f	0.41±0.01 ^k	2.19±0.02 ^b	5.11±0.01 ^g	15.77±0.08 ^e
D2SIF1	0.84±0.01 ^c	30.24±0.91 ^e	22.24±0.77 ^c	3.85±0.06 ^e	3.77±0.06 ^g	1.84±0.02 ^e	1.11±0.01 ^c	1.55±0.06 ^h	2.27±0.03 ^b	5.24±0.01 ^f	15.88±0.04 ^e
D2SIF2	0.77±0.03 ^d	30.55±0.55 ^e	27.09±0.75 ^{ab}	3.71±0.1 ^d	3.81±0.04 ^g	1.77±0.03 ^e	1.15±0.03 ^e	1.81±0.01 ^h	2.26±0.01 ^b	4.55±0.08 ^g	15.92±0.05 ^e
D2SIF3	0.81±0.02 ^{cd}	30.11±0.92 ^e	26.01±0.64 ^b	3.83±0.05 ^e	3.59±0.01 ^g	1.81±0.02 ^e	1.18±0.02 ^e	1.33±0.05 ⁱ	2.15±0.02 ^b	4.84±0.02 ^g	14.99±0.04 ^e

ادامه جدول ۸-۸

Continue Table 8.

تیمارها	اسانس	لینالول	لینالیل استات	بتا-فارنسین	آلفا-بیسابولین	لیمونین	آلفا-پینین	بتا-کاروفیلین	۱ و ۸ سینول	بورنول	کامفور
Treatments	Essential oil	Linalool	Linalyl acetate	Beta-farnesene	Alpha-bisabolene	Limonene	Alpha-pinene	Beta-Caryophyllene	1, 8 cineole	Borneol	Camphor
D2S1F4	0.83±0.01 ^c	32.15±0.84 ^{de}	25.56±0.75 ^b	2.09±0.2 ^{gh}	4.99±0.05 ^{de}	1.83±0.01 ^e	1.19±0.01 ^c	2.99±0.02 ^{ef}	2.29±0.03 ^b	5.15±0.03 ^f	16.88±0.08 ^b
D2S1F5	0.91±0.01 ^c	32.74±0.85 ^e	22.19±0.77 ^c	2.32±0.1 ^g	4.37±0.02 ^f	1.91±0.01 ^e	1.21±0.03 ^c	2.22±0.01 ^g	2.41±0.01 ^b	5.74±0.05 ^e	16.77±0.08 ^b
D2S1F6	0.95±0.03 ^c	33.15±0.93 ^{de}	27.77±0.75 ^{ab}	2.12±0.1 ^{gh}	4.12±0.04 ^f	1.95±0.03 ^e	1.24±0.02 ^c	2.12±0.01 ^g	2.49±0.01 ^b	5.15±0.03 ^f	14.82±0.08 ^c
D2S1F7	0.98±0.02 ^c	32.33±0.74 ^d	25.55±0.64 ^b	2.46±0.07 ^g	4.66±0.01 ^e	1.98±0.02 ^e	1.26±0.03 ^{bc}	2.66±0.07 ^f	2.53±0.02 ^b	5.64±0.04 ^e	15.81±0.04 ^e
D2S1F8	0.99±0.03 ^{bc}	35.22±0.59 ^d	28.78±0.77 ^a	2.24±0.05 ^g	4.11±0.02 ^f	1.99±0.03 ^e	1.28±0.01 ^{bc}	2.44±0.05 ^g	2.49±0.03 ^b	5.15±0.06 ^f	16.32±0.01 ^b
D2S1F9	1.01±0.01 ^b	34.11±0.92 ^d	26.67±0.64 ^b	2.58±0.05 ^f	4.88±0.05 ^e	2.12±0.01 ^d	1.25±0.02 ^c	2.88±0.05 ^f	2.48±0.03 ^b	5.04±0.02 ^g	17.93±0.04 ^b
D2S1F10	1.11±0.02 ^{ab}	40.14±0.67 ^b	28.88±0.75 ^a	2.81±0.08 ^f	4.81±0.04 ^f	2.11±0.02 ^d	1.29±0.03 ^{bc}	2.81±0.08 ^f	2.61±0.02 ^{ab}	5.14±0.01 ^g	16.83±0.05 ^b
D2S1F11	1.05±0.01 ^b	40.21±0.55 ^b	26.22±0.93 ^b	2.77±0.1 ^f	4.22±0.01 ^f	1.05±0.01 ^g	1.28±0.02 ^{bc}	2.77±0.01 ^f	2.74±0.01 ^a	5.85±0.06 ^e	15.88±0.08 ^c
D2S1F12	1.09±0.03 ^{ab}	37.25±0.81 ^c	26.88±0.77 ^b	2.18±0.1 ^g	4.18±0.02 ^f	1.12±0.03 ^g	1.39±0.03 ^b	2.18±0.01 ^g	2.67±0.01 ^a	5.25±0.01 ^f	18.44±0.08 ^{ab}
D2S1F13	1.11±0.02 ^a	36.84±0.97 ^d	25.22±0.75 ^b	2.15±0.05 ^g	4.15±0.07 ^f	1.22±0.02 ^f	1.33±0.03 ^b	2.15±0.05 ^g	2.71±0.02 ^a	5.85±0.07 ^e	17.66±0.02 ^b
D2S1F14	1.12±0.05 ^a	35.33±0.78 ^d	21.77±0.64 ^c	3.83±0.1 ^c	4.49±0.01 ^{ef}	2.39±0.05 ^d	1.99±0.01 ^a	4.83±0.01 ^a	2.81±0.03 ^a	5.15±0.08 ^f	16.54±0.03 ^b
D2S1F15	0.99±0.01 ^{bc}	32.99±0.66 ^{de}	18.09±0.93 ^d	3.11±0.08 ^e	4.11±0.04 ^f	1.99±0.01 ^e	1.01±0.03 ^c	2.11±0.08 ^g	2.16±0.01 ^{bc}	4.75±0.05 ^g	13.21±0.01 ^d
D2S2F1	0.65±0.03 ^d	29.27±0.95 ^{ef}	21.88±0.75 ^c	3.66±0.05 ^d	3.58±0.05 ^g	1.65±0.03 ^f	1.16±0.02 ^c	1.66±0.05 ^h	2.03±0.02 ^c	4.27±0.05 ^h	13.99±0.03 ^{cd}
D2S2F2	0.61±0.02 ^{de}	30.57±0.71 ^e	22.99±0.77 ^c	3.79±0.08 ^d	3.79±0.07 ^g	1.61±0.02 ^f	1.05±0.01 ^c	1.79±0.08 ^h	2.11±0.01 ^{bc}	4.55±0.01 ^g	15.77±0.08 ^c
D2S2F3	0.59±0.01 ^e	29.88±0.95 ^f	25.01±0.64 ^b	3.59±0.1 ^d	3.59±0.01 ^g	1.59±0.01 ^f	1.06±0.03 ^c	1.59±0.01 ^h	2.17±0.03 ^b	4.88±0.05 ^g	14.66±0.08 ^c
D2S2F4	0.71±0.02 ^d	35.15±0.78 ^d	24.11±0.75 ^b	3.19±0.2 ^e	3.19±0.02 ^h	1.71±0.02 ^{ef}	1.08±0.02 ^c	1.19±0.02 ⁱ	2.15±0.01 ^b	5.15±0.01 ^f	14.99±0.03 ^c
D2S2F5	0.72±0.03 ^d	31.72±0.85 ^e	22.78±0.77 ^c	2.77±0.05 ^f	4.38±0.04 ^f	1.72±0.03 ^e	1.09±0.01 ^c	2.77±0.05 ^f	2.19±0.03 ^b	5.72±0.05 ^e	15.44±0.08 ^c
D2S2F6	0.68±0.01 ^d	33.28±0.95 ^d	24.14±0.64 ^b	2.18±0.1 ^g	4.18±0.01 ^f	1.68±0.01 ^f	1.11±0.03 ^c	2.18±0.01 ^g	2.15±0.02 ^b	5.15±0.05 ^f	14.77±0.02 ^c
D2S2F7	0.77±0.02 ^d	31.66±0.74 ^e	24.34±0.75 ^b	2.99±0.1 ^{ef}	4.99±0.05 ^{de}	1.66±0.02 ^f	1.13±0.02 ^c	2.99±0.01 ^{ef}	2.08±0.01 ^{bc}	5.66±0.04 ^e	14.66±0.08 ^c
D2S2F8	0.64±0.03 ^d	34.22±0.67 ^d	21.88±0.93 ^c	2.22±0.05 ^g	4.11±0.07 ^e	1.64±0.03 ^f	1.16±0.03 ^c	2.22±0.05 ^g	2.11±0.02 ^b	5.15±0.06 ^f	15.66±0.01 ^c
D2S2F9	0.69±0.01 ^d	33.04±0.94 ^{de}	21.78±0.77 ^c	2.88±0.1 ^f	4.88±0.01 ^d	1.69±0.01 ^f	1.18±0.01 ^c	2.88±0.01 ^f	2.21±0.03 ^b	5.04±0.04 ^g	16.88±0.01 ^b
D2S2F10	0.88±0.02 ^c	35.15±1.1 ^d	22.16±0.75 ^c	2.88±0.05 ^f	4.88±0.04 ^e	1.73±0.02 ^e	1.21±0.03 ^c	2.88±0.05 ^f	2.18±0.01 ^b	5.15±0.01 ^g	16.77±0.03 ^b
D2S2F11	0.83±0.03 ^c	33.82±0.66 ^d	24.33±0.64 ^b	2.11±0.07 ^{gh}	4.29±0.02 ^f	1.83±0.03 ^e	1.16±0.03 ^c	2.11±0.07 ^g	2.17±0.01 ^b	5.82±0.06 ^e	16.77±0.02 ^b
D2S2F12	0.85±0.01 ^c	35.88±0.77 ^d	27.77±0.93 ^{ab}	3.11±0.1 ^e	4.11±0.07 ^f	1.85±0.01 ^e	1.24±0.02 ^c	2.11±0.01 ^g	2.21±0.02 ^b	5.25±0.08 ^f	17.66±0.08 ^b
D2S2F13	0.81±0.02 ^c	37.88±0.97 ^e	25.43±0.77 ^b	2.18±0.05 ^g	4.18±0.05 ^f	1.81±0.02 ^e	1.22±0.01 ^c	2.18±0.05 ^g	2.16±0.03 ^b	5.88±0.07 ^e	17.76±0.08 ^b
D2S2F14	0.79±0.03 ^{cd}	33.15±0.74 ^d	25.12±0.64 ^b	2.22±0.05 ^g	4.42±0.01 ^f	1.79±0.03 ^e	1.21±0.03 ^c	2.22±0.05 ^g	2.14±0.01 ^b	5.15±0.01 ^f	16.99±0.05 ^b
D2S2F15	0.52±0.01 ^e	27.74±0.85 ^f	16.01±0.75 ^{de}	3.35±0.08 ^e	3.35±0.04 ^h	1.41±0.01 ^f	1.01±0.02 ^c	2.35±0.08 ^g	2.02±0.02 ^c	5.77±0.05 ^e	13.12±0.05 ^d
D3S1F1	0.56±0.02 ^e	38.27±0.91 ^e	20.99±0.32 ^c	3.55±0.04 ^d	4.87±0.04 ^e	1.56±0.02 ^f	1.81±0.09 ^a	1.55±0.04 ^h	2.14±0.03 ^b	4.27±0.01 ^h	11.88±0.04 ^e
D3S1F2	0.55±0.01 ^e	36.52±0.71 ^e	21.78±0.55 ^c	3.55±0.05 ^d	4.44±0.01 ^f	1.55±0.01 ^f	1.41±0.05 ^b	1.55±0.05 ^h	2.15±0.03 ^b	4.52±0.08 ^g	14.12±0.02 ^c
D3S1F3	0.61±0.03 ^d	30.52±0.99 ^e	23.45±0.19 ^{bc}	3.59±0.05 ^d	4.55±0.05 ^{ef}	1.54±0.03 ^f	1.51±0.03 ^b	1.59±0.05 ^h	2.11±0.01 ^b	4.88±0.09 ^g	12.99±0.08 ^d
D3S1F4	0.53±0.02 ^e	31.11±1.1 ^e	21.55±0.14 ^c	3.11±0.05 ^e	5.99±0.04 ^{bc}	1.53±0.02 ^f	1.55±0.06 ^b	1.11±0.05 ⁱ	2.08±0.02 ^{bc}	5.11±0.01 ^f	12.88±0.03 ^d
D3S1F5	0.44±0.01 ^f	30.72±0.77 ^e	21.09±0.32 ^c	3.33±0.07 ^e	6.18±0.04 ^b	1.52±0.01 ^f	1.14±0.05 ^b	2.33±0.07 ^g	2.08±0.01 ^{bc}	5.72±0.08 ^e	12.66±0.02 ^d
D3S1F6	0.51±0.03 ^e	32.77±0.95 ^{de}	20.78±0.55 ^c	3.12±0.1 ^e	5.55±0.07 ^c	1.51±0.03 ^f	1.55±0.01 ^b	1.12±0.01 ⁱ	2.16±0.02 ^b	5.12±0.05 ^g	13.44±0.08 ^d
D3S1F7	0.59±0.02 ^{de}	29.66±0.75 ^f	24.55±0.27 ^b	3.99±0.1 ^c	5.67±0.05 ^c	1.59±0.02 ^f	1.34±0.01 ^b	2.99±0.01 ^{ef}	2.13±0.03 ^b	5.66±0.05 ^e	13.77±0.08 ^d

ادامه جدول ۸-

Continue Table 8.

تیمارها	اسانس	لینالول	لینالیل استات	بتا-فارنسین	آلفا-بیسابولن	لیمونین	آلفا-پینین	بتا-کاروفیلین	۱، ۸ سینئول	بورنئول	کامفور
Treatments	Essential oil	Linalool	Linalyl acetate	Beta-farnesene	Alpha-bisabolene	Limonene	Alpha-pinene	Beta-Caryophyllene	1, 8 cineole	Borneol	Camphor
D3S1F8	0.58±0.01 ^e	29.12±0.72 ^f	22.34±0.32 ^e	4.01±0.05 ^e	5.33±0.04 ^e	1.58±0.01 ^f	1.33±0.08 ^b	1.33±0.05 ^f	2.12±0.03 ^b	5.12±0.06 ^g	13.44±0.05 ^d
D3S1F9	0.46±0.03 ^{ef}	29.22±0.99 ^f	20.99±0.55 ^e	3.88±0.05 ^e	5.88±0.02 ^e	1.56±0.03 ^f	1.77±0.01 ^a	2.88±0.05 ^f	2.1±0.01 ^b	5.04±0.09 ^g	12.66±0.03 ^d
D3S1F10	0.61±0.01 ^{de}	29.11±1.1 ^f	22.45±0.14 ^e	3.72±0.05 ^d	5.33±0.05 ^d	1.61±0.01 ^f	1.33±0.01 ^b	1.72±0.05 ^h	2.14±0.02 ^b	5.11±0.01 ^g	13.66±0.03 ^d
D3S1F11	0.63±0.02 ^d	29.82±0.84 ^{ef}	25.47±0.32 ^b	4.22±0.05 ^b	5.98±0.01 ^{bc}	1.63±0.02 ^f	1.81±0.01 ^a	2.22±0.05 ^g	2.21±0.03 ^b	5.82±0.01 ^e	13.77±0.03 ^{cd}
D3S1F12	0.60±0.03 ^{de}	29.77±0.58 ^{ef}	27.89±0.27 ^{ab}	5.11±0.1 ^a	6.99±0.04 ^a	1.66±0.03 ^{ef}	1.99±0.05 ^a	2.11±0.01 ^g	2.23±0.01 ^b	5.22±0.08 ^f	14.34±0.03 ^e
D3S1F13	0.64±0.01 ^d	29.88±0.77 ^{ef}	24.45±0.14 ^b	4.18±0.08 ^{bc}	6.33±0.03 ^b	1.64±0.01 ^f	1.55±0.08 ^b	2.18±0.08 ^g	2.16±0.03 ^b	4.88±0.02 ^g	12.88±0.08 ^d
D3S1F14	0.59±0.02 ^{de}	29.43±0.35 ^{ef}	25.56±0.55 ^b	4.44±0.05 ^b	6.55±0.05 ^a	1.61±0.02 ^f	1.55±0.01 ^b	2.44±0.05 ^g	2.13±0.02 ^b	4.11±0.01 ^h	13.56±0.02 ^d
D3S1F15	0.34±0.01 ^f	28.99±0.85 ^{ef}	14.41±0.14 ^e	3.99±0.2 ^e	5.77±0.04 ^e	1.34±0.01 ^f	1.77±0.09 ^a	1.99±0.02 ^{ab}	2.01±0.03 ^e	4.99±0.05 ^g	11.34±0.08 ^e
D3S2F1	0.45±0.02 ^{ef}	28.37±0.61 ^{ef}	13.55±0.27 ^f	3.55±0.05 ^d	5.55±0.01 ^e	1.08±0.02 ^g	1.36±0.01 ^b	1.55±0.05 ^h	2.11±0.01 ^{bc}	4.77±0.09 ^g	14.33±0.01 ^e
D3S2F2	0.44±0.01 ^f	29.55±0.78 ^{ef}	13.43±0.32 ^f	3.44±0.05 ^d	5.81±0.01 ^e	1.11±0.01 ^g	1.81±0.01 ^a	1.44±0.05 ⁱ	2.01±0.03 ^e	4.55±0.08 ^g	9.98±0.08 ^{ef}
D3S2F3	0.43±0.03 ^f	28.88±1.1 ^f	13.88±0.55 ^f	3.59±0.1 ^d	5.59±0.05 ^e	1.05±0.03 ^g	1.33±0.05 ^b	1.59±0.01 ^h	1.61±0.02 ^d	3.49±0.02 ^j	16.55±0.05 ^b
D3S2F4	0.46±0.01 ^e	30.33±0.87 ^e	15.89±0.32 ^e	3.11±0.1 ^e	5.99±0.04 ^{bc}	1.12±0.01 ^g	1.19±0.05 ^c	1.11±0.02 ⁱ	1.52±0.01 ^d	5.11±0.01 ^g	17.55±0.08 ^b
D3S2F5	0.47±0.02 ^e	29.77±0.55 ^f	14.99±0.27 ^e	2.55±0.07 ^g	5.37±0.07 ^e	1.11±0.02 ^g	1.55±0.01 ^b	2.55±0.07 ^f	1.15±0.03 ^e	4.77±0.02 ^g	11.77±0.08 ^e
D3S2F6	0.44±0.01 ^f	31.12±0.91 ^e	15.58±0.14 ^e	3.12±0.1 ^e	5.12±0.01 ^d	1.12±0.01 ^g	1.12±0.05 ^e	1.12±0.01 ⁱ	1.17±0.03 ^e	5.12±0.05 ^g	11.45±0.03 ^e
D3S2F7	0.46±0.01 ^{ef}	29.55±0.75 ^f	16.67±0.32 ^e	2.99±0.1 ^{ef}	5.66±0.05 ^e	1.14±0.01 ^g	1.28±0.01 ^{bc}	2.99±0.03 ^{ef}	1.55±0.01 ^d	4.66±0.05 ^g	11.55±0.08 ^e
D3S2F8	0.38±0.03 ^f	32.16±0.81 ^e	16.77±0.27 ^e	3.11±0.1 ^e	5.11±0.04 ^d	1.49±0.03 ^f	1.11±0.05 ^c	1.11±0.01 ⁱ	1.15±0.02 ^e	5.16±0.06 ^f	11.92±0.05 ^e
D3S2F9	0.45±0.01 ^{ef}	31.22±1.1 ^e	17.44±0.55 ^d	2.55±0.08 ^g	5.88±0.02 ^e	1.50±0.01 ^f	1.31±0.02 ^b	2.55±0.08 ^f	1.12±0.03 ^e	5.04±0.03 ^g	11.62±0.04 ^e
D3S2F10	0.44±0.03 ^f	33.11±1.1 ^e	17.43±0.32 ^d	3.88±0.1 ^e	5.81±0.07 ^e	1.51±0.03 ^f	1.81±0.05 ^a	1.88±0.01 ^h	1.22±0.03 ^e	3.99±0.02 ^{hi}	10.88±0.01 ^e
D3S2F11	0.48±0.02 ^e	31.81±0.65 ^e	16.99±0.27 ^{de}	2.22±0.07 ^g	6.22±0.01 ^b	1.55±0.02 ^f	0.55±0.01 ^e	2.22±0.07 ^g	1.12±0.01 ^e	5.88±0.01 ^e	10.66±0.02 ^e
D3S2F12	0.47±0.02 ^e	33.26±1.1 ^d	15.99±0.14 ^e	2.11±0.1 ^g	5.99±0.02 ^{bc}	1.56±0.02 ^f	1.01±0.08 ^e	2.11±0.01 ^g	1.23±0.03 ^e	5.22±0.04 ^f	12.67±0.08 ^d
D3S2F13	0.51±0.01 ^e	33.84±0.88 ^d	13.42±0.32 ^f	2.77±0.1 ^f	6.15±0.04 ^b	1.54±0.01 ^f	1.77±0.06 ^a	2.77±0.02 ^f	1.19±0.02 ^e	5.88±0.01 ^e	9.44±0.09 ^f
D3S2F14	0.49±0.01 ^e	33.12±0.55 ^d	13.99±0.27 ^{ef}	2.66±0.1 ^f	6.19±0.05 ^b	1.53±0.01 ^f	1.49±0.01 ^b	2.66±0.01 ^f	1.61±0.01 ^d	5.11±0.02 ^g	9.81±0.01 ^{ef}
D3S2F15	0.32±0.01 ^f	27.73±0.48 ^f	12.81±0.55 ^e	2.36±0.05 ^g	5.02±0.01 ^d	0.99±0.01 ^g	0.22±0.01 ^f	2.36±0.05 ^g	1.14±0.01 ^e	3.17±0.09 ^f	9.01±0.08 ^f

۵: D: drought stress [field capacity (D1), 50% evaporation (D2), 75% evaporation (D3)], S: superabsorbent nano-polymer [consumption (S1), no consumption (S2)], F: fertilizer application [grow-more 1 (F1), grow-more 2 (F2), grow-more 3 (F3), iron chelate (F4), zinc chelate (F5), grow-more 1+iron chelate (F6), grow-more 1+zinc chelate (F7), grow-more 2+iron chelate (F8), grow-more 2+zinc chelate (F9), grow-more 3+iron chelate (F10), grow-more 3+zinc chelate (F11), grow-more 1+iron chelate+zinc chelate (F12), grow-more 2+iron chelate+zinc chelate (F13), grow-more 3+iron chelate+zinc chelate (F14), control (F15)]

۶: کودهای گرومورا (F1)، گرومور ۲ (F2)، گرومور ۳ (F3)، لیفر آهن (F4)، لیفر روی (F5)، گرومورا+لیفر آهن (F6)، گرومورا+لیفر آهن (F7)، گرومورا+لیفر آهن (F8)، گرومورا+لیفر آهن (F9)، گرومورا+لیفر آهن (F10)، گرومورا+لیفر آهن (F11)، گرومورا+لیفر آهن (F12)، گرومورا+لیفر آهن (F13)، گرومورا+لیفر آهن (F14)، گرومورا+لیفر آهن (F15)

۷: استاندارد در هر ستون که دارای حروف مشترک هستند در یک گروه آماری قرار دارند.

۸: D: drought stress [field capacity (D1), 50% evaporation (D2), 75% evaporation (D3)], S: superabsorbent nano-polymer [consumption (S1), no consumption (S2)], F: fertilizer application [grow-more 1 (F1), grow-more 2 (F2), grow-more 3 (F3), iron chelate (F4), zinc chelate (F5), grow-more 1+iron chelate (F6), grow-more 1+zinc chelate (F7), grow-more 2+iron chelate (F8), grow-more 2+zinc chelate (F9), grow-more 3+iron chelate (F10), grow-more 3+zinc chelate (F11), grow-more 1+iron chelate+zinc chelate (F12), grow-more 2+iron chelate+zinc chelate (F13), grow-more 3+iron chelate+zinc chelate (F14), control (F15)]

۹: Numbers in each column that have same word, have same group

نتیجه گیری کلی

در تحقیق صورت پذیرفته مشخص شد که کاربرد کودهای کامل گرومور، انواع کودهای ریزمغذی و نیز سوپر پلیمر جاذب منجر به افزایش چشم گیر و معنی دار صفات مختلف مورفوفیزیولوژیکی و زیست شیمیایی گیاه اسطوخودوس تحت سطوح مختلف تنش خشکی گردید که در این بین اثرگذاری کود گرومور ۱ (۲۰-۲۰-۲۰) در غالب صفات مورد ارزیابی به لحاظ تغذیه بهتر و ایجاد مقادیر بالاتر از صفات مورد ارزیابی، توانست همراه با کاربرد لیفر روی و آهن،

بالاتر از بقیه گیاهان تحت تیمار، قرار گیرد. با توجه به تحمل نسبی اسطوخودوس به خشکی، اثرگذاری سوپر پلیمر جاذب در تنش خشکی شدید (۷۵ درصد تخلیه رطوبتی) بیش تر مشهود بود. بنابراین جهت پژوهش های بعدی در زمینه گیاه اسطوخودوس، در سطوح مختلف تنش خشکی تیمار ترکیبی کود کامل گرومور (۲۰-۲۰-۲۰) به همراه مصرف لیفر روی و آهن با کاربرد نانو سوپر پلیمر جاذب پیشنهاد می گردد.

منابع

1. Mozaffarian, V. (2008). *A Pictorial Dictionary of Botanical Taxonomy Latin-English-French-Germany-Persian*. Germany: Koeltz Scientific Books.
2. Lamaka, D., Wiczorek, P. P., Bortkiewicz, O., & Paluch, E. (2024). Lavender essential oil market integrity: A comprehensive study of commercial *Lavandula angustifolia* essential oils adulteration and assessment of industrial standards. *Industrial Crops and Products*, 222, 119744 <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.119744>.
3. Magdas, D., Marincas, O., Roncone, A., & Bontempo, L. (2023). Botanical characterization and authentication of lavender essential oil using its volatile organic compounds and compound-specific carbon and hydrogen isotope ratio analysis. *Food Control*, 154, 110002. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.110002>.
4. Beknazar Saibnazar, O. R. (2023). Bioecological properties of *Lavandula angustifolia* Mill. *Texas Journal of Multidisiplinary Studies*, 21, 1-15.
5. Kharraf, S. E., Guendouz, S. E., Farah, A., Mateus, M. C., El Hadrami, E. M., & Miguel, M. G. (2023). Impact of fifteen combinations of the main components of rosemary, lavender and citrus essential oils on *in vitro* biological activities. *South African Journal of Botany*, 156, 162-168.
6. Valchev, H., Kolev, Z., Stoykova, B., & Kozuharova, E. (2022). Pollinators of *Lavandula angustifolia* Mill., an important factor for optimal production of lavender essential oil. *BioRisk*, 17, 297-307. <https://doi.org/10.3897/biorisk.17.77364>.
7. Camen, D., Hadaruga, N., Luca, R., Doberi, A., Nistor, E., Posta, D., Velicevici, G., Petcov, A., & Sala, F. (2016). Research conserning the influence of fertilization on some physiological processes and biochemical composition of Lavender (*Lavandula angustifolia* L.). *Agriculture and Agricultural Science Prosedia*, 10, 198-205. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>.
8. Kadam, A. J., Balkate, R. R., Chauhan, A. G., Jadhav, A. A., & Kamble, A. A. (2023). A rewiew on Lavender. *International Journal of Current Science*, 13(4): 45-58.
9. 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>.
10. Mumivand, H., Ebrahimi, A., Morshedloo, M. R., & Shayganfar, A.

- (2021). Water deficit stress changes in drug yield, antioxidant enzymes activity and essential oil quality and quantity of Tarragon (*Artemisia dracunculus* L.). *Industrial Crops and Products*, 164, 113381. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113381>.
11. Khorasani, H., Rajabzadeh, F., Mozafari, H., & Ghasemi Pirbalouti, A. (2023). Water deficit stress impairment of morphophysiological and phytochemical traits of Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) buffered by humic acid application. *South African Journal of Botany*, 154, 365-371. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sajb.2023.01.030>.
12. Babaei, Kh., Moghaddam, M., & Farhadi, N. (2021). Morphological, physiological and phytochemical responses of Mexican marigold (*Tagetes minuta* L.) to drought stress. *Scientia Horticulturae*, 284, 110-116. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110116>.
13. Fariaszewska, A., Aper, J., Van Huylenbroeck, J., & De Swaef, T. (2020). Physiological and biochemical responses of forage grass varieties to mild drought stress under field conditions. *International Journal of Plant Production*, 14, 335-353. <https://doi.org/10.1007/s42106-020-00088-3>.
14. 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. *Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 37 (5), 809-821. <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2021.354715.2995>. [In Persian with English abstract]
15. Caser, M., Chitarra, W., Angiolillo, F., & Perrone, I. (2019). Drought stress adaptation modulates plant secondary metabolite production in *Salvia dolomitica* Codd. *Industrial Crops and Products*, 129, 85-96. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.11.068>.
16. Mohsenzadeh, S., Hoseinkhani Hazaveh, M., & Zamanpour Shahmansouri, M. (2020). Evaluation of physiological characters of *Lavandula angustifolia* L. in response to drought stress, compost and vermicompost fertilizers. *Research of Plant Production*, 27(3), 149-162. <https://doi.org/10.22069/jopp.2020.16619.2520>.
17. Fascella, G., Angiolillo, F., Rubertob, G., & Napoli, E. (2020). Agronomic performance, essential oils and hydrodistillation wastewaters of *Lavandula angustifolia* grown on biochar-based substrates. *Industrial Crops and Products*, 154, 112733. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112733>.
18. Gorgini Shabankareh, H., Khorasani Nejad, S., Soltanlo, H., & Shareati, V. (2021). Effect of ABA on yield, antioxidant enzymes activity and prolin content of *Lavandula angustifolia* cv. Munstead Organic in response of water deficient. *Iran Horticultural Sciences*, 52(1), 195-211. [In Persian]
19. Marschner, H. (1995). *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2nd ed. San Diego: Academic Press: pp: 379-396.
20. Gustafson, A. F. (2010). *Handbook of Fertilizers- Their Sources, Make-up, Effects and Use*. Read Books.
21. Malakoti, M. J., & Davodi, M. H. (2002). *Zn Forgotten Nutrient in Life Cycle of Plant*. Sana issuance, pp 209.
22. Nasiri, Y., Shekari, F., & Asadi, M. (2020). Effect of biofertilizer and zinc sulphate on some morphological characters, yield and essential oil of *Satureja hortensis* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 36, 523-541. <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2020.341271.2685>. [In Persian]
23. Mashahiri, Y., Hasanpour Asil, M., Khaledian, M., & Farhangi, M. (2023). Effect of superabsorbent polymer and potassium silicate on morphophysiological and biochemical characteristics of Daffodil (*Narcissus tazetta* L. cv. *Shahla*) flower under irrigation regimes. *Iranian Journal of Horticultural Science*

- and Technology*, 24, 485-502. <http://journal-irshs.ir/article-1-619-en.html>. [In Persian with English abstract]
24. Hoseini, A., Heidari, H., Nosrati, A., & Khorami Vafa, M. (2020). Investigating effect of water-superabsorbent polymer on growth and leaf relative water content in foxtail millet (*Setaria italica*) under drought condition. *Crop Science Research in Arid Regions*, 2, 231-240. <https://doi.org/10.22034/csrar.2021.269609.1083>. [In Persian]
25. Bagherifard, A., Hamidoghli, Y., Hasan Beiglouei, M., & Orang Ghaedi, M. (2020). Effects of drought stress and superabsorbent polymer on morpho-physiological and biochemical traits of Caper (*Capparis spinosa* L.). *Australian Journal of Crop Science*, 14, 13-20. <http://dx.doi.org/10.21475/ajcs.20.14.01.p1418>.
26. Dere, S., Güneş, T., & Sivaci, R. (1998). Spectrophotometric determination of chlorophyll-A, B and total carotenoid contents of some algae species using different solvents. *Turkish Journal of Botany*, 22(1), 13-18.
27. Ryan, J., Estefan, G., & Rashid, A. (2001). *Soil and Plant Analysis Laboratory Manual*. 2nd Ed. Available from ICARDA, Aleppo, Syria.
28. Marinova, D., Ribarova, F., & Atanassova, M. (2005). Total phenolics and total flavonoids in Bulgarian fruits and vegetables. *Journal University of Chemistry Technology Metallurgy*, 40 (3), 255-260.
29. Bates, L. S., Waldren, R. P., & Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, 39, 205-207. <https://doi.org/10.1007/BF00018060>.
30. Adams, R. P. (2007). *Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/ Quadrupole Mass Spectroscopy*. Allured Publishing Corporation, Carol Stream, IL.
31. Almrani, H. A. (2019). Effect of chemical fertilizers (NPK) in the growth two species of henbane and total alkaloids content. *Iraq Journal of Agriculture*, 24(1), 52-61.
32. Amisah, J. N., Alorvor, F. E., Okorley, B. A., Asare, C. M., Osei-Safo, D., Appiah-Opong, R., & Addae-Mensah, I. (2022). Mineral fertilization influences the growth, cryptolepine yield, and bioefficacy of *Cryptolepis sanguinolenta* (Lindl.) Schl. *Plants*, 11(1), 122. <https://doi.org/10.3390/plants11010122>.
33. Yadegari, M. (2022a). The effects of foliar application of some micronutrient elements on the content and composition of the essential oil of Damask rose (*Rosa damascena* Mill.). *Iran Agricultural Research*, 41(2), 35-49. <https://doi.org/10.22099/iar.2022.42152.1467>.
34. Hamed, B., Ghasemi Pirbalouti, A., & Rajabzadeh, F. (2022). Responses to morpho-physiological, phytochemical, and nutritional characteristics of Damask Rose (*Rosa damascena* Mill.) to the applied of organic and chemical fertilizers. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 53(17), 1-17. <https://doi.org/10.1080/00103624.2022.2070634>.
35. Wibowo, S. T. (2007). *Kandungan Hormone IAA, Serpan Hara, Dan Pertumbuhan Beberapa Tanaman Budidaya Sebagai Respon Terhadap Aplikasi Pupuk Biologi Bogor: Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor*. 432 pp.
36. Kulak, M. (2020). Recurrent drought stress effects on essential oil profile of Lamiaceae plants: An approach regarding stress memory. *Industrial Crops and Products*, 154, 1-17. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112695>.
37. Yadegari, M. (2022c). Effects of NPK, botamisol, and humic acid on morphophysiological traits and essential oil of three *Thymus* species under drought stress. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 2, 301-321. <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2022.357303.3119>. [In Persian with English abstract]

38. Sasani, N., Pâques, L. E., Boulanger, G., & Singh, A. P. (2021). Physiological and anatomical responses to drought stress differ between two larch species and their hybrid. *Trees*, 35, 1467-1484. <https://doi.org/10.1007/s00468-021-02129-4>.
39. Albergaria, E. T., Oliveira, A. F., & Albuquerque, U. P. (2020). The effect of water deficit stress on the composition of phenolic compounds in medicinal plants. *South African Journal of Botany*, 131, 12-17. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sajb.2020.02.002>.
40. Alizadeh, A., Moghaddam, M., Asgharzade, A., & Mahmoodi Sourestani, M. (2020). Phytochemical and physiological response of *Satureja hortensis* L. to different irrigation regimes and chitosan application. *Industrial Crops and Products*, 158, 112990. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112990>.
41. Yadegari, M. (2022b). Effects of NPK, botamisol, and humic acid on morphophysiological traits and essential oil of three *Satureja* species under drought stress. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 38 (1), 61-80. <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2022.356264.3073>. [In Persian with English abstract]
42. Han, R. C., Xu, Z. R., Li, C. Y., Rasheed, A., Pan, X. H., Shi, Q. H., & Wu, Z. M. (2022). The removal of nitrate reductase phosphorylation enhances tolerance to ammonium nitrogen deficiency in rice. *Journal of Integrative Agriculture*, 21(3), 631-643. [http://dx.doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63473-6](http://dx.doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63473-6).
43. Fathi, B., Reezi, S., Rouhi, V., & Ghobadi Neya, M. (2017). Effect of different levels of superabsorbent and vermicompost on qualitative and quantitative traits of gazania (*Gazania hybrida*) in green roof condition. *Journal of Horticultural Science*, 48, 423-429. <https://doi.org/10.22059/ijhs.2017.206858.1011>. [In Persian with English abstract]
44. Thakur, M., & Kumar, R. (2020). Foliar application of plant growth regulators modulates the productivity and chemical profile of Damask rose (*Rosa damascena* Mill.) under mid hill conditions of the western Himalaya. *Industrial Crop Products*, 158, 113024. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.113024>.
45. Mahmodi, A., Yadegari, M., & Hamed, B. (2020). Effect of Vermi-compost, nitrogen and phosphorus fertilizers on morphological and phytochemical properties of *Mentha piperita* L. *Journal of Plant Environmental Physiology*, 15, 84-99. <https://dorl.net/dor/20.1001.1.76712423.1399.15.57.7.0>. [In Persian with English abstract]
46. Bani Taba, A., Yadegari, M., & Naderi Darfaghshahi, M. R. (2022). Effect of irrigation regimes and foliar application of manganese and copper on morphophysiological traits of three species of *Satureja* sp. in Isfahan and Golpayegan regions. *Plant Process and Function*, 11, 129-147. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2024.05.003>. [In Persian with English abstract]
47. Babalar, M., Mohtashami, S., Tabrizi, L., & Roushan, V. (2020). Effect of ammonium sulfate on yield properties and phytochemical properties of Savory (*Satureja hortensis* L. Saturn). *Journal of Horticultural Science*, 51, 273-286. <https://dorl.net/dor/20.1001.1.2008482.1399.51.2.1.7>. [In Persian]
48. Aghaei, K., Ghasemi Pirbalouti, A., Mousavi, A., Naghdi Badi, H. A., & Mehnatkesh A. M. (2021). Effects of different fertilizers and the foliar application of L-phenylalanine on mineral contents of hyssop [*Hyssopus officinalis* L. subsp. *angustifolius* (Bieb.)]. *Journal of Horticultural Plants Nutrition*, 4(2), 13-28. <https://doi.org/10.22070/hpn.2021.4639.1038>. [In Persian with English abstract]
49. Asgarian, M., Aminifard, M. H., Khayat, M., & Jahani, M. (2019). Evaluation of different level of complete fertilizer

- NPK and folic acid on morphological properties, yield and yield components of *Ocimum basilicum* L. *Journal of Agroecology*, 11, 1375-1388. <https://doi.org/10.22067/jag.v11i4.73422>. [In Persian with English abstract]
50. Yadegari, M. (2024a). The effects of foliar application of some important micronutrient elements on essential oil content and components of *Dracocephalum kotschy* Boiss. *Journal of Horticulture and Postharvest Research*, 7(1), 81-98. <https://doi.org/10.22077/jhpr.2024.7079.1351>.
51. Yadegari, M. (2024b). Effects of some biological and chemical fertilizers on morphophysiological characters and essential oil in *Rosa damascena* Mill. in drought stress. *Journal of Plant Process and Function*, 12, 417-440. <https://doi.org/10.22034/12.57.417>. [In Persian with English abstract]
52. Javadi, H., Mousavi, Gh., Seghatoleslami, M. J., & Kermani, F. (2021). Effect of organic and chemical improvers application on yield and essential oil percentage of Dill (*Anethum graveolens* L.) under water deficit stress conditions. *Plant Productions*, 44, 283-294. <https://doi.org/10.22055/ppd.2019.30621.1806>. [In Persian with English abstract]
53. Beiranvandi, M., Akbari, N., Ahmadi, A., Momivand, H., & Nazarian F. (2020). Interaction of biochar and superabsorbent on the composition of *Satureja rechingeri* Jamzad essential oil under drought stress. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 36, 780-793. <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2020.342067.2732>. [In Persian with English abstract]
54. Rezaee, Z., & Rafeol Hoseini, M. (2017). Physiological response of *Foeniculum vulgare* Mill. to manure fertilizer and superabsorbent under drought stress. *Ecophysiology of Crop Science*, 43, 547-564. <https://sanad.iau.ir/Journal/jcep/Article/956799/FullText>.
55. Pirzad, A., Darvishzadeh, R., & Hasani, A. (2017). Seed yield and essential oil responses of Cumin to different irrigation regimes and super absorbent levels in Urmia climatic conditions. *Crop Science Research in Arid Regions*, 1, 1-12. <https://doi.org/10.22034/csrar.01.01.01>. [In Persian with English abstract]
56. Danesh-Shahraki, H., Ghasemi Pirbalouti, A., & Rajabzadeh, F. (2023). Water deficit stress mitigation by the foliar spraying of salicylic acid and proline on the volatile oils and growth features of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.). *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, <https://doi.org/10.1080/0972060X.2022.2160279>.
57. Esch, E. H., Lipson, D. A., & Cleland, E. E. (2019). Invasion and drought alter phenological sensitivity and synergistically lower ecosystem production. *Ecology*, 100, 34-45. <https://doi.org/10.1002/ecy.2802>.
58. Nosrati, M., Zeidalai, A., Zare, M. J., Momivand, H., & Keyani, M. (2021). Effect of sowing time, complete fertilizer and harvesting time on qualitative and quantitative yield of *Satureja rechingeri* Jamzad. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 37, 242-259. <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2021.341804.2716>. [In Persian with English abstract]

