



Evaluation of the effects of environmental conditions on morphological, physiological, and phytochemical characteristics in two populations of Lamb's Ear Plant (*Stachys lavandulifolia* Vahl) in Zanzan Province

Seyed Mostafa Mohammadi¹, Mahnaz Vafadar^{2*} , Zohreh Toghranegar³,
Elaheh Vatankhah⁴

¹ Department of Biology, Faculty of Science, University of Zanzan, Zanzan, Iran, email: vafadar@znu.ac.ir

Article type:	Abstract
Research article	This study investigated the effects of environmental factors on the morphological, physiological, and phytochemical characteristics of the mountain tea plant (<i>Stachys lavandulifolia</i>) in two regions of Zanzan province (Tarom and Qaidar). Plant and soil samples were collected during the reproductive phase in spring 2023. Essential oil was extracted using the hydro-distillation method and analyzed using gas chromatography and gas chromatography-mass spectrometry. Soil properties and plant parameters were also measured. The results showed that the Tarom samples had a higher yield and content of essential oil, while the Qaidar samples had higher essential oil quality. The essential oil of the Qaidar and Tarom plants contained 45 and 31 compounds, respectively. Soil analysis revealed higher levels of pH, electrical conductivity, calcium, phosphorus, iron, copper, and manganese in the Qaidar region, while higher levels of nitrogen, zinc, and potassium were found in Tarom. The Tarom plants had higher levels of chlorophyll a, b, and total chlorophyll, while the Qaidar plants had higher levels of flavonoids. The Tarom population also had larger leaf and flower sizes, longer inflorescence axis and root lengths, and taller plants compared to the Qaidar population. These differences may be attributed to the more favorable habitat conditions in Tarom, including lower altitude, lower soil electrical conductivity, and higher nutrient and organic carbon content. Overall, this study suggests that the Qaidar region has a higher quality of essential oil and recommends the exploitation of mountain tea plants from this region.
Article history Received: 2025-04-12 Revised: 2025-06-02 Accepted: 2025-06-10	
Keywords Ecophysiology Essential oil Habitat Mountain tea Zanzan province	
Cite this article as: Mohammadi, S.M., Vafadar, M., Toghranegar, Z., Vatankhah, E. (2025). Evaluation of effects of environmental conditions on morphological, physiological and phytochemical characteristics in two populations of lamb's ear plant (<i>Stachys lavandulifolia</i> Vahl) in Zanzan Province. <i>Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants</i> , 13(1): 111-134.	
	©The author(s) Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch Doi: https://doi.org/10.71847/vrb3-xx72.ejmp.2025.1206772

ارزیابی تاثیر شرایط محیطی بر ویژگی های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی در دو جمعیت گیاه چای کوهی (*Stachys lavandulifolia* Vahl.) در استان زنجان

سیدمصطفی محمدی^۱، مهناز وفادار^{۱*}، زهره طفرانگار^۱، الهه وطن خواه^۱

^۱ گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران، رایانامه: vafadar@znu.ac.ir

نوع مقاله:

چکیده

مقاله پژوهشی

در مطالعه حاضر، تاثیر عوامل محیطی بر روی برخی ویژگی های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و نیز کمیت و کیفیت اسانس گیاه چای کوهی در دو منطقه طارم و قیدار در استان زنجان بررسی شد. جمع آوری نمونه های گیاهی در مرحله ی زایشی و نمونه های خاک، در بهار سال ۱۴۰۲ و در سه تکرار انجام شد. استخراج اسانس به روش تقطیر با آب و با استفاده از دستگاه کلونجر و جداسازی و شناسایی ترکیبات اسانس به وسیله دستگاه گاز کروماتوگرافی و کروماتوگرافی متصل به طیف سنجی جرمی انجام شد. ویژگی های خاک، صفات مورفولوژیکی، رشدی و فیزیولوژیکی نمونه ها سنجش گردید. نتایج نشان دهنده مقدار و بازده بالاتر اسانس در نمونه های طارم و کیفیت بالاتر اسانس در قیدار بود. اسانس گیاهان قیدار و طارم به ترتیب حاوی ۴۵ و ۳۱ ترکیب بود. نتایج آنالیز خاک بیانگر مقادیر بالاتر اسیدیت، هدایت الکتریکی، کلسیم، فسفر، آهن، مس و منگنز در قیدار و بیانگر مقادیر بالاتر ازت، روی و پتاسیم در طارم بود. مقدار کلروفیل a، b و کلروفیل کل در گیاهان طارم بیشتر اما میزان فلاونوئید در گیاه قیدار بیشتر بود. با بررسی صفات مورفولوژیکی مشخص گردید که مقدار طول و عرض برگ، نسبت طول به عرض برگ، طول و عرض گل، طول محور گل آذین، طول ریشه و ارتفاع گیاهان طارم بیشتر از قیدار بود که ممکن است به شرایط رویشگاهی مساعدتر، ارتفاع کم تر از سطح دریا، هدایت الکتریکی خاک کم تر، خاک غنی تر از نظر عناصر مغذی و کربن آلی مربوط باشد. یافته های حاصل از این تحقیق نشان دهنده کیفیت بالاتر اسانس در منطقه قیدار بوده و بهره برداری از گیاه چای کوهی از این منطقه توصیه می شود.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱/۲۳

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۲/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۲/۳۱

واژه های کلیدی:

اسانس

استان زنجان

اکوفیزیولوژی

چای کوهی

رویشگاه

استناد: محمدی، سیدمصطفی؛ وفادار، مهناز؛ طفرانگار، زهره؛ وطن خواه، الهه. (۱۴۰۴). ارزیابی تاثیر شرایط محیطی بر ویژگی های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی در دو جمعیت گیاه چای کوهی (*Stachys lavandulifolia* Vahl.) در استان زنجان.

فصلنامه اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی، ۱۳(۱)، ۱۱۱-۱۳۴.

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان

Doi: <https://doi.org/10.71847/vrb3-xx72.ejmp.2025.1206772>

© نویسندگان.



مقدمه

گیاه چای کوهی (با نام ترکی توکلوجه-Tüklüce) و با نام علمی *Stachys lavandulifolia* Vahl یکی از گیاهان مهم دارویی متعلق به خانواده نعنائیان در ایران بوده و از سازگاری بالایی در شرایط اقلیمی مختلف برخوردار است. این گیاه، چای چوپان یا پای پشمی نیز نامیده می‌شود و انتشار جغرافیایی آن در ایران تقریباً وسیع بوده و در مناطق مختلفی شامل استان‌های زنجان، همدان، کردستان، آذربایجان، اصفهان، کهگیلویه و بویر احمد، مرکزی، مازندران، سمنان و قزوین در دامنه ارتفاعی ۳۳۰۰-۱۹۰۰ متر از سطح دریا به شکل پراکنده و در برخی موارد به صورت متراکم در سطوح کم، در مناطق کوهستانی با شیب کم، دامنه‌های صخره‌ای-سنگلاخی، مراتع خشک و در حاشیه مزارع رشد می‌کند (Jamzad, 2012; Aghaei Norouzloo et al., 2014; Rahmani Vahid et al., 2015).

چای کوهی گونه گیاهی علفی، بوته‌ای-بالشتکی، به ارتفاع ۳۵-۱۰ سانتی‌متر و با ساقه‌های متعدد در قسمت پایین به صورت خوابیده-خمیده و پوشیده از کرک‌های نمدی-خاکستری و کرک‌های بلند سفیدرنگ است. گل‌ها در گل‌آذین چرخه‌ای (فراهم) و تقریباً بدون دمگل مستقر هستند. جام گل به رنگ‌های صورتی، صورتی مایل به سرخ یا ارغوانی است. چرخه‌های گل دارای ۴ تا ۶ گل بوده و فاصله گل‌ها در بخش‌های پایین گل‌آذین، بیشتر است. کاسه گل لوله‌ای، پوشیده از کرک‌های بلند سبز رنگ تا بنفش تیره می‌باشد. زمان گلدهی این گونه نیز بهار و تابستان است (Jamzad, 2012).

این گیاه نظیر سایر گیاهان خانواده نعنائیان، سرشار از ترکیبات متابولیت ثانویه از جمله روغن‌های اسانس‌دار است که دارای فعالیت‌های زیستی فراوان و خواص آنتی‌اکسیدان می‌باشند. اسانس‌ها جزء ترکیبات

فرار و هیدروکربنی محسوب می‌شوند که در خانواده‌های مختلف از جمله نعنائیان (Lamiaceae)، کاسنیان (Asteraceae) و چتریان (Apiaceae) تولید و ذخیره می‌شوند. در ساختار اسانس‌ها ترکیبات بسیار متنوعی از جمله ترپنوئیدها (مونوترپن‌ها و سزکوئی ترپن‌ها)، هیدروکربن‌ها، فنل‌ها، آلدئیدها، استرها و کتون‌ها به‌طور طبیعی وجود دارند. این ترکیبات، به دلیل معطر بودن و داشتن اثرات ضد عفونی‌کننده، آنتی‌باکتریال، ضدقارچی و حشره‌کش، در لوازم آرایشی، بهداشتی و طب سنتی کاربرد دارند (Okach et al., 2013; Zarali et al., 2016; Luo et al., 2019). گل‌ها (سرشاخه‌های گلدار) و برگ‌های گیاه چای کوهی، بخش‌های مورد استفاده دارویی آن هستند که در درمان عفونت، آسم، بیماری‌های التهابی به‌ویژه روماتیسم، دردهای عصبی، تقویت سیستم ایمنی، رفع بی‌خوابی، کاهش استرس، بهبود ناراحتی‌های گوارشی به‌ویژه معده، درمان فشارخون بالا، درمان دیابت و کاهش آلرژی کاربرد دارند (Rabbani et al., 2003; Javidnia et al., 2010; Dimitrijević et al., 2010; Tundis et al., 2014).

در اکوسیستم‌ها، رشد و عملکرد گیاهان تحت تاثیر عوامل مختلفی مانند زمینه‌های ژنتیکی گونه، اقلیم منطقه، پارامترهای زیستگاهی، محیط خاک (عوامل ادافیکی)، ارتفاع از سطح دریا و موقعیت جغرافیایی است. این عوامل بر کمیت و کیفیت مواد موثره و متابولیت‌های ثانویه گیاهان تاثیرگذار هستند (Li et al., 2020). گونه‌های گیاهی دارای پراکنش وسیع در مناطق مختلف، متشکل از جمعیت‌های متنوعی هستند (اکوتیپ‌ها) و هر کدام از این جمعیت‌ها متأثر از شرایط رویشگاهی خود، از نظر بروز صفات مورفولوژیکی و همین‌طور صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی، تفاوت‌هایی را با هم نشان می‌دهند. مطالعات مختلف نشان داده است که

بازده اسانس افزایش نشان داد، اما در مقابل در نمونه‌های مربوط به شیب‌های جنوبی، افزایش عملکرد و کیفیت اسانس گزارش گردید (Aalipour et al., 2015).

هم‌چنین تنوع مورفولوژیکی چند جمعیت از گیاه چای کوهی در استان‌های اردبیل، آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، زنجان و همدان مورد بررسی قرار گرفته است. یافته‌های حاصل از این تحقیق نشان داد که تفاوت‌های معنی‌دار بین صفات مورفولوژیکی جمعیت‌های مختلف این گونه گیاهی وجود دارد که می‌تواند ناشی از شرایط اقلیمی، جغرافیایی و ژنتیکی متفاوت در هر منطقه باشد (Lotfi et al., 2021). یافته‌های حاصل از تحقیق انجام شده در استان مازندران بر روی تأثیر عوامل محیطی بر کمیت و کیفیت اسانس گیاه پونه آبی از خانواده نعنائیان، نشان داد که گیاهان مناطق غربی استان، به دلیل بارندگی بیشتر، خاک غنی‌تر و pH پایین‌تر، بازدهی اسانس بالاتری نسبت به سایر مناطق دارند (Mohsenpoor et al., 2017). Sarvari و همکاران (2015)، با بررسی تأثیر برخی عوامل محیطی بر کمیت و کیفیت اسانس گیاه چای کوهی در استان خراسان رضوی، دریافتند که رابطه معنی‌داری بین عامل ارتفاع و درصد اسانس وجود دارد. در پژوهش انجام‌شده توسط Arab Salehi و همکاران (2016) بر روی تنوع ژنتیکی توده‌های گیاه چای کوهی در مناطق مختلف استان اصفهان، اختلاف معنی‌دار صفات مورفولوژیکی و درصد اسانس در میان جمعیت‌ها مشاهده شد. Lotfi و همکاران (2024) محتوای ترکیبات اسانسی و فیتوشیمیایی گیاه چای کوهی را در چند منطقه غرب و شمال‌غرب کشور مورد بررسی قرار دادند. یافته‌های حاصل از این مطالعه نشان داد که جمعیت‌های دو منطقه سراب و هریس در استان آذربایجان شرقی دارای سطوح بالاتری از ترکیبات فوق بوده‌اند.

ترکیبات اسانس، درصد و مواد مؤثره موجود در آن به شدت تحت تأثیر عوامل محیطی قرار دارند. از مهم‌ترین این عوامل می‌توان به موقعیت جغرافیایی و پارامترهای مرتبط با آن از جمله شرایط آب‌وهوایی، ارتفاع از سطح دریا، توپوگرافی منطقه، نوع خاک و نیز مرحله فنولوژیکی گیاه اشاره نمود (Yeddes et al., 2019, Ale Omraninejad et al., 2018). هم‌چنین اسانس‌های موجود در اندام‌های مختلف گیاه با متابولیسم و فعالیت‌های زیستی آن ارتباط مستقیم دارند (Momeni and Shahrokhi, 2011).

اثر عوامل محیطی، رویشگاهی، اقلیمی و ویژگی‌های خاک بر ترکیبات مؤثره گیاهان در پژوهش‌های مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است. عوامل محیطی مختلفی که تأثیر زیادی بر کمیت و کیفیت مواد مؤثره گیاهان دارویی دارند شامل نور، درجه حرارت، میزان آب و ارتفاع از سطح دریا است. علاوه بر این، عواملی نظیر ژنوتیپ، مراحل تکوینی و تکاملی و نیز مراحل مختلف رشد و نمو گیاه، نقش بسزایی در تعیین ترکیب و میزان مواد تشکیل‌دهنده اسانس دارند (Bertomeu et al., 2007, Zamfirache et al., 2010; Pant et al., 2021; Mudau et al., 2022; Qaderi et al., 2023).

Chavarli و همکاران (2016) با بررسی ترکیبات فنلی و اسانس گیاه چای کوهی در رویشگاه‌های سمنان و خراسان نشان دادند که عملکرد و درصد اسانس این گیاه در منطقه خراسان به‌طور معنی‌داری بالاتر از منطقه سمنان بوده است. هم‌چنین، تأثیر شرایط محیطی، شیب زمین و ترکیبات خاک بر کمیت و کیفیت اسانس در گونه *Stachys laxa* در منطقه کیاسر استان مازندران مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج این پژوهش نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار عوامل محیطی بود؛ به‌طوری که در شیب‌های شمالی به‌علت غنای بیشتر خاک از نظر مواد آلی و رطوبت بالاتر،

ویژگی‌های خاک از جمله محتوای ماده آلی، نیتروژن کل، پتاسیم و محتوای فسفر به‌عنوان تأثیرگذارترین عوامل شناسایی شدند. Zamani و همکاران (2024) تاثیر ویژگی‌های رویشگاهی در دو دامنه شمالی و جنوبی مراتع کلاکوه آمل را بر اجزاء اسانس گیاه *Stachys lavandulifolia* Vahl مورد بررسی قرار دادند. مقایسه میانگین بازده اسانس در دو دامنه بیانگر آن بود که دامنه جنوبی به‌طور معنی‌داری دارای میانگین بیشتری نسبت به دامنه شمالی بوده است. نتایج پژوهش این محققین نشان داد که ترکیبات مستخرج از اسانس گیاه چای کوهی به‌شدت تحت تاثیر شرایط رویشگاهی منطقه می‌باشد. Salehi و Kalvandi (2023) ویژگی‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی گیاه *Stachys inflata* Benth را در مناطق مختلف استان همدان مورد پژوهش قرار دادند. اختلاف معنی‌داری بین جمعیت‌های مختلف این گونه در پارامترهای مورد مطالعه مشاهده شد. بیشترین میزان اسانس از جمعیت‌هایی به‌دست آمد که خاک مناطق آن‌ها دارای فسفر بیشتری بود. بنابراین، عوامل محیطی و همچنین عوامل ژنتیکی در ایجاد تنوع در ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی این گیاه نقش داشته‌اند. تنوع شیمیایی در گل‌آذین جمعیت‌های وحشی *Stachys lavandulifolia* جمع‌آوری‌شده از دو استان (اصفهان و چهارمحال و بختیاری) در جنوب غربی ایران مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تفاوت‌های مشخصی در محتوای ترکیبات بسته به منطقه جمع‌آوری نمونه وجود دارد. اجزای اسانس گیاه چای کوهی می‌تواند با توجه به ژنتیک (اکوتیپ)، شرایط محیطی و منشأ جغرافیایی متفاوت باشد (Ghasemi Pirbalouti and Mohammadi, 2013).

Dehghan و همکاران (۲۰۱۵) تاثیر شرایط رویشگاهی و اقلیمی را بر کمیت و کیفیت اسانس

گیاه کاکوتی خودرو در مناطق مختلف استان همدان مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که ترکیبات تشکیل‌دهنده و کیفیت اسانس در رویشگاه‌های مختلف استان همدان تفاوت‌های قابل توجهی با هم دارند. Arvin و Firouzeh (2023) تغییرات مورفولوژیکی و کمیت و کیفیت اسانس را در گیاه زرین گیاه یا بادرنجبویه دناپی (*Dracocephalum kotschy* Boiss. از خانواده نعنائیان در رویشگاه‌های طبیعی بجنورد مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که نمونه‌های برداشت‌شده از مناطق کوهستانی، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و بازده اسانس بالاتری نسبت به مناطق دیگر دارند. Mahdavi و همکاران (2014) با بررسی تاثیر شرایط محیطی بر کمیت و کیفیت اسانس گیاه مرزنجوش از خانواده نعنائیان در منطقه نمارستاق آمل اظهار داشتند که تعداد ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس در شیب‌های جنوبی منطقه بیشتر از شیب‌های شمالی بوده است. هدف از انجام تحقیق حاضر، مطالعه اکوفیزیولوژیکی روی دو جمعیت از گیاه چای کوهی در دو منطقه مختلف استان زنجان و بررسی صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و متابولیت‌های ثانویه (به‌ویژه اسانس) در این دو جمعیت است. هدف نهایی تحقیق، شناسایی جمعیت گیاهی مربوط در منطقه برخوردار از کیفیت اسانس بالاتر می‌باشد.

مواد و روش‌ها

معرفی دو منطقه مورد مطالعه: استان زنجان در شمال غرب کشور با مساحت ۲۳۷۱۰ کیلومتر مربع، در محدوده ارتفاعی ۴۰۰ متر تا ۳۳۰۰ متر از سطح دریا قرار دارد (شکل ۱، الف). این استان به‌دلیل موقعیت خاص جغرافیایی خود، از اهمیت بالایی برخوردار است و پوشش گیاهی متنوعی دارد. شمال استان تحت تاثیر رشته کوه‌های البرز، دارای عناصر ناحیه خزری است و جنوب استان تحت تاثیر رشته

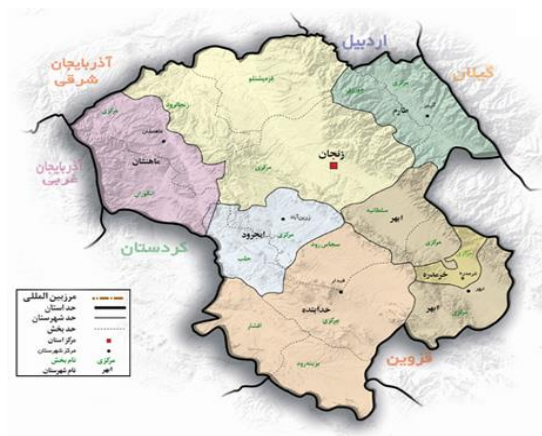
کوه‌های زاگرس قرار دارد و عناصری از فلور این نواحی را شامل می‌شود. هم‌چنین، ظهور عناصر نواحی نیمه بیابانی در منطقه مرکزی، واقع بین این دو ناحیه شمال و جنوب، موجب پیدایش ترکیب گیاهی متنوعی در این استان شده است (Mousavi, 2004). مهم‌ترین خانواده‌های گیاهی در رویش‌های استان زنجان عبارتند از خانواده‌های کاسنیان (Asteraceae)، نعنائیان (Lamiaceae)، باقلائیان (Fabaceae)، چتریان (Apiaceae)، گندمیان (Poaceae)، کلمیان (Brassicaceae)، گاوزبانیان (Boraginaceae) و نسترنیان (Rosaceae) (Vafadar et al., 2017; Toghraanegar et al., 2020).

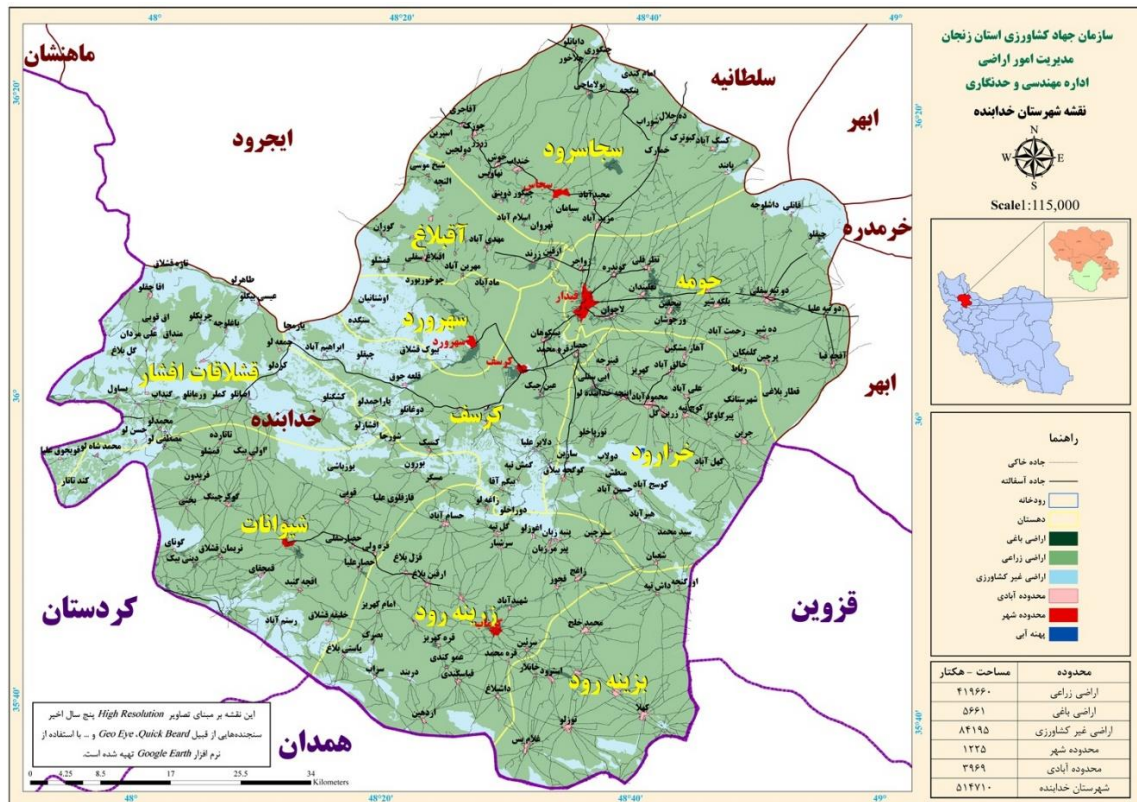
شهرستان طارم، به عنوان یکی از مناطق مورد مطالعه، در شمال شرق استان زنجان قرار دارد و دارای ۲۲۳۵ کیلومتر مربع مساحت است (شکل ۱، ب). این شهرستان به دلیل ناهمواری‌های فراوان، دارای ویژگی‌های طبیعی خاصی می باشد. رودخانه‌ی قزل اوزن، دره‌ی عمیقی در این منطقه ایجاد کرده است که ارتفاع کف این رودخانه در گیلوان به کمتر از ۴۰۰

متر از سطح دریا می‌رسد. در حالی که برخی قله‌ها رشته‌کوه‌های اطراف آن بیش از ۲۸۰۰ متر ارتفاع دارند. این شهرستان علی‌رغم وسعت کم خود، تنوع آب‌وهوایی گسترده‌ای دارد که شامل آب و هوای سرد کوهستانی، نیمه خشک سرد، مرطوب سرد و معتدل است و پوشش گیاهی آن شامل مراتع، علفزارهای غنی و جنگل‌های طبیعی و دست‌کاشت (درختان ارس، زیتون، انار، انجیر، فندق و ...) می‌باشد (Norouzi, 1999).

شهرستان قیدار به عنوان دومین منطقه مورد مطالعه در بخش جنوب غرب استان زنجان واقع شده و ۵۱۵۱ کیلومتر مربع مساحت دارد (شکل ۱، ج). آب و هوای این شهرستان متشکل از آب و هوای سرد کوهستانی در مناطق مرتفع و نیمه خشک سرد در مناطق پایین دست و دشت هاست. از نظر پوشش گیاهی، این منطقه دارای تنوع زیادی است که شامل رویش های کوه سری در ارتفاعات، مراتع، علفزارها و درخت زارها در دشت های آن می باشد.

الف





ج



شکل ۱: الف: نقشه استان زنجان، ب: نقشه شهرستان قیدار، ج: نقشه شهرستان طارم

جمع‌آوری نمونه‌های گیاهی و خاک: جمع‌آوری نمونه‌های گیاهی چای کوهی در مرحله‌ی گلدهی و نمونه‌های خاک از مناطق طارم در شمال شرق و قیدار در جنوب غرب استان زنجان در فصل بهار سال ۱۴۰۲ انجام شد. نمونه‌برداری خاک از منطقه ریزوسفر (عمق ۰-۲۰ سانتی‌متری) در سه تکرار و برداشت کامل گیاه چای کوهی در مرحله‌ی زایشی نیز در سه تکرار از مناطق مذکور انجام گردید. نمونه‌های برداشت شده به آزمایشگاه انتقال یافت و بخش‌های تر جهت انجام سنجش‌های مربوطه در فریزر نگهداری شدند. جهت انجام بررسی‌های مستلزم ماده خشک گیاهی، اندام‌های مربوطه، از جمله سرشاخه‌های گلدار نمونه‌ها، برای استخراج اسانس و سنجش ترکیبات تشکیل‌دهنده، در شرایط دمایی محیط در معرض نور غیرمستقیم خورشید خشک شدند.

بررسی صفات مورفولوژیکی (ریختی) و رشدی:

صفات مورفولوژیکی مورد بررسی در این تحقیق عبارتند از: ارتفاع گیاه، طول و عرض برگ، نسبت طول به عرض برگ، طول ریشه، طول ساقه بدون احتساب طول محور گل‌آذین، طول و عرض محور گل‌آذین، طول و عرض گل، طول و عرض لوله کاسه گل، طول لب بالایی و لب پایینی جام گل (Lotfi et al., 2004; Salehi and Kalvandi, 2023). به‌منظور مطالعه صفات رشدی، پس از برداشت نمونه‌های گیاهی و شست‌وشو، بخش‌های زیرزمینی و هوایی نمونه‌ها جدا شدند و بعد از خشک کردن، وزن تر اندام‌های هوایی با ترازوی دیجیتالی، با دقت ۰/۰۰۰۱ توزین گردید. جهت اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و در نهایت وزن نمونه‌های خشک توزین شد (Unyayar et al., 2004; Füzy et al., 2019).

مطالعه ویژگی‌های فیزیولوژیکی (سنجش کلروفیل و کاروتنوئید): به‌منظور سنجش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه چای کوهی از روش Lichtenthaler و Buchmann (1983) استفاده شد. مقدار ۰/۱ گرم نمونه برگ تر گیاه با ۱۰ میلی‌لیتر استن ۸۰ درصد درون هاون ساییده و همگن شد. سپس محلول به دست آمده با کاغذ صافی واتمن شماره ۱ صاف گردید. جذب محلول‌ها در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۷ و ۴۷۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل DR ۵۰۰۰ خوانده شد. در نهایت میزان رنگیزه‌ها با استفاده از رابطه ۱ بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه برگ محاسبه گردید.

رابطه ۱

$$\text{Chlorophyll a } (\mu\text{g/mL}) = (12/25 A_{663} -$$

$$2/79 A_{647})$$

$$\text{Chlorophyll b } (\mu\text{g/mL}) = (21/50 A_{647} -$$

$$5/10 A_{663})$$

$$\text{Chlorophyll Total} = \text{Chl a} + \text{Chl b}$$

$$\text{Total Carotenoids } (\mu\text{g/mL}) = (1000 A_{470} -$$

$$1/82 \text{ Chl a} - 85/02 \text{ Chl b})/198$$

در این روابط A: جذب نور در طول موج‌های مورد نظر می‌باشد.

مطالعه و آنالیز خاک

آماده‌سازی نمونه‌های خاک: نمونه‌های خاک از رویشگاه گیاه چای کوهی در مناطق طارم و قیدار از عمق ۰ تا ۲۰ سانتی‌متری سطح خاک و در سه تکرار برداشت شد. پس از انتقال نمونه‌های خاک به آزمایشگاه و خشک شدن در دمای محیط، از الک ۴ میلی‌متری عبور داده شد. در نهایت نمونه‌ها جهت تعیین ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی خاک شامل بافت خاک، درصد کربن آلی (به روش والکی-بلک)، رطوبت ظرفیت زراعی (با استفاده از دستگاه

صفحه‌های فشار) با استفاده از روش Klute (1986) و درصد اشباع به آزمایشگاه خاک انتقال یافت.

سنجش برخی عناصر، شوری و اسیدیته خاک: جهت اندازه‌گیری مقدار عناصر و فلزات خاک (آهن، پتاسیم، روی، مس و منگنز)، مقدار ۰/۵ گرم خاک که از پیش خشک شده بود از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد و سپس تیزاب (اسیدنیتریک با اسیدکلریدریک با نسبت ۱ به ۳) به نمونه خاک افزوده گردید. مخلوط بر روی شیکر قرار داده شد تا هم‌زمان با گرم کردن مخلوط شود. پس از یک ساعت، مخلوط از کاغذ صافی عبور داده شد و حجم آن با آب مقطر به ۵۰ رسانده شد و محلول به فالكون منتقل گردید. سپس مقدار فسفر قابل جذب به‌روش اولسن (با عصاره‌گیر بی‌کربنات سدیم) و مقدار ازت به روش کجلدال تعیین شد. جهت تعیین هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع (EC) و اسیدیته در گل اشباع (pH)، به ۲۰۰ گرم خاک، ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر افزوده شد و به‌مدت ۳۰ دقیقه بر روی شیکر در دمای اتاق قرار داده شد. در نهایت EC خاک با استفاده از EC سنج و pH خاک با دستگاه pH متراندازه‌گیری گردید.

مطالعه ویژگی‌های فیتوشیمیایی

اسانس استخراج اسانس از سرشاخه‌های گلدار: استخراج اسانس از سرشاخه‌های گلدار گیاه چای کوهی با استفاده از روش تقطیر با آب و دستگاه کلونجر انجام شد. ۱۶ گرم از نمونه خشک گیاهی توزین گردید و به بالن ته گرد ۱ لیتری به‌همراه ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر و تعدادی سنگ جوش منتقل شد. دمای هیتر در ۱۰۰ °C به‌مدت ۸ ساعت تنظیم شد. در این روش با به جوش آمدن محتویات بالن، اسانس نمونه خارج شده و به همراه بخار آب به بالای لوله کلونجر هدایت می‌شود. در این قسمت، با سرد شدن بخارات توسط آب سرد متصل به لوله کلونجر، عمل

میعان صورت می‌گیرد. قطره‌های حاصل از میعان در هگزان نرمال در انتهای لوله کلونجر باقی می‌ماند. بعد از ۸ ساعت، اسانس‌های وارد شده در فاز هگزان نرمال خارج گردیده و از سولفات سدیم جهت آبیگری اسانس استفاده شد. پس از توزین اسانس، بازده اسانس طبق رابطه زیر محاسبه گردید:

رابطه ۲

$$100 \times (\text{وزن خشک گیاه} / \text{وزن اسانس}) = \text{بازده اسانس}$$

آنالیز اسانس با دستگاه GC و GC/MS: شناسایی ترکیبات بر اساس معیارهای کروماتوگرافی (زمان بازداری) و طیف‌سنجی (تفسیر طیف جرمی، مقایسه با اطلاعات کتابخانه‌ای و ترکیبات استاندارد) انجام گرفت. داده‌های کروماتوگرافی و طیف‌سنجی با استفاده از یک کروماتوگراف گازی مدل Trace Scientific Thermo متصل به طیف سنج جرمی مدل D (یونیزاسیون برخورد الکترونی، EI، ۷۰ eV)، تزریق از نوع Split (با نسبت ۱:۵۰) و نرم افزار Xcalibur مجهز به کتابخانه‌های NIST و WILEY برای تجزیه و تحلیل داده‌ها مورد استفاده قرار گرفت. ستون به‌طول ۱۵ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر، ضخامت ۰/۲۵ میکرومتر بود. برنامه دمایی آون GC به صورت زیر برنامه ریزی گردید:

ابتدا دما در ۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱ دقیقه نگه داشته شد، سپس با سرعت ۱۰ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه افزایش یافت تا به دمای ۲۴۰ درجه سانتی‌گراد برسد و در آن دما به‌مدت ۱۵ دقیقه ثابت ماند. دمای منطقه تزریق و خط انتقال به‌ترتیب ۲۴۰ و ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم گردید. هلیوم (۹۹/۹۹۵٪) به‌عنوان گاز حامل با جریان ثابت ۱ میلی‌لیتر در دقیقه استفاده شد. طیف سنجی جرمی و کروماتوگرام با روش اسکن جرمی در گستره m/z ۴۵-۵۰۰ تنظیم گردید.

فلاوونوئید: پس از ترکیب ۰/۱ گرم پودر خشک بخش هوایی گیاه چای کوهی با ۲ میلی لیتر متانول خالص و استقرار محلول حاصل در دمای اتاق به مدت ۴۸ ساعت، محلول با کاغذ صافی صاف گردید و متانول کاملاً تبخیر شد. در نهایت، رسوب به دست آمده در ۲ میلی لیتر متانول خالص حل گردید و برای اندازه گیری ترکیبات فلاوونوئیدی مورد استفاده قرار گرفت. در این تحقیق محتوای فلاوونوئید با استفاده از روش کلرید آلومینیوم (Chang et al., 2002) در طول موج ۴۱۵ نانومتر اندازه گیری شد. مقدار فلاوونوئید با استفاده از منحنی استاندارد کوئرستین محاسبه شد و به صورت معادل میکروگرم کوئرستین در گرم وزن خشک نمونه گزارش گردید.

روش تجزیه و تحلیل اطلاعات: تجزیه و تحلیل داده ها با آزمون t-test در سطح احتمال $p \leq 0.05$ و با کمک نرم افزار SAS 9.1 انجام شد و برای رسم نمودار از نرم افزار Excel نسخه ۲۰۱۶ استفاده گردید.

نتایج و بحث

مشخصات اقلیمی و جغرافیایی مناطق مورد مطالعه در استان زنجان: مشخصات اقلیمی و جغرافیایی

مناطق مورد مطالعه در این پژوهش در جدول ۱ آمده است. میانگین ارتفاع از سطح دریا در منطقه قیدار بسیار بالاتر از منطقه طارم است اما میانگین دمای سالانه در طارم بالاتر از میانگین دمای سالانه در قیدار است. میانگین بارش در منطقه قیدار نیز بیشتر است. مطالعات خصوصیات خاک دو منطقه: نتایج مقایسه پارامترهای خاک دو منطقه طارم و قیدار در جدول ۲ آمده است. یافته های حاصل نشان داد که بافت خاک منطقه طارم از نوع لومی و بافت خاک منطقه قیدار از نوع لومی رسی است. بر اساس مقایسه میانگین ها مشخص شد که pH خاک دو منطقه، تفاوت معنی داری ندارد، اما از نظر EC خاک اختلاف معنی داری بین آن ها مشاهده می شود و شوری خاک در منطقه قیدار بیشتر از منطقه طارم است. در مورد سایر پارامترها از جمله میزان کربن آلی، آهک، ازت کل، فسفر، آهن، پتاسیم، روی، مس و منگنز نیز تفاوت معنی داری، در سطح احتمال ۵ درصد، بین دو منطقه مشاهده می شود. خاک منطقه قیدار دارای میزان بیشتری آهک، فسفر، آهن، مس و منگنز است، در حالی که مقادیر کربن آلی، ازت، روی، بر و پتاسیم در خاک منطقه طارم بیشتر می باشد.

جدول ۱: مشخصات اقلیمی و جغرافیایی مناطق جمع آوری گیاه *Stachys lavandulifolia* Vahl در استان زنجان

مناطق مورد مطالعه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)	بارش سالیانه (میلی متر)	میانگین دمای سالیانه (درجه سانتی گراد)
طارم	۴۸ درجه و ۳۰ دقیقه	۳۶ درجه و ۳۸ دقیقه	۴۰۰	۲۵۰/۷	۱۷/۵
قیدار	۴۸ درجه و ۵۹ دقیقه	۳۶ درجه و ۱۱ دقیقه	۲۰۴۰	۳۷۳/۷	۱۰/۳

جدول ۲: آزمون t-test برای مقایسه میانگین خصوصیات خاک دو منطقه

رویشگاه	بافت خاک	اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	کربن آلی (درصد)	آهک (درصد)	ازت کل (درصد)	فسفر (درصد)
طارم	لومی	۷/۶۴۰±۰/۰۸۳ ^a	۰/۰۶۷±۰/۰۰۵ ^b	۱/۳۱۶±۰/۰۰۸ ^a	۲/۰۰۰±۰/۰۶۴ ^b	۰/۱۳۱±۰/۰۰۰۵ ^a	۰/۸۰۶±۰/۰۰۸ ^b
قیدار	لومی رسی	۷/۴۷۰±۰/۰۳۰ ^a	۰/۸۵۶±۰/۰۰۳ ^a	۱/۲۶۰±۰/۰۱۱ ^b	۴/۱۲۳±۰/۰۱۴ ^a	۰/۱۲۵±۰/۰۰۱ ^b	۱/۴۰۳±۰/۰۲۶ ^a

ادامه جدول ۲

رویشگاه	آهن (میلی گرم بر لیتر)	بر (میلی گرم بر لیتر)	پتاسیم (میلی گرم بر لیتر)	روی (میلی گرم بر لیتر)	مس (میلی گرم بر لیتر)	منگنز (میلی گرم بر لیتر)
طارم	۷/۲۶۰±۰/۰۰۳ ^b	۰/۹۰۰±۰/۰۱۰ ^a	۲۳۰/۰۱۳±۱/۷۳۲ ^a	۱/۰۵۳±۰/۰۰۰۶ ^a	۱/۴۸۵±۰/۰۰۰۵ ^b	۱۵/۹۱۰±۰/۰۳۶ ^b
قیدار	۷/۹۱۳±۰/۰۰۲ ^a	۰/۷۰۶±۰/۰۰۸ ^b	۱۹۰/۳۳۳±۲/۹۰۵ ^b	۰/۹۷۵±۰/۰۰۰۶ ^b	۱/۸۰۲±۰/۰۰۲۶ ^a	۱۸/۰۹۰±۰/۰۴۵ ^a

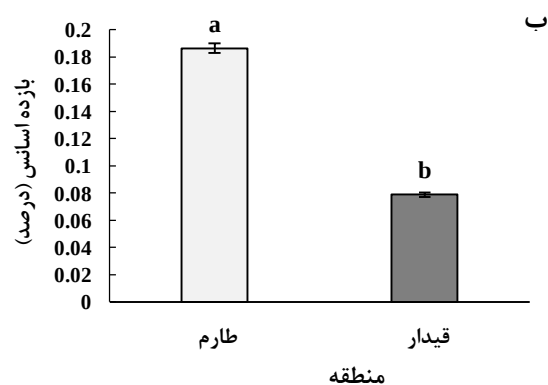
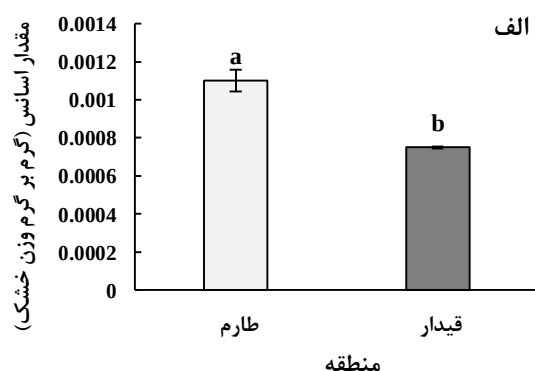
درجه آزادی (df): ۴، حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد با استفاده از آزمون t-test می باشد.

نتایج مطالعات بازده و کیفیت اسانس: نتایج حاصل از مقایسه میانگین ها بیانگر تفاوت معنی دار کمیت اسانس گیاه چای کوهی بین دو منطقه طارم و قیدار بود؛ به طوری که مقدار و بازده اسانس در جمعیت طارم (۰/۱۸۶-۰/۰۱۱) نسبت به جمعیت قیدار (۰/۰۷۸-۰/۰۰۷) بیشتر بود (شکل ۲، الف و ب). آنالیز ترکیبات تشکیل دهنده اسانس (کیفیت اسانس) روند متفاوتی را نسبت به کمیت آن نشان داد؛ به گونه ای که اسانس گیاه منطقه قیدار دارای تعداد بیشتری از ترکیبات (۴۵ ترکیب) (جدول ۳) در مقایسه با اسانس منطقه طارم (۳۱ ترکیب) (جدول ۴) بود. عمده ترین ترکیبات اسانس چای کوهی منطقه قیدار شامل Germacrene D، Bicyclogermacrene (۱۱/۳۵٪)، Cadinene (۹/۹۲٪)، β -Phellandrene (۵/۸۵٪)، β -farnesene (۵/۳۹٪) و Carvacrol (۵/۳۷٪) بودند؛

در حالی که شاخص ترین ترکیبات اسانس چای کوهی منطقه طارم عبارت بودند از Germacrene D، β -Phellandrene (۳۷/۹۶٪)، β -Myrcene (۱۲/۹۹٪)، α -Pinene (۷/۱۳٪)، β -Cadinene (۶/۳۹٪)، bicyclogermacrene (۵/۰۳٪). مقایسه آماری مقادیر ترکیبات اصلی اسانس در دو منطقه، تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد را نشان داد. مقدار ترکیبات Bicyclogermacrene، β -farnesene، Cravacrol و Cadinene در اسانس گیاه چای کوهی منطقه قیدار بیشتر از طارم بود (در اسانس منطقه طارم، ترکیب Cravacrol مشاهده نشد). در مقابل، اسانس گیاه منطقه طارم مقادیر بیشتری از ترکیبات Germacrene D، β -Phellandrene، β -Myrcene و α -Pinene را دارا بود (شکل ۳). کروماتوگرام اسانس گیاه چای کوهی از دو منطقه طارم و قیدار نیز در شکل ۴ (الف و ب) آمده است.

جدول ۳: ترکیبات تشکیل دهنده اسانس گیاه چای کوهی در رویشگاه قیدار

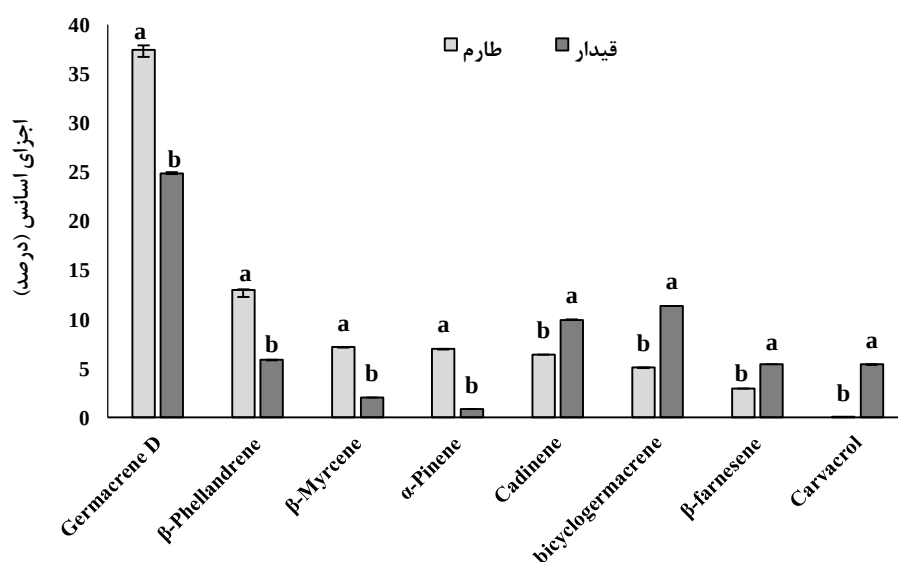
ردیف	ترکیب	زمان بازداری (دقیقه)	%	شاخص بازداری	ردیف	ترکیب	زمان بازداری (دقیقه)	%	شاخص بازداری
۱	α -Pinene	۱/۱۵	۰/۸۲	۱۰۸۰	۲۴	Cadinene	۸/۹۲	۹/۹۲	۱۷۶۱
۲	Sabinene	۱/۷۱	۰/۵۱	۱۱۴۲	۲۵	CIS- α -BISABOLENE	۹/۱۵	۱/۵۸	۱۷۸۲
۳	β -Terpinene	۱/۸۴	۰/۱۸	۱۱۵۲	۲۶	Guaiol	۱۰/۰۴	۰/۱۶	۱۸۶۷
۴	β -Myrcene	۲/۲۷	۲/۰۳	۱۱۸۶	۲۷	β -Ionone	۱۰/۸۵	۰/۲۲	۱۹۴۷
۵	Limonene	۲/۵۷	۰/۳۴	۱۲۱۱	۲۸	Caryophyllene oxide	۱۱/۱۹	۰/۱۷	۱۹۸۰
۶	β -Phellandrene	۲/۶۶	۵/۸۵	۱۲۱۹	۲۹	salvial-4-en-1-one	۱۱/۴۴	۰/۱۴	۲۰۰۵
۷	Ocimene	۳/۰۱	۱/۰۱	۱۲۵۰	۳۰	Nerolidol	۱۱/۵۳	۰/۱۴	۲۰۱۵
۸	Perillen	۵/۱۶	۰/۰۸	۱۴۳۴	۳۱	Cubenol	۱۱/۹۸	۰/۲۳	۲۰۶۲
۹	α -Cubebene	۵/۷۱	۰/۱۲	۱۴۸۰	۳۲	Tau-Cadinol	۱۲/۰۵	۰/۱۷	۲۰۶۹
۱۰	α -Copaene	۵/۸۸	۶/۵۷	۱۴۹۴	۳۳	Veridiflorol	۱۲/۱۶	۰/۱۹	۲۰۸۱
۱۱	α -Bourbonene	۶/۱۸	۰/۲۳	۱۵۱۹	۳۴	Valeranone	۱۲/۴۱	۰/۵۴	۲۱۰۸
۱۲	Linalool	۶/۷۴	۱/۶۳	۱۵۶۷	۳۵	Bisabolol	۱۲/۴۹	۰/۲	۲۱۱۶
۱۳	Bergamotene	۷/۰۲	۱/۶۲	۱۵۹۱	۳۶	spathulenol	۱۲/۶۴	۱/۹۵	۲۱۳۲
۱۴	isoCaryophyllene	۷/۰۸	۲/۴۳	۱۵۹۶	۳۷	Eugenol	۱۳/۱	۱/۸۱	۲۱۸۲
۱۵	Terpinene-4-ol	۷/۲۸	۱/۱۴	۱۶۱۳	۳۸	t-Muurolol	۱۳/۲۳	۰/۸۶	۲۱۹۶
۱۶	Myrtenal	۷/۴۹	۰/۱۱	۱۶۳۲	۳۹	Thymol	۱۳/۳۲	۱/۵۴	۲۲۰۶
۱۷	β -farnesene	۷/۹	۵/۳۹	۱۶۶۸	۴۰	Carvacrol	۱۳/۵۶	۵/۳۷	۲۲۳۲
۱۸	β -farnesene(isomer)	۸/۰۳	۱/۶۸	۱۶۷۹	۴۱	t-Muurolol (isomer)	۱۳/۶۴	۰/۹	۲۲۴۱
۱۹	α -Gurjunene	۸/۱۵	۰/۹۹	۱۶۸۹	۴۲	Farnesol	۱۴/۴۲	۰/۳۳	۲۳۲۹
۲۰	Germacrene D	۸/۲۲	۰/۱۹	۱۶۹۶	۴۳	Phytol	۱۶/۹۶	۰/۶۶	۲۶۲۱
۲۱	Germacrene D (isomer)	۸/۳۶	۲۴/۶۹	۱۷۰۸	۴۴	Myristic acid	۱۷/۶	۰/۱۸	۲۶۹۶
۲۲	α -Muurolene	۸/۵۷	۰/۴۶	۱۷۲۸	۴۵	n-Hexadecanoic acid	۱۹/۱۶	۳/۳	Un
۲۳	bicyclogermacrene	۸/۶۳	۱۱/۳۵	۱۷۳۴					



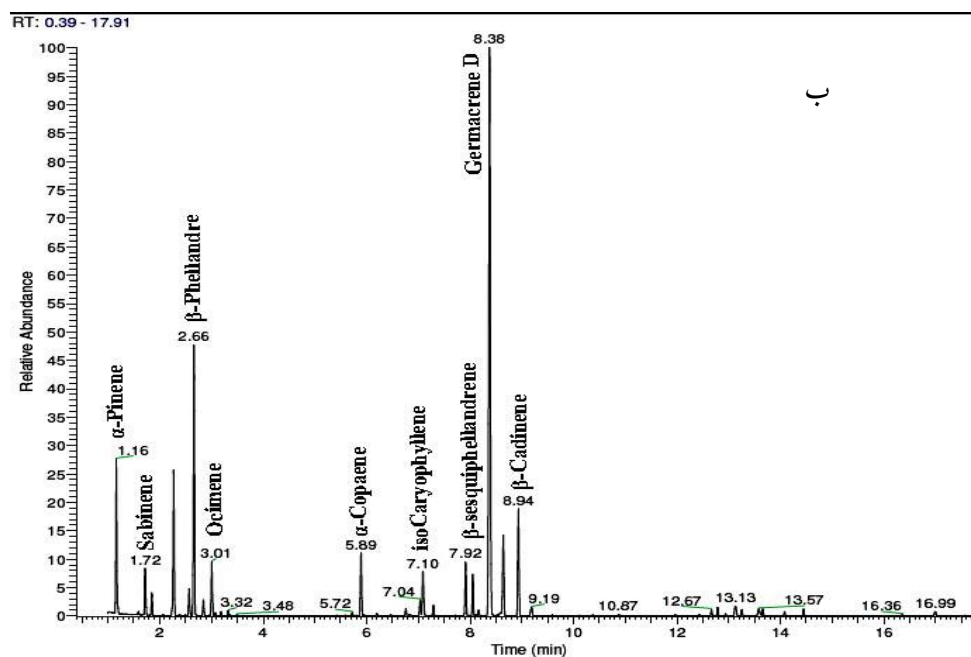
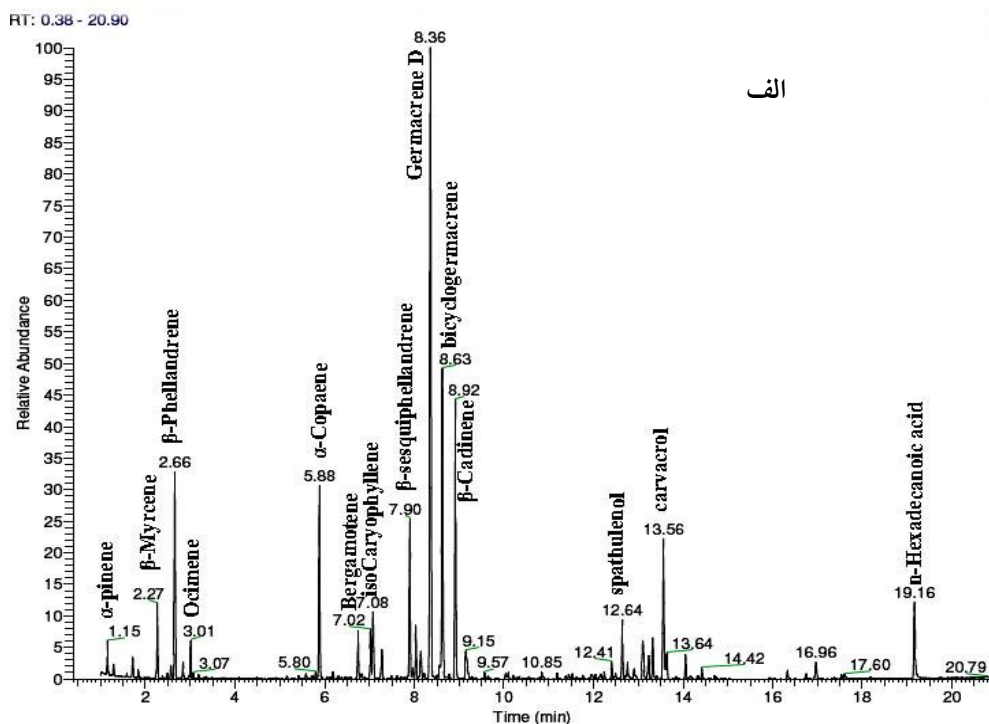
شکل ۲: مقایسه میانگین الف- مقدار و ب- بازده اسانس گیاه چای کوهی از دو رویشگاه قیدار و طارم (حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد با استفاده از آزمون t-test)

جدول ۴: ترکیبات تشکیل دهنده اسانس گیاه چای کوهی از منطقه طارم

ردیف	ترکیب	زمان بازداری (دقیقه)	%	شاخص بازداری	ردیف	ترکیب	زمان بازداری (دقیقه)	%	شاخص بازداری
۱	α -Pinene	۱/۱۶	۶/۹۸	۱۰۸۶	۱۷	isoCaryophyllene	۷/۱۰	۲/۷۲	۱۵۹۷
۲	Sabinene	۱/۷۲	۲/۱۹	۱۱۴۳	۱۸	Terpinene-4-ol	۷/۲۹	۰/۵۶	۱۶۱۴
۳	β -Terpinene	۱/۸۵	۱/۰۴	۱۱۵۳	۱۹	β -farnesene	۷/۷۲	۲/۹۲	۱۶۶۹
۴	β -Myrcene	۲/۲۷	۷/۱۳	۱۱۸۰	۲۰	β -farnesene(Isomer)	۸/۰۵	۲/۰۰	۱۶۸۱
۵	Limonene	۲/۵۷	۱/۲۳	۱۲۱۱	۲۱	α -Amorphene	۸/۱۷	۰/۲۹	۱۶۹۱
۶	β -Phellandrene	۲/۶۶	۱۲/۹۹	۱۲۱۹	۲۲	Germacrene D	۸/۳۸	۳۷/۶۹	۱۷۱۰
۷	Ocimene	۳/۰۱	۲/۵۱	۱۲۵۰	۲۳	bicyclogermacrene	۸/۶۴	۵/۰۳	۱۷۳۵
۸	Terpinene	۳/۰۷	۰/۱۲	۱۲۵۶	۲۴	β -Cadinene	۸/۹۴	۶/۳۹	۱۷۶۳
۹	Rothrockene	۳/۱۹	۰/۱۶	۱۲۶۷	۲۵	Spathulenol	۱۲/۶۷	۰/۳۰	۲۱۳۵
۱۰	Sabinene hydrate	۵/۷۲	۰/۱۵	۱۴۸۱	۲۶	Eugenol	۱۳/۱۳	۰/۷۶	۲۱۸۵
۱۱	Elemene	۵/۸۱	۰/۰۳	۱۴۸۸	۲۷	t-Murolol	۱۳/۲۵	۰/۳۸	۲۱۹۸
۱۲	α -Copaene	۵/۸۹	۳/۶۱	۱۴۹۵	۲۸	α -Bisabolol	۱۳/۵۷	۰/۶۰	۲۲۳۳
۱۳	α -Bourbonene	۶/۲۰	۰/۱۴	۱۵۲۱	۲۹	t-Murolol (isomer)	۱۳/۶۶	۰/۳۷	۲۲۴۳
۱۴	Isolodene	۶/۳۲	۰/۰۳	۱۵۳۱	۳۰	Farnesol	۱۴/۴۵	۰/۳۴	۲۳۳۳
۱۵	Linalool	۶/۷۶	۰/۳۶	۱۵۶۹	۳۱	Phytol	۱۶/۹۹	۰/۲۴	۲۶۲۵
۱۶	Bergamotene	۷/۰۴	۰/۷۴	۱۵۹۲					



شکل ۳: مقایسه میانگین درصد اجزای اسانس گیاه چای کوهی از دو رویشگاه قیدار و طارم (حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد با استفاده از آزمون t-test)



شکل ۴: کروماتوگرام اسانس گیاه چای کوهی در دو منطقه الف- قیدار، ب- طارم

منطقه، سبب بروز تفاوت‌هایی در صفات رویشی، زایشی، رشد و نمو، فنولوژی و تولید مواد موثره گیاهی شده است. مناطقی با ارتفاع بیشتر به‌طور معمول دارای دمای پایین‌تر، شدت نور بیشتر و شدت باد بالاتری هستند که این عوامل موجب تولید کمتر

نتایج حاصل از بررسی پارامترهای اقلیمی در دو منطقه طارم و قیدار در استان زنجان نشان داد که میزان ارتفاع از سطح دریا در منطقه قیدار به‌طور قابل توجهی بیشتر از منطقه طارم است (جدول ۱). ویژگی‌های متفاوت توپوگرافی و اقلیمی این دو

(Ozturk et al., 2004; Mahzooni Kachapi et al., 2018; Yeddes et al., 2012).

مطالعه Peivandi و همکاران (2009) بر روی متابولیت‌های ثانویه گیاه درمنه نشان داد که کاهش عناصر مغذی مانند ازت و پتاسیم، کاهش تولید متابولیت‌های ثانویه گیاه را در پی داشته است. بر اساس نتایج حاصل از مطالعه حاضر، خاک منطقه قیدار نسبت به خاک منطقه طارم، EC بیشتری را نشان می‌دهد. هدایت الکتریکی بالاتر نشان‌دهنده میزان شوری بیشتر خاک است. شوری بالا و مقدار زیاد آهک در خاک، جذب عناصر غذایی را محدود می‌کنند و در نتیجه، رشد عمومی گیاه و تولید متابولیت‌های ثانویه را تحت الشعاع قرار می‌دهند. گیاهان جمع‌آوری شده از قیدار، علی‌رغم تولید کمتر مقدار اسانس در مقایسه با گیاهان طارم، کیفیت اسانس بیشتری دارند زیرا کیفیت پایین‌تر خاک این رویشگاه به دلیل آهک و شوری بالاتر، منجر به تولید تعداد ترکیبات بیشتری در اسانس گیاه چای کوهی این منطقه شده و تاثیر قابل توجهی بر کیفیت اسانس گیاه در این منطقه داشته است. مطالعات انجام شده بر روی گیاه بادرنبویه، تاثیر منفی شوری بر روی رشد گیاه و تولید اسانس را تایید کرده‌اند (Ozturk et al., 2004). یافته‌های به‌دست آمده از بررسی عملکرد اسانس گیاه آویشن کرمانی (*Thymu carmanicus*) (Jalas) در پنج منطقه‌ی مختلف از استان‌های اصفهان و کرمان، اختلاف معنی‌دار در بازده و کیفیت اسانس در مناطق مورد مطالعه را نشان داد (MakkiZadeh Tafti et al., 2010). بررسی تاثیر شرایط رویشگاهی از جمله ارتفاع و میزان عناصر خاک بر عملکرد اسانس گیاه چای کوهی در رویشگاه‌های استان‌های سمنان، خراسان شمالی و خراسان رضوی نشان داد که گیاهان مناطق با ارتفاع کمتر، مقدار اسانس بیشتری تولید

متابولیت‌های ثانویه و به‌طور خاص تولید اسانس گیاهان این مناطق گردیده است (Jaimand and Rezaei, 2002). هم‌چنین میانگین بارش سالیانه در منطقه طارم بیشتر از منطقه قیدار بوده است که این امر شرایط رشد بهتری برای گیاه چای کوهی در رویشگاه طارم فراهم کرده است. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که میزان کربن آلی و عناصر پتاسیم، ازت و روی در خاک رویشگاه طارم بیشتر از خاک رویشگاه قیدار است، در مقابل، خاک منطقه قیدار دارای مقدار بالاتر آهک و عناصر آهن، منگنز و مس می‌باشد. در مجموع، خاک منطقه طارم به دلیل دارا بودن عناصر مغذی و ترکیبات آلی بیشتر، بستر مساعدتری برای رشد گیاه چای کوهی فراهم می‌نماید زیرا گیاهان برای رشد، نمو و تولید متابولیت‌های ثانویه نیازمند عناصر مغذی و بستر مناسب رویشگاهی هستند.

مواد آلی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تاثیرگذار هستند. اثر فیزیکی مواد آلی در خاک، در افزایش کلوئیدهای آلی، بهبود ظرفیت نگهداری آب و به‌طورکلی ارتقاء شرایط فیزیکی خاک نمود می‌یابد. نقش بیوشیمیایی مواد آلی نیز در فراهم سازی بستر مناسب برای فعالیت ریزجانداران خاک، افزایش تعداد و تنوع آن‌ها و نیز بهبود سطح عناصر غذایی و ترکیبات آلی خاک می‌باشد؛ این عوامل به‌نوبه خود موجب افزایش ظرفیت جذب و نگهداری عناصر غذایی در خاک می‌شوند (Mahdavi et al., 2010). عملکرد گیاهان در محیط، از یک سو تحت تاثیر ویژگی‌های درونی گیاه و فعالیت ژن‌های آن قرار دارد و از سوی دیگر، شرایط خاکی همچون ساختار و بافت خاک، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، زهکشی، میزان ترکیبات آلی، نحوه رشد ریشه در ناحیه ریزوسفر و میزان دسترسی به عناصر غذایی، نقش تعیین کننده‌ای در این زمینه ایفاء می‌کنند

کرده‌اند. در این میان، گیاهان رویشگاه شاهرود که دارای خاک با مقادیر کمتر عناصر آلی مانند ازت بودند، اسانس کمتری تولید نموده‌اند (Chavarli et al., 2016). بررسی فیتوشیمیایی و میزان اسانس جمعیت‌های گونه بومی درمنه بابونه‌ای (*Artemisia chamaemelifolia* Vill. در مناطق مختلف استان‌های قزوین، مازندران و گیلان نشان داد که جمعیت منطقه تنکابن در استان مازندران بیشترین میزان تولید اسانس را دارا بوده است (Azimi et al., 2025).

تاثیر مناطق رویشگاهی بر صفات مورفولوژیکی (ریختی) اندام‌های رویشی و زایشی گیاه چای کوهی: نتایج حاصل از بررسی صفات مورفولوژیکی گیاه چای کوهی و مقایسه میانگین‌های این صفات از دو رویشگاه طارم و قیدار، نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین این دو منطقه است. در میان صفات مورد مطالعه، صفات طول برگ، نسبت طول به عرض برگ، ارتفاع گیاه و طول ریشه در گیاهان دو منطقه اختلاف معنی‌دار

در سطح احتمال ۵ درصد نشان دادند. نتایج نشان می‌دهد که طول برگ، نسبت طول به عرض برگ، طول ریشه و هم‌چنین میزان ارتفاع گیاه چای کوهی منطقه طارم به‌طور معنی‌داری بیشتر از گیاهان منطقه قیدار بوده است (جدول ۵). هم‌چنین، نتایج به‌دست آمده از مقایسه میانگین صفات زایشی گیاه چای کوهی در دو رویشگاه طارم و قیدار نشان داد که صفات طول و عرض گل، طول محور گل‌آذین، طول دندانه کاسه گل ($p \leq 0.05$) و طول و عرض لوله کاسه ($p \leq 0.01$) در گیاهان دو منطقه دارای اختلاف معنی‌دار بودند. گل‌های گیاه چای کوهی از منطقه طارم دارای طول محور گل‌آذین و طول و عرض گل بیشتری نسبت به گل‌های گیاه چای کوهی از منطقه قیدار بود. برعکس، صفات طول و عرض لوله کاسه گل و طول دندانه‌های کاسه در گل‌های گیاه منطقه قیدار مقادیر بالاتری را نسبت به طارم نشان دادند (جدول ۶).

جدول ۵: مقایسه میانگین صفات مورفولوژیکی رویشی گیاه چای کوهی از دو رویشگاه طارم و قیدار

رویشگاه	نسبت طول به عرض برگ	طول برگ (سانتی متر)	عرض برگ (سانتی متر)	ارتفاع گیاه (سانتی متر)	طول ریشه (سانتی متر)
طارم	6.76 ± 0.097^a	3.54 ± 0.351^a	0.56 ± 0.100^a	14.70 ± 0.472^a	15.76 ± 0.861^a
قیدار	4.77 ± 0.205^b	2.40 ± 0.208^b	0.51 ± 0.032^a	13.36 ± 0.66^b	13.15 ± 0.259^b

درجه آزادی (df): ۴، حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد با استفاده از آزمون t-test می‌باشد.

جدول ۶: مقایسه میانگین صفات زایشی گیاه چای کوهی از دو رویشگاه طارم و قیدار

رویشگاه	طول گل (سانتی متر)	عرض گل (سانتی متر)	طول لوله کاسه گل (سانتی متر)	عرض لوله کاسه گل (سانتی متر)	طول محور گل آذین (سانتی متر)	طول دندانه کاسه (سانتی متر)
طارم	1.14 ± 0.053^a	0.68 ± 0.046^a	0.50 ± 0.029^b	0.27 ± 0.015^b	7.90 ± 0.225^a	0.89 ± 0.017^b
قیدار	0.86 ± 0.072^b	0.49 ± 0.030^b	0.89 ± 0.066^a	0.35 ± 0.003^a	6.21 ± 0.968^b	0.95 ± 0.100^a

درجه آزادی (df): ۴، حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد با استفاده از آزمون t-test می‌باشد.

نتایج حاصل از بررسی صفات مورفولوژیکی رویشی و زایشی در گیاه چای کوهی در دو رویشگاه طارم و قیدار نشان دهنده تاثیر قابل توجه عوامل محیطی بر ویژگی‌های رشدی این گیاه است به گونه‌ای که اغلب صفات گیاه منطقه طارم، تحت تاثیر شرایط مطلوب‌تر اقلیمی، خاکی و رویشگاهی مقادیر بالاتری را در مقایسه با گیاهان جمع آوری شده از منطقه قیدار نشان دادند. در خاک منطقه طارم در مقایسه با خاک منطقه قیدار، مقدار عناصر روی، ازت، پتاسیم و همین‌طور میزان کربن آلی بیشتری دارد. عنصر روی یکی از مهم‌ترین ریزمغذی‌های ضروری برای گیاهان است که در فرآیندهایی مانند جوانه‌زنی، فعالیت‌های آنزیمی، فتوسنتز، تنظیم رشد و افزایش عملکرد و تولید محصول نقش دارد (Bashir et al., 2023). عنصر ازت باعث افزایش رشد رویشی، توسعه سطح برگ، افزایش ظرفیت فتوسنتزی و نیز ارتقاء فعالیت ریشه‌ها می‌شود. هم‌چنین، عنصر پتاسیم در تنظیم متابولیسم گیاه نقش کلیدی دارد و طیف گسترده‌ای از آنزیم‌ها از جمله آنزیم‌های درگیر در فرآیند فتوسنتز را فعال می‌کند. کاهش میزان پتاسیم از طریق مهار فتوسنتز منجر به کاهش رشد گیاهان می‌شود (Chow et al., 1990).

شرایط رویشگاهی و ویژگی‌های خاک منطقه طارم، امکان افزایش جذب عناصر مغذی را برای گیاه فراهم کرده است و این افزایش جذب، منجر به رشد بهتر گیاه از جمله رشد رویشی مانند افزایش ارتفاع گیاه، ابعاد برگ و طول ریشه و نیز بهبود عملکرد زایشی نظیر افزایش طول و عرض گل‌ها و طول محور گل‌آذین شده است. مطالعات Yavari و همکاران (2010) بر روی گیاه آویشن آذربایجانی در مناطق مختلف استان‌های آذربایجان شرقی و غربی و نیز پژوهش Aghaei Norouzloo و همکاران (۲۰۱۴) بر روی گیاه چای کوهی در چهار استان کشور،

نشان دهنده تاثیر مستقیم شرایط محیطی و خاکی بر روی ویژگی‌های مورفولوژیکی رویشی و زایشی مانند اندازه جام گل، طول محور گل‌آذین و ابعاد قطعات گل بوده است. هم‌چنین، Heidari و همکاران (2010) با بررسی ویژگی‌های مورفولوژیکی، فنولوژیکی و میزان اسانس در گیاه سنبله‌ای کرکدار (*Stachys pilifera* L.) در چهار رویشگاه مختلف استان کهگیلویه و بویراحمد گزارش کردند که افزایش ارتفاع منطقه، با کاهش صفات مورفولوژیکی و میزان اسانس همراه بوده است. در این میان، رویشگاه لوداب که دارای خاکی غنی‌تر از نظر ترکیبات آلی و عناصر مغذی بود، بالاترین میزان اسانس و ویژگی‌های رشدی را در گیاهان نشان داد. در پژوهش انجام شده توسط Javanmard و همکاران (2024) بر روی تنوع اکومورفولوژیکی و فیزیولوژیکی جمعیت‌های گیاه دارویی درمنه صخره‌ای (*Artemisia haussknechtii* Boiss.) در رویشگاه‌های مختلف مرکز و غرب ایران، مشخص گردید که ارتفاع گیاه با ارتفاع از سطح دریا دارای همبستگی منفی بود. هم‌چنین طول و عرض برگ با متوسط دمای سالیانه و سرعت باد همبستگی منفی ولی با میزان نیتروژن و میوآلی خاکی همبستگی مثبت داشت.

یافته‌های پژوهش بررسی تاثیر عوامل اکولوژیکی بر روی بازده اسانس در گیاه مورد (*Myrtus communis* L.) در رویشگاه‌های جنگلی استان لرستان توسط Mirazadi و همکاران (2012) وجود ارتباط مستقیم معنی‌دار بین ارتفاع از سطح دریا و درصد بازده اسانس و هم‌چنین ارتباط معکوس بین میزان سدیم خاک و درصد بازده اسانس را نشان داد. Najjar Firouzjaei و همکاران (2014) طی مطالعه‌ای، اثر ارتفاع بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی برگ گیاه گزنه (*Urtica dioica* L.) را در استان‌های مازندران و گلستان مورد بررسی قرار دادند. یافته‌های

حاصل از این تحقیق نشان داد که عامل ارتفاع و اکوتیپ، تاثیر معنی داری بر صفات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی این گیاه دارد. در این مطالعه با افزایش ارتفاع از سطح دریا، کاهش طول و عرض برگ و هم چنین کاهش طول اندام هوایی گیاه گزنه گزارش شد. تاثیر عوامل محیطی بر صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه چای کوهی

کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدهای برگ: نتایج مقایسه میانگین های مقادیر رنگیزه های

فتوستتزی در برگ گیاه چای کوهی از دو رویشگاه طارم و قیدار نشان دهنده تاثیر معنی دار عوامل محیطی دو منطقه بر تولید کلروفیل a، کلروفیل کل و کاروتنوئیدهای برگ، در سطح احتمال ۱ درصد و کلروفیل b در سطح احتمال ۵ درصد، بود. گیاهان منطقه طارم در مقایسه با گیاهان منطقه قیدار حاوی مقادیر بیشتری از کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها بودند (جدول ۷).

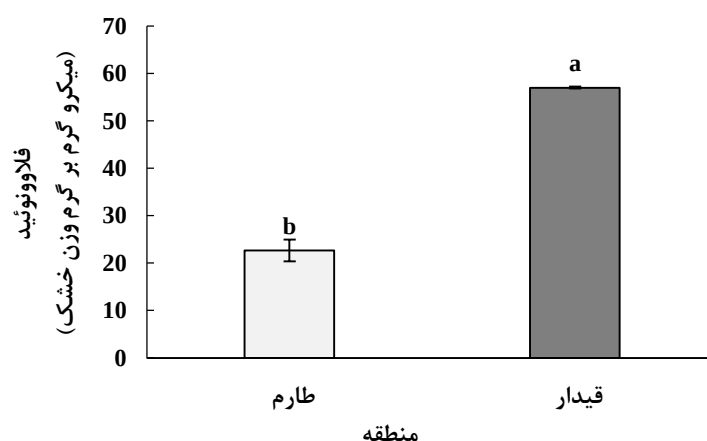
جدول ۷: میانگین صفات رنگیزه های فتوستتزی گیاه چای کوهی از دو رویشگاه طارم و قیدار

رویشگاه	کلروفیل a (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل b (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل کل (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کاروتنوئید (میلی گرم بر گرم وزن تر)
طارم	۲/۰۶۸±۰/۰۲۶ ^a	۱/۱۶۳±۰/۱۱۷ ^a	۳/۲۳۱±۰/۰۹۴ ^a	۹/۵۱۳±۰/۰۶۲ ^a
قیدار	۱/۷۲۱±۰/۰۴۶ ^b	۰/۶۹۰±۰/۰۲۲ ^b	۲/۴۱۱±۰/۰۵۷ ^b	۸/۴۹۵±۰/۰۴۶ ^b

درجه آزادی (df): ۴، حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد با استفاده از آزمون t-test می باشد.

محتوای فلاوونوئید برگ: نتایج حاصل از بررسی آماری میزان فلاوونوئیدهای برگ گیاه چای کوهی از دو رویشگاه طارم و قیدار نشان دهنده تاثیر معنی دار عوامل محیطی این دو منطقه بر تولید این

ترکیبات گیاهی است. برخلاف روند میزان رنگیزه های فتوستتزی، میزان فلاوونوئیدهای گیاه چای کوهی منطقه قیدار بسیار بیشتر از فلاوونوئیدهای گیاهان منطقه طارم بود (شکل ۵).



شکل ۵: مقایسه میانگین میزان فلاوونوئید برگ گیاه چای کوهی از دو رویشگاه قیدار و طارم (حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد با استفاده از آزمون t-test)

پدیده فتوستنز یکی از مهم‌ترین فرآیندهای فیزیولوژیکی در گیاهان محسوب می‌شود که نقش کلیدی در رشد، تولید ماده خشک و عملکرد گیاه ایفاء می‌کند. توانایی گیاه در حفظ کارایی فتوستنزی، عامل مهمی در بقا و حفظ بهره‌وری و عملکرد آن به‌شمار می‌رود. یکی از شاخص‌های مهم در ارزیابی پایداری فتوستنز، حفظ محتوای کلروفیل در برگ‌ها است که با عنوان «سبز ماندن» شناخته می‌شود. این ویژگی، نشانگر توانایی گیاه در حفظ فعالیت فتوستنزی و مقابله با تنش‌های زنده و غیرزنده می‌باشد (Yang et al., 2021). کاروتنوئیدها نیز از رنگیزه‌های مهم ایزوپروپونوئیدی هستند که نقش کمکی در جذب و انتقال نور به کلروفیل a دارند و در محافظت از کلروفیل در مقابل اکسیداسیون نوری نیز موثرند. این ترکیبات به‌عنوان آنتی اکسیدان‌های چربی‌دوست غیرآنرژمی، می‌توانند انرژی رادیکال‌های آزاد اکسیژن را جذب کرده و آن را به انرژی گرمایی تبدیل نمایند و مانع پراکسیداسیون لیپیدی دستگاه فتوستنزی گردند (Kafi et al., 2012). در مطالعه حاضر، میزان رنگیزه‌های فتوستنزی در گیاهان رویشگاه طارم بیشتر از قیدار گزارش شده است که می‌تواند ناشی از تفاوت در شرایط محیطی دو منطقه مانند شدت نور، دما و ارتفاع باشد. مطالعات متعدد نشان داده‌اند که تولید و تجمع رنگیزه‌های فتوستنزی تحت تأثیر مستقیم عوامل محیطی قرار دارد. در مناطق مرتفع، شدت نور بالا و نوسانات دمایی می‌تواند با ایجاد تنش نوری، موجب تخریب رنگیزه‌ها گردند (Taiz et al., 2015; Bashir et al., 2023). از سوی دیگر، شوری بالای خاک نیز موجب کاهش میزان رنگیزه‌ها، تقلیل فرآیند فتوستنز، افت عملکرد و کاهش رشد گیاهان این مناطق می‌گردد. از دلایل این کاهش می‌توان به تجمع یون‌های سدیم و کلر در بافت‌ها، آسیب به ساختار کلروپلاست و غشای

تیلاکوئیدی، ایجاد تنش اسمزی، افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز و تخریب کلروفیل‌ها و نیز اختلال در سنتز رنگیزه‌ها با کاهش جذب عناصر ضروری مانند نیتروژن، منیزیم و آهن اشاره نمود (Bayarash and Raghmi, 2021; Shamsabadi et al., 2023).

فلاونوئیدها گروهی از متابولیت‌های ثانویه با وزن مولکولی کم هستند که در بسیاری از گونه‌های گیاهی یافت می‌شوند. این ترکیبات دارای ساختار حلقه‌ای بنزوپیران، نقش‌های فیزیولوژیکی و اکولوژیکی مهمی فراتر از رنگدانه ایفاء می‌کنند. این ترکیبات به‌واسطه خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدسرطانی، ضدالتهابی و ضدباکتریایی خود، به‌عنوان عوامل دفاعی آنتی‌اکسیدانی غیرآنرژمی در گیاهان عمل می‌نمایند و در محافظت از سلول‌ها در برابر آسیب‌های اکسیداتیو ناشی از تنش‌های زیستی و غیرزیستی نقش دارند. از سازوکارهای حفاظتی فلاونوئیدها می‌توان به تثبیت غشاهای سلولی، مهار فعالیت آنزیم‌های مولد گونه های فعال اکسیژن (ROS) و القاء مسیرهای پاسخ‌گویی به تنش و تحریک سیستم آنتی‌اکسیدانی طبیعی گیاه اشاره کرد. این ترکیبات هم‌چنین در فرآیندهایی مانند تثبیت نیتروژن، دگرآسیبی و مقاومت در برابر پاتوژن‌ها دخیل هستند و در شرایط نامساعد محیطی همچون خشکی، شوری، دماهای شدید و سمیت فلزات سنگین باعث افزایش تحمل گیاه می‌شوند (Shi et al., 2022; Shomali et al., 2022; Zheng et al., 2022).

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که محتوای فلاونوئیدی گیاه چای کوهی در منطقه قیدار به‌طور قابل توجهی بیشتر از منطقه طارم است. این تفاوت را می‌توان با تاثیر ارتفاع از سطح دریا و شرایط رویشگاهی مرتبط دانست. به‌طور معمول، افزایش ارتفاع موجب بروز تنش‌های محیطی مانند دمای پایین، افزایش اشعه ماورای بنفش و کاهش فشار

اکسیژن می‌شود که به تولید بیشتر ROSها و در نتیجه افزایش سنتز فلاوونوئیدها می‌انجامد. گیاهان برای مقابله با این شرایط، تولید آنتی اکسیدان‌ها را افزایش می‌دهند و از طریق سازگاری متابولیکی و تنظیم مسیرهای بیوشیمیایی، تعادل فیزیولوژیکی خود را حفظ می‌نمایند (Gill and Tuteja, 2010). تحقیقات متعدد نشان داده‌اند که مقدار ترکیبات فلاوونوئیدی در گیاهان با افزایش ارتفاع رویشگاه افزایش می‌یابد (Gairola al., 2010; Ghasemi et al., 2011). فلاوونوئیدها به عنوان ترکیبات دفاعی و آنتی‌اکسیدانی در گیاهان عمل می‌کنند و در شرایط محیطی و رویشگاهی نامساعدتر تولید این ترکیبات در گیاهان افزایش می‌یابد. از این رو، گیاه چای کوهی منطقه قیدار خواص دارویی و آنتی‌اکسیدانی بیشتری را نسبت به گیاه منطقه طارم نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی، نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که تولید متابولیت‌های ثانویه، هم‌چنین صفات رشدی، ریختی و فیزیولوژیکی گیاهان تحت تاثیر عوامل محیطی و خصوصیات خاکی رویشگاه قرار دارند. پژوهش حاضر نخستین مطالعه بر روی ترکیبات فیتوشیمیایی، اسانس و سایر متابولیت‌های ثانویه در

گیاه چای کوهی در دو منطقه متفاوت استان زنجان بوده است. مقایسه دو رویشگاه طارم و قیدار نشان داد که شرایط اکولوژیکی مطلوب‌تر و غنای عناصر غذایی و ترکیبات آلی در خاک منطقه طارم، زمینه ساز رشد بهتر گیاه چای کوهی و افزایش تولید اسانس در این منطقه نسبت به منطقه قیدار بوده است. از طرف دیگر اگر کیفیت اسانس را مد نظر قرار دهیم نتایج پژوهش حاضر برتری کیفیت اسانس در گیاه چای کوهی جمعیت قیدار را نشان می‌دهد. میزان فلاوونوئیدها نیز به‌عنوان ترکیبات مهم متابولیت ثانویه با عملکردهای دفاعی، آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی در گیاه چای کوهی منطقه قیدار بیشتر بود. این یافته‌ها بر اهمیت انتخاب محل مناسب کاشت و بهره‌برداری از گیاهان دارویی تاکید دارد و می‌تواند در برنامه ریزی‌های مدیریتی، زراعی و دارویی به‌منظور افزایش عملکرد و کیفیت مواد موثره گیاهان دارویی مفید واقع شود. به‌طور خلاصه، گیاه چای کوهی رویش‌یافته در منطقه قیدار دارای ویژگی‌های موثره دارویی بالاتری نسبت به گیاه منطقه طارم است.

عدم تعارض منافع

نویسندگان این مقاله بدین وسیله بیان می‌نمایند که هیچ‌گونه تعارض منافع با یکدیگر ندارند.

References

- Aalipour, N., Mahdavi, S. Kh., Mahmoudi, J. and Ghelichnia, H. (2015). Study of the effect of environmental conditions on the quantity and quality of *Stachys laxa* essential oil. Journal of Plant Research. 28(3): 561-572.
- Aghaei Norouzlou, Y., Mirjalili, M. H., Nazeri, V. and Moshrefi Araghi, A. R. (2014). Investigation of some ecological, morphological and essential oil properties of mountain tea in four provinces of the country. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plant Research. 30(6): 985-998.
- Ale Omraninejad, S. M. H., Naghdi Badi, H., Mehrafarin, A., Abdossi, V. and Khalighi Sigaroodi, F. (2019). The impact of macro environmental factors on essential oils of *Oliveria decumbens* Vent. From different regions of Iran. Joundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products. 14(2): 1-7.
- Arab Salehi, F., Rahim Malek, M., Ehtemam, M. H. and Salehi, A. (2016). Investigation of genetic diversity in different populations of mountain tea using morphological traits and essential oil percentage. Taxonomy and Biosystematics. 8(26): 41-50.

- Azimi, R., Sefidkon, F., Fadaei, F., Fekri Qomi, S., Hadi, N., Golipour, M., Rashvand, S. and Moradi, A. (2025). Study of phytochemicals and essential oil content of populations of the native species *Artemisia chamaemelifolia* Vill. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*. 12(4): 31-46.
- Bashir, A., Khan, Q. U., Alem, A., Hendi A. A., Zaman, U., Khan, Sh. U., Rehman, Kh., Khan, A. A., Ullah, I., Anwar, Y. and Abdelrahman, E. A. (2023). Zinc and potassium fertilizer synergizes plant nutrient availability and affects growth, yield, and quality of wheat genotypes. *Plants*. 12(12): 1-11.
- Bayarash, M. and Raghani, M. (2021). The effect of salinity stress on growth and photosynthetic parameters of two hybrid and Iranian spinach cultivars. *Plant Production Research*. 28(2): 131-146.
- Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M. and Chern, J. C. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colometric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*. 10(3): 178-182.
- Chavarli, S., Khorasani Nejad, S., Hemmati, K. and Kashfi, B. (2016). Investigation of morphological, antioxidant and essential oil properties of the medicinal plant *Stachys lavandulifolia* in habitats of Semnan, North Khorasan and Razavi provinces. *Plant Environmental Physiology*. 11(4): 41-52.
- Chow, S., Ansotegui, I., and Jondal, M. (1990). Inhibition of receptor-mediated calcium influx in T cells by unsaturated non-esterified fatty acids. *Biochemical Journal*. 267(3): 727-732.
- Dehghan, Z., Sefidkon, F., Emami, S. M. and Kalvandi, R. (2015). The effect of climatic conditions on the yield and quality of essential oil of *Ziziphora clinopodioides* subsp. *rigida* (Boiss.) Rech.f. in different habitats of Hamedan province. *Journal of Plant Research*. 27(1): 71-81.
- Dimitrijević, D., Stojanović-Radić, Z., Stanković, M., Randelović, V. and Lakušić, D. (2010). Antimicrobial activity, total phenol and flavonoid contents of *Jovibarba heuffelii* (Schott.) a Löve & D. Löve extracts. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*. 24(1): 465-468.
- Füzy, A., Kovács, R., Cseresnyés, I., Parádi, I., Szili-Kovács, T., Kelemen, B., Rajkai, K. and Takács, T. (2019). Selection of plant physiological parameters to detect stress effects in pot experiments using principal component analysis. *Acta Physiologiae Plantarum*. 41(56): 1-10.
- Gairola, S., Shariff, N., Bhate, A. and Prakash Kola, C. (2010). Influence of climate change on production of secondary chemicals in high altitude medicinal plants. *Journal of Medicinal Plant Research*. 4(18): 1825- 1829.
- Ghasemi, K., Ghasemi, Y., Ehteshamnia, A., Nabavi, M., Nabavi, F., Ebrahimzadeh, A. and Pourmand, F. (2011). Influence of environmental factors on antioxidant activity, phenol and flavonoid content of walnut (*Juglans regia* L.) green husks. *Journal of Medicinal Plants Research*. 5(7): 1128-1133.
- Ghasemi Pirbalouti, A. and Mohammadi, M. (2013). Phytochemical composition of the essential oil of different populations of *Stachys lavandulifolia* Vahl. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. 3(2):123-128.
- Gill, S. S. and Tuteja, N. (2010). Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*. 48: 909 -930.
- Heydari, H., Salehi, A., Faraji, H., Mirinejad, Sh. and Behzadi, Y. (2019). Study of morphological and phenological characteristics, levels of nutrients and macronutrients (nitrogen, phosphorus, potassium) and essential oil percentage of four populations of *Stachys pilifera* L.. *Iranian Horticultural Sciences*. 50(1): 233-242.
- Jaimand, K. and Rezaei, M. B. (2002). Chemical Constituents of Essential Oils from *Mentha longifolia* (L.) Hudson var. *asiatica* (Boriss.) Rech. f. from Iran. *Journal of Essential Oil Research*. 14(2):107-108.
- Jamzad, Z. (2012). *Flora of Iran. Lamiaceae Family*. Research Institute of Forests and Rangelands press. Tehran. 1068 pp.
- Javanmard, M., Naghdi Badi, H., Mohammadi Torkashvand, A., Mehrafarin, A. and Bahreininejad, B. (2024). Ecomorphological and physiological diversity of *Artemisia*

- haussknechtii* Boiss. populations in various habitats across central and western Iran. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*. 12(3): 109-128.
- Javidnia, K., Mojab, F. and Mojahedi, S. A. (2010). Chemical constituents of the essential oil of *Stachys lavandulifolia* Vahl from Iran. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*. 3(1): 61-63.
- Kafi, M., Borzoei, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A. and Nabati, J. (2018). Physiology of environmental stresses in plants. Jahad Daneshgahi Press. Mashhad. 504 pp.
- Klute, A. (1986) Water retention: Laboratory methods. In: Klute, A., Ed., *Methods of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods*, ASA and SSSA, Madison. 635-662.
- Li, Y., Kong, D., Fu, Y., Sussman, M. R. and Wu, H. (2020). The effect of developmental and environmental factors on secondary metabolites in medicinal plants. *Plant Physiology and Biochemistry*. 148: 80-89.
- Lichtenthaler, H. K. and Wellburn, A. R. (1983). Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochemical Society Transactions*. 11(5): 591-592.
- Lotfi, K., Orei, M., Hazrati, S., Faramarzi, A. and Ajali, J. (2021). Study of morphological diversity of different populations of the mountain tea medicinal plant based on multivariate statistical methods, *Journal of Crop Plant Breeding*. 13(39): 195-207.
- Lotfi, K., Hazrati, S., Oraei, M., Faramarzi, A. and Ajali, J. (2024). Phytochemical variations in *Stachys lavandulifolia* populations and the role of ecological and edaphic factors. *Biochemical Systematics and Ecology*. 117: 104798.
- Author links open overlay panel Luo, W., Du, Z., Zheng, Y., Liang, X., Huang, G., Zhang, Q., Liu, Z. U., Zhang, K., Zheng, X., Lin, L. and Zhang, L. (2019). Phytochemical composition and bioactivities of essential oils from six Lamiaceae species. *Industrial Crops and Products*. 133: 357-364.
- Mahdavi, S. Kh., Sadeghnia Omran, N., Ghelichnia, H. and Aalipour, N. (2014). Investigation of the effect of some environmental conditions on the quantity and quality of oregano essential oil (*Origanum vulgare* L.), (Case study: Nemarestagh, Amol). *Natural Ecosystems of Iran*. 5(2): 51-64.
- Mahzooni-kachapi, S. S., Mahdavi, M., Roozbehnasiraei, L., Akbarzadeh, M., Rezazadeh, F. and Motavalizadehkakhky, A. (2012). Antimicrobial activity and chemical composition of essential oils of *Stachys lavandulifolia* Vahl from Mazandaran. *Journal of Medicinal Plants Research*. 6(24): 4149-4158.
- Makkizadeh Tafti, M., Naghdi Badi, H. A., Rezazadeh, Sh. A., Ajani, Y. and Kadkhoda, Z. (2010). Evaluation of botanical characteristics, yield and essential oil components of ecotypes of Kerman thyme (*Thymus carmanicus* Jalas) in Iran. 9(36): 57-65.
- Mirazadi, B., Pilevar, Z., Meshkat-e-Sadat, M.H., Karamian, R., Alirezaei, M. and Khonsari, A. (2012). The effect of main ecological factors on the percentage of essential oil yield of myrtle (*Myrtus communis* L.). *Quarterly Scientific Research Journal of Lorestan University of Medical Sciences*. 14(3): 103-111.
- Mohsenpour, M., Vafadar, M., Meighani, H. and Vatankhah, E. (2017). Studying the effect of environmental conditions on the amount and chemical composition of essential oil of water mint (*Mentha aquatica*) from different habitats of Mazandaran province. *Journal of Plant Research*. 30(2): 440-451.
- Momeni, T. and Shahrokhi, N. (2011). *Plant essential oils and their effects*. Tehran University Press. Tehran. 158pp.
- Mousavi, A. (2004). Medicinal Plants of Zanjan province. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plant Research*. 20(3): 345-368.
- Mudau, H. S., Mokoboki, H. K., Ravhuhali, Kh. E. and Mkhize, Z. (2022). Effect of soil type: qualitative and quantitative analysis of phytochemicals in some browse species leaves found in savannah biome of South Africa. *Molecules*. 27: 1-15.

- Munoz-Bertomeu, J., Arrillage, I. and Segura, J. (2007). Essential oil variation within and among natural population of *Lavandula latifolia* and its relation to their ecological areas. *Biochemical Systematics and Ecology*. 35: 479-488.
- Najjar Firouzjaei, M., Hemmati, Kh., Khorasaninejad, S., Daraei Garmehkhani, A. and Bagherifard, A. A. (2014). The effect of altitude on the morphological and biochemical characteristics of common nettle leaves (*Urtica dioica* L.) in Mazandaran and Golestan provinces. 9(5): 1-11.
- Norouzi, M. 1999. Development and construction of Tarom County. Zanjan province planning and budget organization.
- Okach, D.O., Nyunja, A.R.O. and Opande, G. (2013). Phytochemical screening of some wild plants from Lamiaceae and their role in traditional medicine in Uriri District – Kenya. *International Journal of Herbal Medicine*. 1(5): 135-143.
- Ozturk, A., Ipek, A., Unlukara, A. and Gurbuz, B. (2004). Effects of salt stress and water deficit on plant growth and essential oil content of lemon balm depression of growth and essential oil formation in (*Melissa officinalis* L.). *Pakistan Journal of Botany*. 36(4): 787-792.
- Pant, P., Pandey, S. and Dall'Acqua, S. (2021). The influence of environmental conditions on secondary metabolites in medicinal plants: a Literature review. *Chemistry and Biodiversity*. 18(11): 1-14.
- Peyvandi, M., Rafati, A. and Mirza, M. (2009). The effect of nitrogen and phosphorus on the growth and essential oil content of *Artemisia annua* L.. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plant Research*. 25(1): 75-84.
- Qaderi, M. M., Martel, A. B. and Strugnell, C. A. (2023). Environmental factors regulate plant secondary metabolites. *Plants*. 12(3): 1-27.
- Rabbani, M., Sajjadi, S. E. and Zarei, H. R. (2003). Anxiolytic effects of *Stachys lavandulifolia* Vahl on the elevated plus maze model of anxiety in mice. *Journal of Ethnopharmacology*. 89(2-3): 271-276.
- Rabbani, M., Sajjadi, S. E. and Jalali, A. (2005). Hydroalcohol extract and fractions of *Stachys lavandulifolia* Vahl: Effects on spontaneous motor activity and elevated plus-maze behavior. *Phytotherapy Research*. 19(10): 854-858.
- Rahmani Vahid, B., Mahdavi, M. and Motevallizadeh Kakhki, A. (2015). The physical and chemical effects of soil properties on the quantity and quality of the essential oil of *Stachys lavandulifolia* in both north and south directions in the Shah Jahan Esfarayen region. The Second International Research Conference on Science and Technology. Istanbul. Turkey.
- Salehi, S. and Kalvandi, R. (2020). Evaluation of Morphological and Phytochemical Characteristics Changes in Different Populations of *Stachys inflata* Benth. in Hamedan Province. *Journal of Horticultural Science*. 34(46): 247-260.
- Sarvari, A., Dianti Tilaki, Gh., Rezaei, M. B. and Zadbar, M. (2015). The effect of some environmental factors on the quantity and quality of the essential oil of *Stachys lavandulifolia* Vahl in Khorasan Razavi Province (Chenaran). *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*. 3(2): 1-7.
- Shamsabadi, V., Banejad, H., Ansari, H. and Nemati, S. H. (2013). Studying the effect of drought and salinity stress on photosynthetic pigments and element concentrations of peppermint (*Mentha piperita* L.) under selenium conditions. *Water Management in Agriculture*. 10(1): 95-110.
- Shi, Y. Sh., Yang, L., Yu, M. F., Li, Z. H., Ke, Z. J., Qian, X. H., Ruan, X., He, L. P., Wei, F., Zhao, Y. X. and Wang, Q. (2022). Seasonal variation influences flavonoid biosynthesis path and content, and antioxidant activity of metabolites in *Tetrastigma hemsleyanum* Diels & Gilg. *PLOS One*. 17(4): 1-19.
- Shomali, A., Das, S., Arif, N., Sarraf, M., Zahra, N., Yadav, V., Aliniaiefard, S., Chauhan, D. K. and Hasanuzzaman, M. (2022). Diverse Physiological Roles of Flavonoids in Plant Environmental Stress Responses and Tolerance. *Plants*. 11(22): 1-27.
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M. and Murphy, A. (2015). *Plant physiology and Development*. 761pp. 6th Edition. Sinauer Associates, Sunderland.

- Toghranegar, Z., Vafadar, M. and Ghorbani Nohooji, M. (2020). Ethnopharmacological study of medicinal plants effective in the treatment of gastro-intestinal diseases in Mahnesan county. *Journal of Medicinal Plants*. 19(75): 266-290.
- Tundis, R., Peruzzi, L. and Menichini, F. (2014). Phytochemical and biological studies of *Stachys* species in relation to chemotaxonomy: a review. *Phytochemistry*. 102: 7-39.
- Unyayar, S., Keleş, Y. and Unal, E. (2004). Proline and ABA levels in two sunflower genotypes subjected to water stress. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*. 30(3): 37 -47.
- Vafadar, M., Toghranegar, Z. and Zamani, A. (2017). A study of the floristic composition, life form, and chorology of plants in three areas of Abhar county (South East of Zanjan province). 9(33): 71-102.
- Yang, X., Lu, M., Wang, Y., Wang, Y., Liu, Z. and Chen, S. (2021). Response Mechanism of Plants to Drought Stress. *Horticulturae*. 7(50): 1-36.
- Yavari, A. R., Nazeri, V., Sefidkon, F. and Hasani, M. H. (2010). Investigation of some ecological, morphological characteristics and essential oil content of Azerbaijani thyme (*Thymus migricus* Klokov & Desj.-Shost.). 36(2): 227-238.
- Yeddes, W., Aidi Wannes, W., Hammami, M., Smida, M., Chebbi, A., Marzou, B. and Saidani Tounsi, M. (2018). Effect of environmental conditions on the chemical composition and antioxidant activity of essential oils from *Rosmarinus officinalis* L. growing wild in Tunisia. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*. 21(4): 972-986.
- Zamani, Z. (2023). The effect of physical and chemical soil and climate indices on the quantitative and qualitative yield of secondary compounds extracted from the medicinal species of mountain tea (*Stachys lavandulifolia* Vahl) in the northern and southern slopes (case study: Bagh Tilak, Sari, Kalkoh, Amol and Gardanehsar, Savadkoh). PhD thesis. Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
- Zamani, Z., Tamartash, R., Heidari, Gh. A. and Jafarian Jelodar, Z. (2024). The effect of habitat characteristics on the essential components of the medicinal plant *Stachys lavandulifolia* Vahl in Kalakuh of Amol rangeland. *The Quarterly Scientific Journal of Applied Biology*. 37(2): 37-49.
- Zamfirache, M. M., Burzo, I., Padurariu, C., Boz, I., Andro, A. R., Badea, M. L., Olteanu, Z., Lamban, C. and Truta, E. (2010). Studies regarding the chemical composition of volatile oils from some spontaneous and cultivated Lamiaceae species. *Biologie Vegetala*. 6(3): 43-49.
- Zarali, M., Hojjati, M., Tahmozi Didehban, S. and Joyandeh, H. (2016). Evaluation of chemical compositions and antibacterial activity of essential oils of medicinal plants *Echinophora cinerea* Boiss and mountain tea *Stachys lavandulifolia* Vahl under laboratory conditions. *Quarterly Journal of Food Science and Technology*. 13(52): 1-12.
- Zheng, T., Zhang, D. L., Sun, B. Y. and Liu, Sh. M. (2022). Evaluating the Impacts of Climate Factors and Flavonoids Content on Chinese Prickly Ash Peel Color Based on HPLC-MS and Structural Equation Model. *Foods*. 11(16): 1-16.