



Evaluation of Morphological Traits and Essential Oil Diversity in Different Populations of *Hymenocrater oxyodontus* Rech.f.

Mina Rabie¹, Yoones Asri², Fatemeh Sefidkon³

1. Corresponding author; Associate Prof., Department of Natural Resources and Environmental Engineering, University of Payame Noor, Tehran, Iran. E-mail: minarabie@pnu.ac.ir
2. Associate Prof., Botany Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.
3. Prof., Medicinal Plants Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

Article Info

Article type:
Research Full Paper

2024; Vol 18, Issue 2

Article history:

Received: 13.01.2024
Revised: 24.04.2024
Accepted: 08.05.2024

Keywords:

Medicinal plant,
Lamiaceae,
chemical compounds,
environmental factors,
Semnan province.

Abstract

Background and objectives: The study of medicinal plants in pasture ecosystems, alongside their ecological requirements, forms the foundation for developing valuable natural models for research and practical applications. Ecological factors primarily influence the type and quantity of essential compounds in medicinal plants. Economic utilization of these plants is feasible only when their compound levels are optimal. Therefore, understanding the factors that enhance active substances in medicinal plants is crucial. This study investigates the correlation between climatic, topographical, and edaphic parameters on the morphological traits and essential oil compounds in *Hymenocrater oxyodontus* Rech.f.

Methodology: Three habitats of *H. oxyodontus* in Semnan province were selected, each with distinct environmental conditions. Within each habitat, 15 plots of 16 m² were established using a systematic random method. Morphological characteristics such as plant height, canopy diameter, canopy cover, biomass, and leaf area were measured. Flowering branches were collected in triplicate, and essential oils were extracted via hydrodistillation using a Clevenger apparatus. Essential oil compounds were identified by GC-FID and GC/MS. Soil samples from each habitat were analyzed for physicochemical parameters including pH, EC, OM, N, P, K, SP, lime, and texture. Variance analysis and data mean comparisons were conducted using SPSS software, with correlation analysis and PCA performed in Minitab software. The conservation status of *H. oxyodontus* was determined using the IUCN criteria via GeoCAT software.

Results: Variance analysis of morphological traits revealed significant differences among the three regions for leaf area (0.1% level), plant height (1% level), canopy diameter, canopy cover, and biomass (5% level). Peygambard Mountain exhibited the highest values for plant height (35.4 cm), canopy diameter (69.2 cm), canopy cover (9.4%), leaf area (2.3 cm²), and biomass (135.1 g). Analysis of essential oil components also showed significant differences among regions at various levels (0.1%, 1%, and 5%). Dominant compounds in Peygambard Mountain included Trans-Cadin-1(6)-4-diene (12.1%), Spathulenol (11.2%), Caryophyllene oxide (7.1%), and Nootkatin (7.1%). In Abar Mountain, Spathulenol (10%), α-Vetivone (6.8%), Caryophyllene oxide (6.1%), and Nootkatin (5.8%) were predominant, while 1,8-Cineole (16.4%), Hexadecanoic acid (8.9%), and Spathulenol (7.3%) were main compounds in the Parvar region. Soil physicochemical parameters showed significant differences in EC, OM, P, K, SP, lime, sand, and silt at the 0.1% level, pH and N at the 1% level, and clay at the 5% level. Peygambard region had the highest values for EC (1.3 ds/m), P (16.6 mg/L), OM (2.5%), N (0.14%), and sand (72%). Parvar region exhibited higher values for K (307.6 mg/L), lime

(17.1%), SP (31.7%), silt (34%), and clay (12%). Significant correlations were found between altitude, annual precipitation, annual temperature, maximum temperature of the hottest month, OM, N, P, K, SP, lime, and both morphological traits and essential oil compounds. *H. oxyodontus* was determined to be CR (Critically Endangered) based on an AOO of 4 km² and an EOO of 15,735 km².

Conclusion: Environmental factors, particularly altitude, significantly affect the functional characteristics of *H. oxyodontus*. Vegetation indices were higher in the lower altitude Peygambar Mountain. For economic utilization, low-altitude areas are recommended for cultivation, whereas for therapeutic purposes, high-altitude areas like Parvar with higher concentrations of oxygenated terpenes are preferable. For commercial cultivation, mountain ecotypes' seeds are suggested.

Cite this article: Rabie, M., Y. Asri, F. Sefidkon, 2024. Evaluation of Morphological Traits and Essential Oil Diversity in Different Populations of *Hymenocrater oxyodontus* Rech.f. Journal of Rangeland, 18(2): 284-305.



© The Author(s).

Publisher: Iranian Society for Range Management

DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.2.7.5

مرتع

ارزیابی تنوع اسانس و صفات مورفولوژیکی جمعیت‌های مختلف *Hymenocrater oxyodontus* Rech.f.

مینا ربیعی^{۱*}، یونس عصری^۲ و فاطمه سفیدکن^۳

۱. نویسنده مسئول، دانشیار گروه منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران، رایان‌نامه: minarabie@pnu.ac.ir
۲. دانشیار بخش تحقیقات گیاه‌شناسی، موسسه تحقیقات جنگلها و مراعت کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
۳. استاد بخش تحقیقات گیاهان دارویی، موسسه تحقیقات جنگلها و مراعت کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل – پژوهشی	سابقه و هدف: شناخت گیاهان دارویی در اکوسیستم‌های مرتعی و تعیین نیازهای اکولوژیک آنها گام اولیه برای دستیابی به بهترین مدل‌های طبیعی برای اهداف تحقیقاتی، توسعه‌ای و کاربردی است. با توجه به اینکه نوع و میزان ترکیب‌های اسانس گیاهان دارویی تا حد زیادی تحت تأثیر عوامل اکولوژیکی قرار دارد، بهره‌برداری اقتصادی از این گیاهان زمانی ممکن است که مقادیر آنها به حد مطلوب رسیده باشد. بنابراین شناخت عوامل تأثیرگذار بر مواد مؤثره گیاهان دارویی و اثربخشی بیشتر این ترکیب‌ها حائز اهمیت است. از جمله می‌توان به تحقیقات انجام‌شده در زمینه تأثیر عوامل اکولوژیکی بر ترکیب‌های اسانس جمعیت‌های مختلف <i>Ziziphora</i> و <i>Thymus migricus</i> ، <i>Thymbra capitata</i> ، <i>Stachys laxa</i> ، <i>Salvia officinalis</i> و <i>clinopodiumoides</i> اشاره کرد. در پژوهش حاضر رابطه بین پارامترهای اقلیمی، توبوگرافی و ادفیکی موثر بر صفات مورفولوژیکی و ترکیب‌های اسانس گونه اندمیک دارویی <i>Hymenocrater oxyodontus</i> Rech.f. بررسی شد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۲۳ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۲/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۱۹	مواد و روش: سه رویشگاه <i>H. oxyodontus</i> با شرایط محیطی مختلف در استان سمنان انتخاب شد و در هر یک از آنها ۱۵ پلات ۱۶ مترمربعی به روش تصادفی سیستماتیک استقرار یافت. در هر پلات صفات مورفولوژیک گونه مورد نظر شامل ارتفاع گیاه، قطر تاج پوشش، سطح تاج پوشش، زی توده و سطح برگ اندازه‌گیری شد. اندام‌های هوایی <i>H. oxyodontus</i> با سه تکرار در مرحله گلدهی از رویشگاه‌های طبیعی جمع‌آوری و با دستگاه کلونجر به روش تقطیر با آب اسانس‌گیری شد. ترکیب‌های اسانس با استفاده از کروماتوگراف گازی فوق سریع (GC-FID) و کروماتوگراف گازی متصل به طیفسنج جرمی (GC/MS) شناسایی شد. در هر رویشگاه، پنج نمونه خاک به طور تصادفی از داخل پلات‌ها برداشت شد و مهمترین پارامترهای فیزیکوشیمیایی خاک شامل واکنش خاک، هدایت الکتریکی، ماده آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهک، رطوبت اشاع و بافت خاک اندازه‌گیری شد. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. مهمترین عوامل محیطی اثرگذار بر صفات مورفولوژیکی و ترکیب‌های اسانس با استفاده از روش آنالیز همبستگی در نرم‌افزار SPSS و روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی (PCA) در نرم‌افزار Minitab تعیین شد. جایگاه حفاظتی <i>H. oxyodontus</i> با استفاده از روش IUCN و براساس معیارهای میزان حضور (EOO) و سطح تحت اشغال (AOO) با استفاده از نرم‌افزار GeoCAT و همچنین داده‌های مربوط به اندازه جمعیت و کیفیت رویشگاه تعیین شد.
نتایج: نتایج: تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک نشان داد که بین گیاهان سه منطقه از نظر سطح برگ در سطح ۱/۰ درصد، ارتفاع گیاه در سطح ۱ درصد، و قطر تاج پوشش، سطح تاج پوشش و زی توده در سطح ۵	واژه‌های کلیدی: گیاه دارویی، تیره نعناء، ترکیب‌های شیمیایی، عوامل محیطی، استان سمنان.

درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. مقایسه میانگین‌ها حاکی از آن است که بیشترین مقادیر ارتفاع گیاه ($35/4\text{ cm}$)، قطر تاج پوشش ($69/2\text{ cm}$)، سطح تاج پوشش ($9/4\%$ ، $2/3\text{ cm}^2$) و زی توده ($135/1\text{ g}$) مربوط به کوه پیغمبر بود. تجزیه واریانس اجزای انسان مشترک بین سه منطقه نیز تفاوت معنی‌داری را در سطح $1/1$ و 5 درصد نشان داد. در کوه پیغمبر ترانس-کادینا- $(6/4-4/1)$ ، اسپاتولنول، کاربوفیلن اکسید و نوتکاتین به ترتیب با $12/1$ ، $11/2$ و $7/1$ درصد؛ در کوه ابر اسپاتولنول، آلفا-وتبیون، کاربوفیلن اکسید و نوتکاتین به ترتیب با $10/1$ ، $6/1$ و $5/8$ درصد؛ و در منطقه پرور $8/1$ -سینئول، هگزادکانوئیک اسید و اسپاتولنول به ترتیب با $16/4$ ، $8/9$ و $7/3$ درصد به عنوان مواد مؤثره اصلی شناسایی شدند. تجزیه واریانس پارامترهای فیزیکو شیمیایی خاک اختلاف معنی‌داری را بین هدایت الکتریکی، ماده آلی، فسفر، پتاسیم، رطوبت اشباع، آهک، ماسه و سیلت در سطح $1/0$ درصد، اسیدیته و نیتروژن در سطح 1 درصد، و رس در سطح 5 درصد نشان داد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد خاک کوه ابر اسیدی تر بود؛ ضمن اینکه مقادیر هدایت الکتریکی ($1/3\text{ ds/m}$)، فسفر ($16/6\text{ mg/L}$)، ماده آلی ($2/5\%$ ، $14/0\%$ و $14/0\%$) در کوه پیغمبر نسبت به دو منطقه دیگر بیشتر بود. همچنین، مقادیر پتاسیم ($3/0\text{ mg/L}$ ، $7/6\text{ mg/L}$ ، $17/1\%$ ، $3/1\%$ ، سیلت ($3/4\%$ و رس (12% در منطقه پرور بیشتر بود. ارتفاع از سطح دریا، بارندگی سالانه، دمای سالانه، حداکثر دمای گرمترین ماه، ماده آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، رطوبت اشباع و آهک بیشترین همبستگی معنی‌دار را با صفات مورفولوژیک و ترکیب‌های انسان داشتند. با توجه به اینکه سطح تحت اشغال این گونه در جمعیت‌های مطالعه شده (AOO) 4 کیلومترمربع و محدوده حضور آن در استان (EOO) 15735 کیلومترمربع است، جایگاه حفاظتی آن CR (در بحران انفراض) تعیین گردید.

نتیجه‌گیری: به طور کلی، عوامل محیطی، بهویژه ارتفاع از سطح دریا بر خصوصیات عملکردی *H. oxyodontus* تأثیر قابل توجهی داشتند. در کوه پیغمبر با پایین‌ترین ارتفاع، شاخص‌های رویشی این گونه بیشتر از دو منطقه مرتفع‌تر بود. لذا بهمنظور بهره‌برداری اقتصادی از عرصه‌های طبیعی تخریب یافته یا اراضی کمبارده می‌توان کاشت این گونه را برای مناطق کم ارتفاع کوهستانی و استپ‌ها توصیه نمود. اما اگر هدف بهره‌برداران خواص درمانی آن باشد، با توجه به مقادیر بیشتر ترین‌های اکسیژنه و سایر ترکیب‌های شیمیایی با خواص درمانی بالاتر در منطقه پرور به عنوان مرتفع‌ترین منطقه بررسی شده، می‌توان این گونه را در ارتفاعات کشت نمود. همچنین، برای کشت تجاری این گونه در مزارع می‌توان از بذور اکو-تیپ‌های کوهستانی آن استفاده کرد.

استناد: ربیعی، م.، ای. عصری و ف. سفیدکن، 1403 . ارزیابی تنوع انسان و صفات مورفولوژیکی جمعیت‌های مختلف *Hymenocrater oxyodontus* در مرجع، $18(2)$: $284-305$. Rech.f.



DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.2.7.5

© نویسنده‌گان

ناشر: انجمن علمی مرتعداری ایران

مقدمه

مراجع یکی از مهم‌ترین منابع تجدیدشونده کشور است که نقش بسیار ارزشمندی در تولید فرآورده‌های دامی، دارویی، حفاظت آب و خاک و غیره ایفا می‌کند. رشد مطلوب و باکیفیت گیاهان دارویی فقط در شرایط اکولوژیک و رویشگاهی مخصوص و مناسب امکان‌پذیر است. بنابراین، شناخت گیاهان دارویی این اکوسیستم‌ها و تعیین نیازهای اکولوژیک آنها گام اولیه برای دستیابی به بهترین مدل‌های طبیعی برای اهداف تحقیقاتی، توسعه‌ای و کاربردی خواهد بود. با توجه به اینکه میزان ترکیب‌های انسس گیاهان دارویی تا حد زیادی تحت تأثیر عوامل اکولوژیکی (متغیرهای اقلیمی، عرض جغرافیایی، توپوگرافی و ادفیکی) قرار دارد، بهره‌برداری اقتصادی از این گیاهان زمانی ممکن است که نوع و میزان ترکیب‌های شیمیایی آنها به حد مطلوب رسیده باشد. بهطورکلی، سازگاری گیاهان دارویی با شرایط رویشگاهی مختلف در طی زمان باعث ایجاد تنوع ژنتیکی و به دنبال آن تشکیل کموتایپ‌های متفاوت می‌شود (۱۱).

گونه‌های مختلف *Hymenocrater* در طب محلی و سنتی برای درمان برخی از بیماری‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. به عنوان مثال، اندام‌های هوایی *H. longiflorus* به صورت خام یا پخته به عنوان ضد التهاب، آرامبخش و ضد حساسیت پوستی (برای بیماری‌های پوستی و نیش حشرات) توسط مردم در طب محلی (در کردستان) استفاده می‌شود (۵۷). این گونه دارای خواص آنتی‌اکسیدانی، ضد میکروبی و ضد سرطانی است (۲ و ۴).

در زمینه شناسایی ترکیب‌های انسس گونه‌های مختلف *Hymenocrater* مطالعاتی انجام شده است که به تعدادی از آنها اشاره می‌شود. ترکیب‌های اصلی انسس *H. incanus* در منطقه آباده فارس بتا-کاریوفیلن، (۸،۱-۸) سینثول، آلفا-پینن و بتا-پینن (۴۲)؛ و منطقه داران اصفهان کاریوفیلن اکسید، اولنیک اسید، پالمیتیک اسید و فیتول (۲۶) گزارش شدند. در گونه *H. calycinus* از منطقه یکه‌شاخ بجنورد آلفا-پینن، سابینن و لیمونن؛ منطقه نوده بجنورد اسپاتولنول، هگزادکانوئیک اسید و آبیتاتران، و جنگل گلستان کاریوفیلن، کاریوفیلن اکسید و اسپاتولنول (۲۴)؛ و منطقه نور آلفا-پینن و آلفا-پینن (۴۵) اجزای اصلی انسس را تشکیل داده بودند. همچنین ترکیب‌های اصلی انسس این گونه از مناطق بدنه نور و آروست ساری اسپاتولنول، هگزادکانوئیک اسید و هگزا‌هیدروفارنسیل استون معرفی شدند (۱۳). اجزای اصلی انسس *H. elegans* در منطقه فیروزکوه جرم‌ماکرون D، بتا-کاریوفیلن، آلفا-هومولن و جرم‌ماکرون B (۱۶)؛ منطقه بابا امان بجنورد اسپاتولنول، کاریوفیلن اکسید و آلفا-پینن (۲۵)؛ و منطقه نور، مانویل اکسید، اسکلارئول و آلفا-پینن (۸،۱-۸) سینثول (۴۴) گزارش شدند. در گونه *H. platystegius* از منطقه چناران خراسان آلفا-پینن، آلفا-پینن و بتا-پینن (۳)؛ منطقه سبزوار اسپاتولنول، آلفاپینن و آلفا-پینن (۳۸)؛ و منطقه کاشمر آلفا-پینن، بتا-پینن، ترپینلن و سابینن (۲۰) ترکیب‌های اصلی انسس را تشکیل داده بودند. اجزای اصلی انسس *H. longiflorus* در منطقه اورامانات دلتا-کادینول، آلفا-پینن و پارا-منت-۱،۵،۵،۱-ان-آل (۲)؛ منطقه مریوان آلفا-پینن، بتا-کاریوفیلن، بتا-آدمسول و آلفا-کوپائن (۵۷)؛ منطقه پاوه هدیکاریول، آلفا-کادینول و بتا-بوربونن (۵۶)؛ و منطقه اورامانات

جنس *Hymenocrater Fisch. & C.A.Mey.* از تیره Lamiaceae (۱۱) است که انتشار آن در جهان فقط به ناحیه ایران - تورانی محدود شده است. برطبق فلور ایرانیکا (۵۱) این جنس ۱۱ گونه دارد که از این تعداد ۹ گونه در ایران انتشار دارد. پنج گونه *H. calycinus* *H. incanus* *H. yazdianus* و *H. platystegius oxyodontus* احصاری (Endemic) ایران هستند. اعضای این جنس گیاهان علفی چندساله، بوته‌ای یا درختچه‌ای بسیار منشعب هستند. برگ‌ها در قاعده بریده یا قلبی و در حاشیه دندانه دار هستند. گل آذین گرزن با چرخه‌هایی به تعداد ۲-۷ گل است. کاسه گل استوانه‌ای یا قیفی، در قسمت گلو دارای کرک‌های زیاد و ریشم‌مانند، است، دندانه‌های کاسه کم و بیش مساوی و غشایی، اغلب رنگی، به رنگ‌های سبز، صورتی، قرمز و یا بنفش است. جام گل دارای لوله‌ای بلند و دو لبه، لبه بالایی دارای دو لوب و لبه پایینی دارای سه لوب است (۳۱). براساس مطالعات مولکولی اخیر اعضای جنس *Nepeta Hymenocrater* منتقل شده‌اند و نام جدید گونه *Nepeta turanica Jamzad & Serpoosh.* مورد مطالعه به (پونه‌سای تورانی) تغییر یافته است (۵۵).

تاكنون در مورد تأثیر عوامل محیطی بر صفات مورفولوژیکی و ترکیب‌های اسانس گونه‌های *Hymenocrater* در رویشگاه‌های مختلف پژوهشی انجام نشده است. در تحقیقی همبستگی بین صفات مورفولوژیکی و شیمیایی هشت جمعیت *H. longiflorus* در استان‌های کردستان و کرمانشاه بدون ارتباط با عوامل محیطی تعیین گردید (۲۲). در پژوهشی دیگر تأثیر عوامل اقلیمی و توپوگرافی بر صفات مورفولوژیکی شش جمعیت *H. platystegius* در استان خراسان رضوی بررسی شد (۵۲). در رابطه با شناسایی ترکیب‌های اسانس گونه *H. oxyodontus* تاكنون مطالعه‌ای انجام نشده است و پژوهش حاضر به عنوان اولین گزارش اجزای اسانس این گونه محسوب می‌شود. با توجه به تأثیر عوامل محیطی بر میزان رشد و متابولیت‌های ثانویه گونه‌های دارویی، هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر ارتفاع، پارامترهای اقلیمی و ادافیکی بر صفات عملکردی *H. oxyodontus*. بهویژه ارزش دارویی آن بود تا از میان سه منطقه با شرایط محیطی مختلف، رویشگاهی با شرایط بهینه رشد و خواص درمانی بالاتر معرفی شود.

مواد و روش‌ها

انتخاب مناطق نمونه‌برداری

ابتدا مناطق انتشار *H. oxyodontus* در استان سمنان براساس اطلاعات فلور ایران (۳۱) و مکان‌های جمع‌آوری گیاهان برای فلور استان تعیین شد. سپس به کمک بازدیدهای میدانی از بین این مناطق، سه رویشگاه با شرایط محیطی مختلف انتخاب (جدول ۱) و در هر یک از آنها نمونه‌برداری به روش تصادفی سیستماتیک انجام شد. با توجه به شیوه پراکندگی، تراکم و متوسط قطر تاج‌پوشش گونه *H. oxyodontus* در رویشگاه‌ها، از سه ترانسکت به طول ۱۰۰ متر با فاصله ۳۰ متر، و پنج پلات ۱۶ مترمربعی برای نمونه‌برداری استفاده شد. تعداد پلات‌ها به گونه‌ای انتخاب شد که نتایج مطمئنی از جنبه آماری ارائه کند (۱۲).

بی‌سیکلوسزکوئی‌فلاندرن، بتا-المول و ۸،۱-سینئول (۳۴) گزارش شدند. در گونه *H. yazdianus* از منطقه یزد ۸،۱-سینئول، بتا-کاربوفیلن، آلفا-پینن و کاربوفیلن اکسید ترکیب‌های اصلی اسانس را تشکیل داده بودند (۳۷). اجزای اصلی اسانس *H. bituminous* در منطقه ارومیه آلفا-پینن، بتا-پینن، ترانس-فیتول و اسپاتولول معرفی شدند (۱۵). گیاهان دارویی که منبعی از ترکیبات فیتوشیمیایی مختلف هستند، در طول رشد و نمو خود تحت تنش‌های محیطی مختلفی قرار می‌گیرند. عوامل محدودکننده اکولوژیکی، از جمله دما، دی‌اکسیدکربن، نور، آرُن، رطوبت، شوری و حاصلخیزی خاک تأثیر قابل توجهی بر پاسخ‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان دارویی و همچنین فرآیندهای متابولیسمی ثانویه آنها دارند. گیاهان توانایی سنتز انواع متابولیت‌های ثانویه را برای مقابله با اثرات منفی این تنش‌ها دارند (۴۹). بنابراین شناخت عوامل تأثیرگذار بر مواد مؤثره گیاهان دارویی و اثربخشی بیشتر این ترکیب‌ها حائز اهمیت بوده و بر این اساس پژوهشگران در تلاش هستند تا با ارائه روش‌های مختلف، تولید مواد مؤثره را افزایش دهند. در زمینه تأثیر عوامل محیطی بر کمیت و کیفیت اسانس گونه‌های تیره نعنا تحقیقاتی انجام شده است. به عنوان مثال، در بعضی از گونه‌ها، از جمله *Ziziphora clinopodioides* (۷)، *Thymus migricus* (۶)، *Thymus laxa* (۱۴) و *Ziziphora clinopodioides* (۷) تأثیر ارتفاع، عوامل اقلیمی و ادافیکی بر نوع و میزان ترکیب‌های اسانس بررسی شده است. در برخی از گونه‌ها، *Salvia officinalis* و *Salvia fruticosa* (۳۲)، نظیر *Rosmarinus officinalis* و *Thymbra capitata* (۶۰)، *Thymus holosericeus* (۳۹) و *Thymus algeriensis* (۳۹) تأثیر عوامل اقلیمی بر کمیت و کیفیت اسانس مطالعه گردید. در گونه‌های *Lavandula latifolia* (۲۲)، *Nepeta* (۲۸)، *Oliveria decumbens* (۲۸)، *binaludensis* (۵) و *Thymus piperella* (۱۷) اثر ارتفاع و عوامل اقلیمی، و در *Satureja* (۴۸) و *Origanum majorana* (۴۸) و *thymbra* (۳۳) اثر ارتفاع بر مواد مؤثره بررسی شده است.

جدول ۱: مشخصات مناطق نمونه‌برداری گونه *Hymenocrater oxyodontus*

سایت نمونه‌برداری	طول جغرافیایی (شرقی)	عرض جغرافیایی (شمالي)	ارتفاع از سطح دریا (متر)
بیارجمند، کوه پیغمبر	۵۶° ۴۵' ۰۱"	۳۵° ۲۹' ۴۱"	۱۵۸۰
بسطام، کوه ابر	۵۵° ۰' ۳۷"	۳۶° ۴۳' ۱۳"	۱۸۸۰
شهمیرزاد، بروز	۵۳° ۳۰' ۱۳"	۳۵° ۵۸' ۰۱"	۲۱۵۷

نرم‌افزار Chrom-card 2006 استفاده شد. دستگاه دارای ستون 5-DB نیمه‌قطبی (به طول ۱۰ متر، قطر داخلی ۱/۱ میلی‌متر و ضخامت لایه فاز ساکن برابر ۰/۴ میکرون) بود. دمای محافظه تزریق ۲۸۵ درجه سانتی‌گراد و دمای آشکارساز ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. برنامه‌ریزی حرارتی ستون شامل افزایش دما از ۶۰ تا ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت افزایش ۴۰ درجه سانتی‌گراد در دقیقه بود و بعد به مدت ۳ دقیقه در دمای ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد نگه داشته شد. گاز حامل استفاده شده هلیوم با سرعت جریان ۵/۰ میلی‌لیتر بر دقیقه بود.

دستگاه GC/MS شامل کروماتوگراف گازی Agilent 7890A متصل به طیفسنج جرمی 5975C از نوع چهار قطبی، مجهز به ستون 5-DB نیمه‌قطبی (به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه فاز ساکن برابر ۰/۰۰۰۰۰ میکرون) بود. برنامه‌ریزی حرارتی ستون از ۶۰ تا ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت افزایش ۳ درجه سانتی‌گراد در دقیقه و بعد افزایش به ۲۶۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت افزایش ۲۰ درجه سانتی‌گراد در دقیقه بود و در نهایت ۳ دقیقه در این دما نگه داشته شد. دمای محافظه تزریق و ترانسفرلاین به ترتیب ۲۶۰ و ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شده بود. گاز حامل هلیوم بود که با سرعت ۳۰/۶ سانتی‌متر بر ثانیه در طول ستون حرکت می‌کند. زمان اسکن برابر یک ثانیه، انرژی یونیزاسیون ۷۰ الکترون ولت و اسکن ناحیه جرمی از ۴۰ تا ۳۴۰ بوده است.

اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکوشیمیایی خاک در هر رویشگاه، پنج نمونه خاک از داخل پنج پلاس از عمق تجمع رسیه (حدود ۳۰ سانتی‌متر) برداشت شد. محل نمونه‌های خاک به طور تصادفی از ۱۵ پلاس استقراریافته در هر رویشگاه تعیین شد. پس از انتقال نمونه‌ها به آرمایشگاه خاکشناسی، مهم‌ترین پارامترهای فیزیکوشیمیایی شامل واکنش خاک، هدایت الکتریکی، ماده آبی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهک و بافت خاک اندازه‌گیری

اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک

در هر پلاس صفات مورفولوژیک گونه مورد نظر شامل ارتفاع گیاه، قطر تاج‌پوشش، سطح تاج‌پوشش، زی‌توده و سطح برگ اندازه‌گیری شد. ارتفاع گیاهان و دو قطر عمود برهم تاج آنها با استفاده از متر نواری اندازه‌گیری شد و برای تعیین سطح تاج‌پوشش گیاهان از رابطه مساحت دایره استفاده شد. به‌منظور اندازه‌گیری زی‌توده گیاهان، بخش هوازی آنها در داخل پلاسها قطع شد و پس از انتقال به آزمایشگاه، خشک و توزین شدند. سطح برگ گیاهان نیز با 4cht GateHouse مدل WinDias 2.0 با دقت ۰/۰۱ سانتی‌مترمربع با نرم‌افزار Aok اندازه‌گیری شد.

برای تهییه نمونه هرباریومی، اندام هوازی گلدار *H. oxyodontus* در خردادماه ۱۴۰۱ از سه منطقه بیارجمند (کوه پیغمبر)، بسطام (کوه ابر) و شهمیرزاد (برور) جمع‌آوری شد. نمونه‌های هرباریومی با کدهای ۱۰۹۹۹۳ و ۱۰۹۹۹۵ در هرباریوم موسسه تحقیقات جنگلهای و مراعع کشور (TARI) نگهداری می‌شوند.

استخراج و شناسایی اجزای انسانس

سرشاخه‌های گلدار *H. oxyodontus* با سه تکرار از هر جمعیت جمع‌آوری شد. نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه در مجاورت هوای آزاد و در سایه خشک شده و سپس آسیاب شدند. استخراج انسانس‌ها با استفاده از دستگاه کلونجر به روش تقطیر با آب به مدت سه ساعت انجام شد و سپس با استفاده از سولفات‌سدیم خشک آب‌گیری شدند. آنالیز انسانس‌ها با استفاده از دستگاه‌های GC و GC/MS انجام شد. اجزای انسانس با استفاده از شاخص بازداری، مطالعه طیف‌های جرمی و مقایسه با ترکیب‌های استاندارد و مطالعات کتابخانه‌ای (۱) شناسایی شدند.

مشخصات دستگاه‌های GC و GC/MS

از کروماتوگراف گازی فوق‌سریع (GC-FID) مدل Thermo-UFM مجهز به آشکارساز FID و داده‌پرداز با

معیارهای اتحادیه جهانی حفاظت از طبیعت، از جمله میزان حضور (EOO) و سطح تحت اشغال (AOO) با استفاده از نرمافزار GeoCAT و براساس مختصات جغرافیایی نقاط پراکنش این گونه تعیین شد. سپس با استفاده از این اطلاعات و همچنین داده‌های مربوط به اندازه جمعیت و کیفیت رویشگاه و با استناد به شیوه‌نامه IUCN، در زمینه جایگاه حفاظتی گونه *H. oxyodontus* براساس شاخص‌های این اتحادیه تصمیم‌گیری شد.

نتایج

تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک نشان داد که بین گیاهان سه منطقه از نظر سطح برگ در سطح ۰/۱ درصد، ارتفاع گیاه در سطح ۱ درصد، و قطر تاجپوشش، سطح تاجپوشش و زی‌توده در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها حاکی از آن است که بیشترین مقادیر ارتفاع گیاه ($35/4$ cm)، قطر تاجپوشش ($69/2$ cm)، سطح تاجپوشش ($9/4$ %)، سطح برگ ($2/3$ cm²) و زی‌توده ($135/1$ g) مربوط به کوه پیغمبر بود (جدول ۳).

شد. واکنش خاک بهوسیله pH متر الکترود شیشه‌ای، هدایت الکتریکی با هدایت‌سنج الکتریکی بر حسب دسیزیمنس بر متر، درصد اشباع با استفاده از گل اشباع بر حسب درصد، بافت خاک به روش هیدرومتری، آهک به روش حجم‌سنگی با اسید‌کلریدریک بر حسب درصد، فسفر قابل جذب به روش آلسون، پتاسیم قابل جذب به روش عصاره‌گیری با استات آمونیم، نیتروژن کل به روش کجدال و ماده آلی به روش والکی - بلاک اندازه‌گیری شد (۹).

تحلیل آماری

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از نرمافزار SPSS ver. 26 انجام شد. مهم‌ترین عوامل محیطی اثرگذار بر صفات مورفولوژیکی و ترکیب‌های انسان با استفاده از روش آنالیز همبستگی در نرمافزار SPSS و روش Minitab ver. PCA در نرمافزار Minitab ver. 17 تعیین شد. در روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی، ترکیب‌هایی از انسان استفاده شد که مقادیر آنها حداقل در یکی از رویشگاه‌ها بیش از ۳ درصد بود.

جایگاه حفاظتی گونه

جایگاه حفاظتی *H. oxyodontus* با استفاده از روش اتحادیه جهانی حفاظت از طبیعت (۳۰) تعیین شد.

جدول ۲: تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی *Hymenocrater oxyodontus* در سه منطقه

میانگین مربعات						منابع تغییرات
زی‌توده	سطح برگ	سطح تاجپوشش	قطر تاجپوشش	ارتفاع گیاه	درجه آزادی	
*۴۰/۵۳۶	***۲/۵۰۵	*۱۲/۷۳۵	*۲۲۳/۷۱۷	**۱۳۰/۹۶۹	۲	رویشگاه
۸۵/۸۹۹	۰/۰۳۷	۱/۹۶۶	۳۵/۱۹۲	۱۲/۹۵۵	۴۲	خطا

*** معنی‌داری در سطح ۰/۰ درصد؛ ** معنی‌داری در سطح ۱ درصد؛ * معنی‌داری در سطح ۵ درصد

جدول ۳: مقایسه میانگین صفات مورفولوژیکی *Hymenocrater oxyodontus* در سه منطقه

مناطق			خصوصیات مورفولوژیکی		
پرور	کوه ابر	کوه پیغمبر	ارتفاع گیاه (cm)	قطر تاجپوشش (cm)	سطح تاجپوشش (%)
b _{۲۵/۱±۴/۵}	b _{۲۸/۴±۴/۹}	a _{۳۵/۳±۴/۶}			
bc _{۵۵/۸±۹/۲}	ab _{۶۳/۴±۸/۸}	a _{۶۹/۳±۲/۹}			
bc _{۶/۱±۲/۸}	ab _{۸/۱±۱/۲}	a _{۹/۱±۴/۱}			
c _{۰/۱/۱}	b _{۱/۰±۹/۱}	a _{۲۰/۰±۳/۳}			
bc _{۱۱۷/۱۱±۲/۹}	ab _{۱۲۷/۷±۷/۴}	a _{۱۳۵/۷±۱/۸}			

حرروف انگلیسی متغیر در سطر، اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد را نشان می‌دهد.

ارزیابی تنوع اسانس و صفات مورفولوژیکی جمعیت‌های مختلف ... / ریبیعی و همکاران

اکسید و نوتکاتین به ترتیب با ۱۰، ۶/۸، ۶/۱ و ۵/۸ درصد؛ و در منطقه پور ۸، ۱-سینئول، هگزادکانوئیک اسید و اسپاتولنول به ترتیب با ۱۶/۴، ۸/۹ و ۷/۳ درصد به عنوان مواد مؤثره اصلی شناسایی شدند.

در سه رویشگاه بررسی شده در مجموع ۵۷ ترکیب در اسانس *H. oxyodontus* شناخته شد (جدول ۴). در کوه پیغمبر ترانس-کادینا-۱(۶)-دیان، اسپاتولنول، کاریوفیلین اکسید و نوتکاتین به ترتیب با ۱۲/۱، ۱۱/۲، ۱۲/۱ و ۷/۱ درصد؛ در کوه ابر اسپاتولنول، آلفا-وتیون، کاریوفیلین و ۷/۱ درصد؛ در کوه ابر اسپاتولنول، آلفا-وتیون، کاریوفیلین

جدول ۴: ترکیب‌های اسانس *Hymenocrater oxyodontus* در سه منطقه

ردیف	ترکیب‌های اسانس	شاخص بازداری	نوع ترکیب	مناطق		
				پور	کوه ابر	کوه پیغمبر
۱	α -Pinene	۹۴۰	MH	-	-	-
۲	β -Pinene	۹۸۱	MH	-	-	۰/۸۴
۳	1,8-Cineole	۱۰۳۲	OM	۳/۲۳	-	-
۴	γ -Terpinene	۱۰۶۵	MH	۱/۱	-	-
۵	α -Campholenal	۱۱۲۸	OM	-	-	۰/۸۵
۶	<i>p</i> -Menth-3-en-8-ol	۱۱۴۱	OM	-	۱/۰۲	-
۷	β -Pinene oxide	۱۱۴۴	OM	-	-	-
۸	Pinocarvone	۱۱۶۶	OM	-	-	-
۹	Myrtenal	۱۲۰۳	OM	-	-	-
۱۰	<i>p</i> -Menth-1-en-9-ol	۱۲۹۵	OM	۰/۸۷	-	-
۱۱	<i>n</i> -Tridecane	۱۳۵۳	AH	۱/۱۲	-	۰/۱۵
۱۲	(2E)-Undecenol	۱۳۵۹	AO	۱/۲۵	-	-
۱۳	α -Copaene	۱۳۷۴	SH	۰/۷۲	۱/۸۳	-
۱۴	(E)-Caryophyllene	۱۴۲۷	SH	-	۱/۱۵	-
۱۵	Carvone hydrate	۱۴۴۳	OM	۰/۸۸	۱/۳۲	-
۱۶	<i>trans</i> -Cadina-1(6),4-diene	۱۴۹۲	SH	۵/۱۳	۱۲/۰۸	-
۱۷	γ -Muurolene	۱۴۹۴	SH	۵/۲۸	۶/۳۴	-
۱۸	Bicyclogermacrene	۱۵۰۳	SH	۰/۲۳	۱	۴/۲۵
۱۹	γ -Cadinene	۱۵۱۴	SH	-	-	۰/۷۵
۲۰	7- <i>epi</i> - α -Selinene	۱۵۲۰	SH	-	-	۰/۸۵
۲۱	δ -Cadinene	۱۵۲۸	SH	۰/۹۲	-	-
۲۲	β -Vetivene	۱۵۵۴	SH	۱/۷۴	-	۲/۷۶
۲۳	Germacrene B	۱۵۵۸	SH	-	۱/۲۳	۲/۷۷
۲۴	<i>n</i> -Tridecanol	۱۵۶۵	Fal	-	-	۱/۲۸
۲۵	Spathulenol	۱۵۷۴	OS	۱۰/۰۱	۱۱/۲۲	-
۲۶	Caryophyllene oxide	۱۵۷۷	OS	۶/۱۲	۷/۰۶	-
۲۷	1- <i>epi</i> -Cubenol	۱۶۲۴	OS	-	-	۱/۹۷
۲۸	α -Muurolol	۱۶۴۵	OS	۱/۱۴	-	۰/۹۱
۲۹	α -Cadinol	۱۶۵۶	OS	-	-	۰/۹۱
۳۰	7- <i>epi</i> - α -Eudesmol	۱۶۶۲	OS	۱/۸۶	۱/۳۲	۴/۲۳
۳۱	Intermedeol	۱۶۶۵	OS	۲/۲۳	-	-
۳۲	(Z)- α -Santalol	۱۶۶۹	OS	-	-	-
۳۳	Khusinol	۱۶۸۰	OS	۴/۹۳	۴/۷۵	-
۳۴	Eudesma-4(15),7-dien-1 β -ol	۱۶۸۷	OS	۲/۴۹	-	-
۳۵	Germacrone	۱۶۹۴	OS	۲/۱۱	۴/۸۸	-

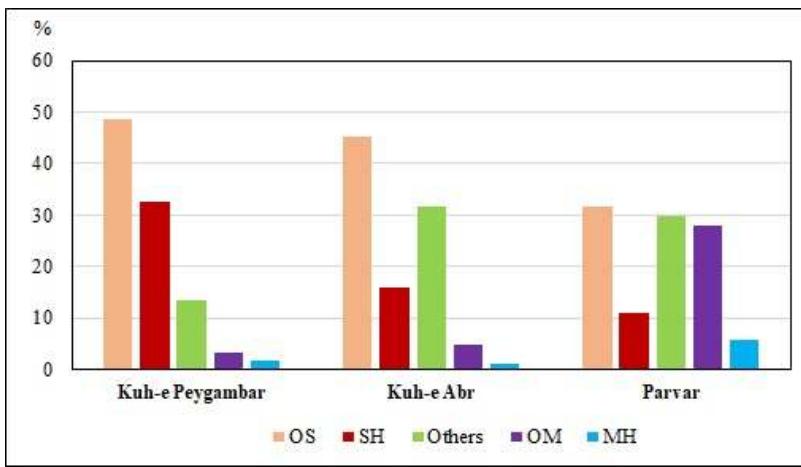
ادامه جدول ۴

ردیف	ترکیب‌های اسانس	بازداری	نوع ترکیب	کوه پیغمبر	مناطق	پرور
۳۶	(2E,6Z)-Farnesol	۱۷۱۳	OS	-	۰/۸۱	-
۳۷	(E)-β-Santalol	۱۷۵۳	OS	۴/۹۷	۲/۷۹	۰/۵۵
۳۸	14-oxy-α-Muurolene	۱۷۶۸	OS	-	۱/۱۹	۱/۲۳
۳۹	β-Bisabolol	۱۷۸۲	OS	-	۱/۰۴	-
۴۰	α-Vetivone	۱۸۴۴	OS	۵/۱۴	۶/۸۵	۲/۲۳
۴۱	7-Hydroxy Coumarin	۱۸۳۶	Co	۱/۸۷	۱/۹۵	۴/۹۵
۴۲	n-Nonadecane	۱۹۰۰	AH	۱/۱۷	۱/۶۸	-
۴۳	(5E,9E)-Farnesyl acetone	۱۹۱۳	OS	۲/۸۳	۲/۳۵	۱/۳۳
۴۴	Hexadecanoic acid	۱۹۶۰	Fa	۰/۱۳	۳/۸۱	۸/۹۶
۴۵	Nootkatin	۱۹۶۸	ST	۷/۱۱	۵/۸۴	۰/۸۵
۴۶	n-Eicosane	۲۰۰۰	AH	-	۲/۱۷	۱/۱۶
۴۷	Abietadiene	۲۰۷۳	DH	-	۱/۱۶	۱/۲۴
۴۸	n-Heneicosane	۲۱۰۸	AH	۰/۹۱	۳/۷۷	۳/۰۱
۴۹	Methyl octadecanoate	۲۱۲۱	Es	-	۲/۶۹	۱/۰۸
۵۰	9,12,15-Octadecatrienal	۲۱۵۲	AO	۰/۳	۴/۲۳	۴/۶۱
۵۱	n-Docosane	۲۱۹۰	AH	۰/۶۶	۱/۶۷	-
۵۲	n-Tricosane	۲۲۹۹	AH	۰/۲۹	۰/۱۵	-
کل						
۵۳	مونوترین‌های هیدروکربنی (٪ MH)	۱/۸۵	۱/۱	۵/۸۳	۹۸/۷۸	۹۸/۷۸
۵۴	مونوترین‌های اکسیژن‌دار (٪ OM)	۳/۳۶	۴/۷۸	۲۷/۸۳	۹۸/۷۸	۹۸/۷۸
۵۵	سزکویی‌ترین‌های هیدروکربنی (٪ SH)	۳۲/۵۷	۱۶/۰۳	۱۱/۰۵	۹۸/۷۸	۹۸/۷۸
۵۶	سزکویی‌ترین‌های اکسیژن‌دار (٪ OS)	۴۸/۷۶	۴۵/۳۸	۲۴/۶	۹۸/۷۸	۹۸/۷۸
۵۷	سایر (٪)	۱۳/۱۴	۳۱/۵۲	۲۹/۶۷	۹۸/۷۸	۹۸/۷۸

۵/۸ درصد، کومارین‌ها (۷-هیدروکسی کومارین) در منطقه پرور ۴/۹ درصد، و آلیفاتیک‌های اکسیژن‌دار -۱۵، ۱۲، ۹، ۴/۲ درصد کاترینال) در منطقه پرور و کوه ابر به ترتیب ۴/۶ و در منطقه از اجزای ترکیب‌های شیمیایی این گونه را تشکیل داده‌اند (جدول ۴).

بخش عمده اجزای اسانس در کوه پیغمبر و کوه ابر به ترتیب به سزکویی‌ترین‌های اکسیژن‌دار و سزکویی‌ترین‌های هیدروکربنی مربوط بود، در حالی که در منطقه پرور مونوترین‌های اکسیژن‌دار و سزکویی‌ترین‌های اکسیژن‌دار ترکیب‌های اصلی را تشکیل داده‌اند (شکل ۱). سهم قابل توجهی از ترکیب‌های شیمیایی گونه *H. oxyodontus* در سه منطقه، بهویژه در کوه ابر و منطقه پرور به سایر ترکیب‌ها اختصاص دارد. به عنوان مثال، اسیدهای چرب (نوتکاتین) در کوه پیغمبر و کوه ابر به ترتیب ۷/۱ و

ارزیابی تنوع اسانس و صفات مورفولوژیکی جمعیت‌های مختلف ... / ریبیعی و همکاران



شکل ۱: مقایسه گروه‌های اصلی ترکیب‌های اسانس در سه منطقه

MH= Monoterpene Hydrocarbons, OM= Oxygenated Monoterpenes,

او دسمول و بیسیکلوحرماکرن بیشترین مقادیر را در کوه پیغمبر، آلفا-وتیون، خوسینول و ان-هنیکوزان در کوه ابر، و -۸،۱-سینئول، هگزاد-کانوئیک اسید، -۱۵،۱۲،۹-اکتاد-کاترینال، ۷-هیدروکسی کومارین، و گاما-تریپن و ان-تری-دکان در منطقه پرور به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۶).

تجزیه واریانس اجزای اسانس مشترک *H. oxyodontus* در سه منطقه نشان داد که بین میانگین این مواد مؤثره در سطح ۰/۱ و ۱ درصد تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۵). مقایسه میانگین‌های مواد مؤثره مشترک در سه منطقه حاکی از آن است که ترانس-کادینا-۱(۶)،۴-دی‌ان، اسپاتولنول، کاریوفیلن اکسید، نوتکاتین، گاما-مورولن، ترانس- بتا-سانتالول، جرمакرون، ۷-اپی-آلفا-

جدول ۵: تجزیه واریانس ترکیب‌های اسانس مشترک در سه منطقه

میانگین مربوط						منابع تغییرات
Spathulenol	<i>trans</i> -Cadina-1(6),4-diene	1,8-Cineole	Caryophyllene oxide	Nootkatin	درجه آزادی	منابع تغییرات
۱۹/۸۹۱**	۸۳/۵۵۶***	۳۵۵/۰۶۱***	۲۶/۵۴۶***	۵۸/۵۱۵***	۲	رویشگاه
۹/۸۲۰	۲/۲۶۵	۱/۴۰۶	۱/۱۵۱	۱/۲۲۶	۶	خطا
میانگین مربوط						
α -Vetivone	Hexadecanoic acid	γ -Murolene	Khusinol	9,12,15-Octadecatrienal	درجه آزادی	منابع تغییرات
۲۶/۰۰۴***	۹۶/۳۳۴***	۳۷/۶۱۸***	۱۳/۱۸۶***	۳۰/۳۶۷۴***	۲	رویشگاه
۱/۰۷۳	۰/۳۲۹	۰/۳۶۲	۰/۷۹۶	۰/۲۰۸	۶	خطا
میانگین مربوط						
(E)- β -Santalol	7-Hydroxy Coumarin	<i>n</i> -Heneicosane	Germacrone	7- <i>epi</i> - α -Eudesmol	درجه آزادی	منابع تغییرات
۲۴/۴۸۹***	۲۱/۱۲۶***	۱۰/۹۶۴***	۱۹/۱۹۶***	۱۷/۴۳۰***	۲	رویشگاه
۰/۷۳۲	۰/۷۱۱	۰/۵۲۴	۰/۲۶۲	۰/۳۸۴	۶	خطا
میانگین مربوط						
<i>n</i> -Tridecane	Bicyclogermacrene	γ -Terpinene			درجه آزادی	منابع تغییرات
۲۰/۱۷۰***	۲۲/۷۳۹***	۱۶/۱۲۳***			۲	رویشگاه
۰/۲۷۲	۰/۳۵۱	۰/۲۲۷			۶	خطا

*** معنی‌داری در سطح ۰/۱ درصد؛ ** معنی‌داری در سطح ۱ درصد

جدول ۶: مقایسه میانگین ترکیب‌های اسانس مشترک در سه منطقه (با مقادیر بیش از ۳ درصد حداقل در یکی از رویشگاه‌ها)

مناطق				ترکیب‌های اسانس
پرور	کوه ابر	کوه پیغمبر	کوه	
۷/۳۴±۱/۱۵ ^b	۱۰/۰۱±۱/۴۳ ^a	۱۱/۲۲±۱/۶۲ ^a		Spathulenol
۴/۸۷±۰/۶۹ ^b	۵/۱۳±۰/۷۷ ^b	۱۲/۰۸±۲/۴۵ ^a		trans-Cadina-1(6),4-diene
۱۶/۴۱±۲ ^a	۳/۲۳±۰/۴۱ ^b	۰/۷۷±۰/۱۸ ^c		1,8-Cineole
۱/۹۸±۰/۵۱ ^b	۶/۱۲±۱/۱۸ ^a	۷/۰۶±۱/۳۴ ^a		Caryophyllene oxide
۲/۳۳±۰/۳۹ ^b	۶/۸۵±۱/۰۵ ^a	۵/۱۴±۰/۹۰ ^a		α-Vetivone
۰/۶۵±۰/۳۸ ^b	۵/۸۴±۰/۹۷ ^a	۷/۱۱±۱/۶۱ ^a		Nootkatin
۸/۹۶±۰/۷۸ ^a	۳/۸۱±۰/۶۰ ^b	۰/۲۳±۰/۱۵ ^c		Hexadecanoic acid
۱/۱۵±۰/۳۲ ^c	۵/۲۸±۰/۶۸ ^b	۶/۳۴±۰/۷۲ ^a		γ-Muurolene
۲/۱۰۳±۰/۵۸ ^b	۴/۹۳±۱/۱۱ ^a	۴/۷۵±۰/۹۱ ^a		Khusinol
۴/۶۱±۰/۵۴ ^a	۴/۵۳±۰/۵۶ ^a	۰/۳۰±۰/۱۴ ^b		9,12,15-Octadecatrienal
۰/۵۵±۰/۰۸ ^c	۲/۷۹±۰/۹۰ ^b	۴/۹۷±۱/۱۷ ^a		(E)-β-Santalol
۴/۹۵±۱/۲۹ ^a	۱/۱۸۷±۰/۶۲ ^b	۱/۰۴±۰/۲۸ ^b		7-Hydroxy Coumarin
۳/۱۰۱±۰/۷۷ ^a	۳/۷۷±۰/۹۲ ^a	۰/۹۱±۰/۳۷ ^b		n-Heneicosane
۰/۸۳±۰/۲۲ ^c	۲/۱۱±۰/۴۰ ^b	۴/۶۸±۰/۷۶ ^a		Germacrone
۰/۸۶±۰/۲۱ ^b	۱/۳۲±۰/۴۸ ^b	۴/۳۰±۰/۹۶ ^a		7- <i>epi</i> -α-Eudesmol
۴/۰۵±۰/۷۶ ^a	۱/۱۰±۰/۰۱ ^b	۰/۸۱±۰/۳۲ ^b		γ-Terpinene
۰/۲۳±۰/۰۹ ^b	۱±۰/۲۱ ^b	۴/۲۵±۱ ^a		Bicyclogermacrene
۴/۰۱±۰/۰۸ ^a	۱/۱۲±۰/۰۳ ^b	۰/۱۵±۰/۰۱ ^c		n-Tridecane

حروف انگلیسی متفاوت در سطر، اختلاف معنی دار بین میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد را نشان می‌دهد.

الکترویکی (۱)، فسفر (۱۶/۶ mg/L)، ماده آلی (٪ ۲/۵)، نیتروژن (٪ ۰/۱۴) و ماسه (٪ ۷۲) در کوه پیغمبر نسبت به دو منطقه دیگر بیشتر بود. همچنین، مقادیر پتانسیم (۳۰/۷/۶ mg/L)، آهک (٪ ۱۷/۱)، رطوبت اشباع (٪ ۳۱/۷)، سیلت (٪ ۳۴) و رس (٪ ۱۲) در منطقه پرور بیشتر از دو منطقه دیگر بود.

تجزیه واریانس پارامترهای فیزیکوشیمیابی خاک در سه منطقه کوه پیغمبر، کوه ابر و پرور تفاوت معنی‌داری را بین هدایت الکترویکی، ماده آلی، فسفر، پتانسیم، آهک، رطوبت اشباع، ماسه و سیلت در سطح ۱/۰ درصد، اسیدیته و نیتروژن در سطح ۱ درصد، و رس در سطح ۵ درصد نشان داد (جدول ۷). مقایسه میانگین‌ها نشان داد خاک کوه ابر اسیدی‌تر بود (جدول ۸). ضمن اینکه مقادیر هدایت

جدول ۷: تجزیه واریانس پارامترهای فیزیکوشیمیابی خاک سه منطقه

میانگین مربوط							منابع تغییرات
اسیدیته	هدایت الکترویکی	ماده آلی	نیتروژن	فسفر	پتانسیم	درجه آزادی	
۰/۱۹۵**	۱/۱۶۰***	۱/۱۶***	۰/۰۰۳**	۱۴۵/۲۶۷***	۱۰۴۷۶/۵۱۷***	۲	رویشگاه خطأ
۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰	۰/۱۴۵	۲۲/۸۵۷	۱۲	
میانگین مربوط							
رهن	رطوبت اشباع	آهک	ماسه	سیلت	رس	درجه آزادی	منابع تغییرات
۳۱۰/۶۰۰***	۲۱۵/۵۵۲***	۴۰/۶۷***	۴۰/۰۰۰***	۳۲۰/۰۰۰***	۶/۶۶۷*	۲	رویشگاه خطأ
۰/۶۹۰	۷/۲۷۵	۷/۰۵۰	۷/۸۳۳	۷/۸۳۳	۱/۸۳۳	۱۲	

*** معنی‌داری در سطح ۱/۰ درصد؛ ** معنی‌داری در سطح ۱ درصد؛ * معنی‌داری در سطح ۵ درصد

جدول ۸: مقایسه میانگین پارامترهای فیزیکوشیمیایی خاک سه منطقه

پرور	مناطق	کوه ابر	کوه پیغمبر	پارامترهای فیزیکوشیمیایی
۷/۷۹±۰/۰۴ ^a		۷/۴۰±۰/۰۳ ^c	۷/۵۴±۰/۰۵ ^b	اسیدیته
۰/۴۷±۰/۰۲ ^b		۰/۴۹±۰/۰۳ ^b	۱/۳۰±۰/۰۵ ^a	هدایت الکتریکی (ds/m)
۱/۵۸±۰/۰۵ ^c		۲/۱۷±۰/۰۵ ^b	۲/۰۵±۰/۰۶ ^a	ماده آلی (/)
۰/۰۹±۰/۰۱ ^{bc}		۰/۱۲±۰/۰۲ ^{ab}	۰/۱۴±۰/۰۲ ^a	نیتروژن (/)
۶±۰/۳۵ ^c		۱۳±۰/۳۲ ^b	۱۶/۶۰±۰/۴۵ ^a	فسفر (mg/L)
۳۰/۷۶±۶/۲۱ ^a		۲۷۶/۶۰±۴/۱۹ ^b	۲۱۷/۵۰±۳/۵۱ ^c	پتاسیم (mg/L)
۱۷/۱۲±۱/۱۴ ^a		۴/۶۳±۰/۴۱ ^b	۲/۰۵±۰/۰۳ ^c	آهک (/)
۳۱/۷۵±۳/۲۸ ^a		۲۶/۷۰±۲/۱۵ ^b	۱۸/۷۲±۲/۱۸ ^c	رطوبت اشیاع (/)
۵۴±۳/۱۶ ^c		۶۲±۱/۵۸ ^b	۷۲±۳/۱۶ ^a	ماشه (/)
۳۴±۱/۵۸ ^a		۲۶±۱/۱۸ ^b	۱۸±۱/۵۸ ^c	سیلت (/)
۱۲±۰/۵۸		۱۲±۰/۷۱ ^a	۱۰±۱/۵۸ ^b	رس (/)

حروف انگلیسی متفاوت در سطر، اختلاف معنی دار بین میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد را نشان می‌دهد.

بتا-ساناتالول، جرمакرون، ۷-اپی-آلfa-اودسمول، بیسیکلوجرماکرن، ترانس-کادینا-۱(۶)،۴-دیان و اسپاتولول همبستگی مثبت معنی داری مشاهده شد. به عبارتی، با افزایش ارتفاع گیاه، قطر و سطح تاج پوشش، زی توده و سطح برگ، مقداری این ترکیب‌های انسانس نیز افزایش یافته بود. در حالی که صفات رویشی با ۸،۱-سینثول، هگزادکانوئیک اسید، ۱۵،۱۲،۹-اکتادکاترینال، ۷-هیدروکسی کومارین، گاما-ترپین و ان-تری دکان همبستگی منفی معنی داری را نشان دادند.

در میان عوامل اقلیمی و توپوگرافی، ارتفاع از سطح دریا، بارندگی سالانه، حداکثر دمای گرما ترین ماه و دمای سالانه، و در بین عوامل ادافیکی، ماده آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم و آهک بیشترین همبستگی معنی دار را با صفات مورفولوژیکی و ترکیب‌های انسانس *H. oxyodontus* نشان دادند. همچنین، سطح برگ و ارتفاع گیاه، ۱،۸-سینثول، نوتکاتین، هگزادکانوئیک اسید، گاما-مورولن، ترانس- بتا-ساناتالول، جرمакرون و ان-تری دکان بیشترین همبستگی معنی داری با عوامل محیطی داشتند (جدول ۹). بین صفات رویشی و کاریوفیلن اکسید، نوتکاتین، گاما-مورولن، ترانس-

جدول ۹: همبستگی پیرسون بین صفات مورفولوژیکی و ترکیب‌های محیطی *Hymenocrater oxyodontus* با پارامترهای محیطی

	ارتفاع از سطح دریا	بارندگی سالانه	دمای سالانه	حداکثر دمای گرما ترین ماه	حداکثر دمای سردترین ماه	حداکثر دمای مطلق	حداکثر دمای مطلق	اسیدیته	هدایت الکتریکی
Plant hieght	***/۸۱۷-	***/۰/۷۰۴-	***/۰/۶۷۶	*.۰/۶۳۶	۰/۴۸۵	*.۰/۵۱۶	***/۰/۷۴۴	۰/۳۹۱-	***/۰/۷۴۷
Canopy diameter	***/۰/۶۹۶-	***/۰/۷۴۹-	۰/۴۶۱	*.۰/۵۶۳	۰/۲۷۵	*.۰/۵۳۴	۰/۴۸۵	۰/۴۷۲-	*.۰/۵۸۵
Canopy cover	***/۰/۶۹۸-	***/۰/۷۵۰-	۰/۴۷۹	*.۰/۵۵۷	۰/۲۶۰	*.۰/۵۲۸	۰/۴۹۲	۰/۴۵۲-	*.۰/۶۰۴
Leaf area	***/۰/۹۴۲-	***/۰/۹۲۷-	***/۰/۶۴۴	***/۰/۸۴۷	*.۰/۶۳۹	*.۰/۵۹۳	۰/۴۵۳	***/۰/۷۶۴-	***/۰/۶۸۳
Biomass	***/۰/۷۰۵-	*.۰/۶۳۰-	*.۰/۶۱۹	*.۰/۵۱۸	۰/۴۷۲	*.۰/۵۴۶	۰/۴۴۳	*.۰/۵۳۷-	۰/۴۹۵
Spathulenol	***/۰/۷۱۹-	***/۰/۶۷۸-	***/۰/۸۴۴	*.۰/۵۲۹	*.۰/۵۱۸	۰/۴۳۴	*.۰/۶۳۴	***/۰/۶۵۴	*.۰/۶۱۳
trans-Cadina-1(6),4-diene	***/۰/۸۴۷-	***/۰/۷۷۷-	*.۰/۵۷۱	***/۰/۷۴۲	*.۰/۵۵۹	*.۰/۵۹۰	*.۰/۵۸۲	۰/۱۴۸-	***/۰/۹۰۰
1,8-Cineole	***/۰/۹۰۵	***/۰/۸۸۴	***/۰/۷۶۲-	***/۰/۶۷۵-	***/۰/۶۷۳-	***/۰/۶۶۹-	***/۰/۷۶۵-	***/۰/۸۵۰-	*.۰/۶۲۶-
Caryophyllene oxide	***/۰/۸۲۹-	***/۰/۸۴۸-	***/۰/۶۹۷	***/۰/۷۰۸	*.۰/۵۶۰	۰/۳۵۷	*.۰/۶۳۴	***/۰/۸۰۹-	*.۰/۶۱۱
Nootkatin	***/۰/۸۳۴-	***/۰/۸۷۷-	***/۰/۶۹۷	***/۰/۶۴۲	***/۰/۷۴۷	***/۰/۶۴۱	***/۰/۷۴۶	***/۰/۷۸۲-	*.۰/۶۵۱
α -Vetivone	*.۰/۰۵۲-	*.۰/۰۲۷-	*.۰/۰۳۶	*.۰/۰۳۰	***/۰/۶۹۹	*.۰/۰۵۹۲	*.۰/۰۵۱	***/۰/۸۶۳-	۰/۱۶۷
Hexadecanoic acid	***/۰/۹۶۹	***/۰/۹۵۸	***/۰/۷۵۳-	***/۰/۷۷۵-	***/۰/۶۸۶-	***/۰/۶۷۵-	***/۰/۸۰۱-	***/۰/۶۷۰-	***/۰/۸۱۴-

ادامه جدول ۹

	ارتفاع از سطح دریا	بارندگی سالانه	دماه سالانه	حداکثر دماه گرمترین ماه	حداکل دماه سردترین ماه	حداکثر دماه مطلق	حداکل دماه مطلق	اسیدیته	هدایت الکتریکی
γ-Murolene	**./۸۸۴-	**./۸۷۴-	**./۷۸۱	**./۶۶۶	**./۶۵۶	**./۵۹۸	**./۷۱۴	**./۸۰۸-	**./۶۶۴
Khusinol	**./۷۱۳-	**./۶۹۷-	•/۴۷۳	*./۵۵۸	**./۷۴۵	**./۷۲۹	•/۶۳۱	**./۷۵۴-	•/۳۹۰
9,12,15-Octadecatrienal	**./۸۴۳	**./۸۴۹	*./۵۷۸-	**./۷۳۰-	•/۴۶۱-	*./۵۵۰-	**./۶۶۱-	•/۳۹	**./۹۸۷-
(E)-β-Santalol	**./۹۳۴-	**./۹۱۵-	*./۵۷۶	**./۷۹۲	**./۶۶۳	**./۷۲۰	**./۷۵۸	*./۵۳۲-	**./۷۸۹
7-Hydroxy Coumarin	**./۸۶۳	**./۷۸۹	**./۸۴۹-	*./۶۱۵-	*./۵۳۵-	*./۶۰۹-	**./۷۲۰-	**./۷۷۵	•/۴۵۲-
n-Heneicosane	**./۶۴۵	**./۶۴۹	*./۵۳۵-	**./۷۳۲-	•/۱۲۵-	•/۰۳۵-	**./۵۲۷-	•/۰۷۴-	**./۸۳۴-
Germacrone	**./۹۳۸-	**./۹۳۸-	**./۸۷۵	**./۷۸۸	**./۶۶۴	*./۰۶۹	**./۷۴۱	•/۴۶۶-	**./۹۱۳
7- <i>epi</i> -α-Eudesmol	**./۸۳۹-	**./۸۳۶-	**./۷۷۲	**./۶۶۳	•/۳۸۰	*./۵۵۵	**./۷۰۳	•/۲۹۴-	**./۹۴۵
γ-Terpinene	**./۸۶۴	**./۸۸۹	*./۵۴۳-	**./۷۶۱-	**./۶۵۹-	*./۵۲۷-	**./۶۶۸-	**./۸۴۱	•/۴۶۱-
Bicyclogermacrene	**./۸۶۲-	**./۸۸۸-	**./۷۲۳	**./۶۸۶	•/۴۹۴	*./۵۵۷	**./۷۳۷	•/۳۲۴-	**./۹۶۰

ادامه جدول ۹

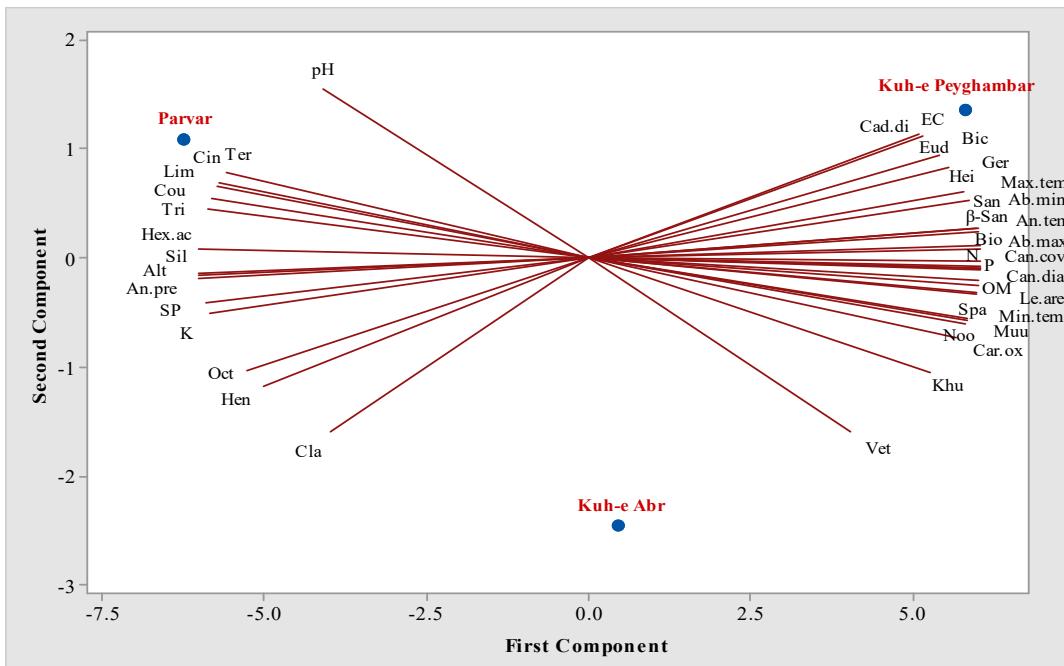
	ماده آلی	نیتروژن	فسفر	پتانسیم	آهک	رطوبت اشبع	ماسه	سیلت	رس
Plant height	**./۷۵۴	**./۶۶۴	*./۵۱۸	**./۱۸۲-	**./۶۴۱-	**./۵۱۸-	**./۱۸۵	**./۸۱۳-	•/۴۱۹-
Canopy diameter	**./۶۸۱	*./۵۴۷	**./۶۹۴	**./۶۵۳-	**./۶۷۶-	**./۶۸۹-	**./۷۲۷	**./۷۱۴-	*./۵۵۸-
Canopy cover	**./۶۸۱	*./۵۵۴	**./۶۹۵	**./۶۶۵-	**./۶۷۳-	**./۶۸۷-	**./۷۲۷	**./۷۱۴-	*./۵۵۵-
Leaf area	**./۹۴۹	**./۷۷۷	**./۹۶۳	**./۸۶۴-	**./۹۳۶-	**./۸۳۳-	**./۹۱۴	**./۹۳۲-	*./۵۵۳-
Biomass	**./۶۷۴	*./۶۲۱	**./۶۷۴	**./۶۷۴-	**./۶۴۷-	*./۶۲۵-	**./۶۹۱	**./۷۰۶-	•/۴۱۱-
Spathulenol	**./۸۲۲	**./۸۲۷	**./۷۸۰	**./۷۵۰-	**./۷۹۴-	**./۵۷۸-	**./۷۲۷	**./۷۷۸-	۲۷۶-
trans-Cadin-1(6),4-diene	**./۷۳۸	*./۵۱۸	**./۷۳۶	**./۸۶۰-	*./۵۸۵-	**./۸۱۹-	**./۷۶۱	**./۷۷۹-	•/۴۴۶-
1,8-Cineole	**./۹۵۸-	**./۷۲۱-	**./۹۷۲	**./۸۴۹	**./۹۹۱	**./۷۸۲	**./۸۳۹-	**./۸۸۸	•/۳۶۱
Caryophyllene oxide	**./۹۱۱	**./۸۲۷	**./۸۹۴	**./۷۸۷-	**./۹۰۸-	**./۶۷۲-	**./۸۶۰	**./۸۷۹-	*./۵۱۰-
Nootkatol	**./۹۱۵	**./۷۳۵	**./۹۱۳	**./۸۳۱-	**./۹۴۱-	**./۷۲۱-	**./۸۱۷	**./۸۶۱-	•/۳۶۸-
α-Vetivone	*۶۲۹	*./۵۵۷	**./۶۵۴	•/۴۳۷-	**./۷۷۵-	•/۴۳۵-	•/۴۷۴	*./۵۳۰-	•/۰۸۳-
Hexadecanoic acid	**./۹۸۲-	**./۷۵۶-	**./۹۸۲-	**./۹۵۱	**./۹۵۳	**./۸۷۰	**./۹۱۱-	**./۹۵۵	•/۴۳۱
γ-Murolene	**./۹۶۵	**./۸۰۶	**./۹۵۰	**./۸۴۶-	**./۹۷۶-	**./۷۳۵-	**./۸۵۵	**./۹۰۹-	•/۳۵۱-
Khusinol	**./۷۵۴	*./۵۶۰	**./۸۰۲	**./۶۲۹-	**./۸۳۴-	**./۸۵۵-	•/۴۸۳	•/۴۱۹-	•/۱۱۶-
9,12,15-Octadecatrienal	**./۷۸۹-	*./۵۹۱-	**./۷۴۴-	**./۹۱۰-	•/۵۹۹	*./۸۵۴	**./۸۳۴-	**./۸۱۶-	*./۵۶۳
(E)-β-Santalol	**./۸۸۱	*./۵۸۳	**./۹۱۳	**./۸۹۳-	**./۹۳۶-	**./۹۳۳-	**./۸۵۳	**./۸۸۴-	*./۴۵۴-
7-Hydroxy Coumarin	**./۹۱۶-	**./۷۲۰-	**./۹۱۸-	**./۸۱۹	**./۹۳۴	**./۶۷۳	**./۷۶۵-	**./۸۲۴	•/۲۷۰-
n-Heneicosane	*./۰۲۸-	*./۰۲۷-	*./۰۵۳۵-	**./۶۹۳	•/۳۱۸	*./۰۶۹	**./۶۸۵-	*./۰۶۳۶	**./۶۸۳
Germacrone	**./۰۹۰-	*./۰۶۱۶	**./۰۹۴	**./۰۹۷-	**./۷۸۸-	**./۸۹۱-	**./۸۹۸	***./۹۱۲-	*./۰۵۶۰-
7- <i>epi</i> -α-Eudesmol	**./۰۸۰۸	**./۰۷۳۷	**./۰۷۷۴	**./۰۹۲۳-	**./۰۶۷۱-	**./۰۷۳۵-	**./۰۸۶۰-	**./۰۸۵۸۵-	*./۰۶۰۵-
γ-Terpinene	**./۰۹۰۱-	**./۰۷۰۹-	**./۰۹۲۰-	**./۰۷۶۴	**./۰۹۳۷	**./۰۸۰۰-	**./۰۸۰۰-	**./۰۸۸۲	*۴۹۴
Bicyclogermacrene	**./۰۳۱	**./۰۶۹۴	**./۰۸۱۲	**./۰۹۵۰-	**./۰۷۱۲-	**./۰۷۹۵-	**./۰۸۷۲	**./۰۸۷۶	*./۰۵۸۱-

** معنی داری در سطح ۱ درصد؛ * معنی داری در سطح ۵ درصد

آلی بیشترین تأثیر را بر مقادیر اجزای اسانس ترانس-کادینا-۱(۶)،۴-دان، ۷-اپی-آلفا-اویدسمول، بیسیکلوجرمکرون، جرمکرون، ترانس-بتا-سانتالول، کاریوفیلن اکسید، اسپاتولنول، گاما-مورولن و نوتکاتین، و صفات مورفولوژیکی در کوه پیغمبر داشتند. مقادیر ۱۵، ۱۲، ۹-اکتادکاترینال و ان-هندیکوزان در دو منطقه پرور و کوه ابر، و آلفا-وتیون و خوسینول در کوه ابر و کوه پیغمبر

براساس نتایج رسته‌بندی تجزیه مؤلفه‌های اصلی، ارتفاع از سطح دریا، بارندگی سالانه، رطوبت اشبع، سیلت، پتانسیم، آهک و اسیدیته بیشترین تأثیر را بر مقادیر هگزادکانوئیک اسید، ان-تری‌دکان، ۷-هیدروکسی کومارین، ۸،۱-سینئول و گاما-تریپین در منطقه پرور داشتند (شکل ۲). همچنین، دمای سالانه، حداکثر دمای گرمترین ماه، حداکل دمای سردترین ماه، حداکثر دمای مطلق، هدایت الکتریکی، ماسه، نیتروژن، فسفر و ماده

تقریباً مشابهند، لذا این ترکیب‌ها در نمودار PCA در بین این مناطق قرار گرفته‌اند (شکل ۲).



شکل ۲: نمودار رسته‌بندی متغیرهای محیطی، صفات مورفولوژیکی و ترکیب‌های اسانس *Hymenocrater oxyodontus*

Alt=Altitude, An.pre= Annual precipitation, An.tem= Annual temperature, Max.tem= Maximum temperature of the hottest month, Min.tem= Minimum temperature of the coldest month, Ab.max= Absolute maximum temperature, Ab.min= Absolute minimum temperature, pH= potential of Hydrogen, EC= Electrical conductivity, OM= Organic matter, N= Nitrogen, P= Phosphorus, K= Potassium, Lime= Calcium oxide, SP= Saturation percentage, San= Sand, Sil= Silt, Cla= Clay, Hei= Height, Can.dia= Canopy diameter, Can.cov= Canopy cover, Le.are= Leaf.area, Bio= Biomass, Bic= Bicyclogermacrene, Cad.di= *trans*-Cadina-1(6),4-diene, Car.ox= Caryophyllene oxide, Cin= 1,8-Cineole, Cou= 7-Hydroxy Coumarin, Eud= 7-*epi*-*a*-Eudesmol, Ger= Germacrone, Hen= *n*-Heneicosane, Hex.ac= Hexadecanoic acid, Khu= Khusinol, Muu= γ-Muurolene, Noo= Nootkatin, Oct= 9,12,15-Octadecatrienol, Spa= Spathulenol, Ter= γ-Terpinene, Tri= *n*-Tridecane, Vet= α-Vetivone, β-San= (E)-β-Santalol

کیلومترمربع و محدوده حضور آن در استان (E00) ۱۵۷۳۵ کیلومترمربع است (شکل ۳)، جایگاه حفاظتی این گونه به ترتیب CR و VU و بنابراین سطح حفاظتی کلی آن CR (در بحران انقراض) تعیین گردید.

تعداد ۸۲ پایه بالغ از این گونه در مناطق مختلف استان شمارش گردید، اما در هیچکدام از رویشگاه‌ها زادآوری نداشت. چرای دام، خشکسالی و بهره‌برداری به عنوان گیاه دارویی باعث تخریب جمعیت‌های این گونه و رویشگاه‌های آن شده است. با توجه به اینکه سطح تحت اشغال این گونه در جمعیت‌های مطالعه‌شده (AOO) ۴



شکل ۳: محدوده حضور و سطح تحت اشغال گونه *Hymenocrater oxyodontus* در استان سمنان

جنس، آلفا-پینن، بتا-پینن، بتا-کاریوفیلن، کاریوفیلن اکسید، اسپاتولنول، ۱-۸-سینئول به عنوان اجزای اصلی اسناس اغلب آنها گزارش شده‌اند. در پژوهش حاضر نیز علاوه بر کاریوفیلن اکسید، اسپاتولنول، ۱-۸-سینئول، ترکیب‌های ترانس-کادینا-۱(۶)-۴-دیان، هگزادکانوئیک اسید، نوتکاتین، آلفا-وتیون و گاما-مورولن نیز به عنوان اجزای اصلی اسناس *H. oxyodontus* معرفی شدند. مهم‌ترین ترکیب‌های اسناس جنس *Hymenocrater* را فلانوئیدها، اسیدهای فنولیک و ترپنوئیدها تشکیل می‌دهند. مطالعات فارماکولوژیک نقش این ترکیب‌ها را در فعالیت‌های ضد میکروبی، ضد انگلی، آنتی‌اسیدانی، ضد سرطانی و ضد دیابتی گونه‌های این جنس تأیید کرده است (۴۳).

بررسی تأثیر ارتفاع از سطح دریا بر مقادیر اجزای اسناس گونه *H. oxyodontus* نشان داد که از میان این ترکیب‌ها، ۱-سینئول، هگزادکانوئیک اسید، ۷-هیدروکسی کومارین، ۱۵،۱۲،۹-اکتادکاترینال، گاما-ترپین، ان-تری‌دکان و ان-هینیکوزان با ارتفاع از سطح دریا همبستگی مثبت معنی‌داری دارند. این ترکیب‌ها در منطقه پرور بیشترین مقادیر اجزای اسناس را به خود اختصاص دادند. در مقابل، ترانس-کادینا-۱(۶)-۴-دیان، اسپاتولنول، کاریوفیلن اکسید، نوتکاتین، آلفا-وتیون، گاما-مورولن، خوسینول، ترانس-بتا-سانتالول، جرم‌کرون، ۷-اپی-آلفا-اوسمول و بیسیکلوجرامکرن با ارتفاع از سطح دریا همبستگی منفی معنی‌داری داشتند. این ترکیب‌ها در کوه

بحث و نتیجه‌گیری

محدوده ارتفاعی انتشار گونه *H. oxyodontus* ۱۳۰۰-۲۲۵۰ متر بالاتر از سطح دریا و بیشترین پراکنش آن در دامنه ارتفاعی ۱۸۰۰-۱۵۰۰ متر است (۳۱). بنابراین، شرایط بهینه رشد این گونه دامنه‌های مناطق کوهستانی است. به همین دلیل انتظار می‌رود که مقادیر صفات مورفو‌لوزیکی آن در کوه پیغمبر (۱۵۸۰ متر) نسبت به دو رویشگاه مرتفع‌تر، یعنی کوه ابر (۱۸۸۰ متر) و پرور (۲۱۵۷ متر) بیشتر باشد. نتایج این پژوهش نشان داد که در کوه پیغمبر، ارتفاع گیاه، قطر تاج‌پوشش، سطح تاج‌پوشش، سطح برگ و زی‌توده به ترتیب $\frac{3}{5}/\frac{4}{4}$ سانتی‌متر، $\frac{69}{2}/\frac{9}{4}$ درصد، $\frac{2}{3}/\frac{1}{3}$ سانتی‌مترمربع و $\frac{135}{1}/\frac{1}{1}$ گرم است، در حالی که در منطقه پرور به عنوان مرتفع‌ترین منطقه بررسی شده، مقادیر این صفات به ترتیب $\frac{4}{5}/\frac{2}{2}$ سانتی‌متر، $\frac{117}{2}/\frac{9}{5}$ سانتی‌متر، $\frac{1}{6}/\frac{2}{2}$ درصد، $\frac{1}{1}/\frac{1}{1}$ سانتی‌مترمربع و $\frac{1}{1}/\frac{1}{1}$ گرم می‌باشد. بنابراین، با افزایش ارتفاع از سطح دریا، مقادیر صفات مورفو‌لوزیکی بوته‌های *H. oxyodontus* کاهش یافته است. برطبق نتایج همبستگی نیز مشاهده شد که بین ارتفاع از سطح دریا و ارتفاع گیاه، قطر و سطح تاج‌پوشش، سطح برگ و زی‌توده همبستگی منفی معنی‌دار وجود دارد. نمودار رسته‌بندی تحلیل مؤلفه‌های اصلی نیز نقش محدودکننده ارتفاع از سطح دریا را بر صفات مورفو‌لوزیکی این گونه تأیید می‌کند.

در زمینه ترکیب‌های اسناس گونه *H. oxyodontus* تا کنون مطالعه‌ای انجام نشده است، اما در سایر گونه‌های این

ضد آترواسکلروز (۱۹)، ضد آندروزن (۳۵)، و ضد سلطان (۵۳) است. همچنین ۷-هیدروکسی کومارین نیز دارای فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی (۱۸ و ۴۰) و ضد سلطانی (۳۶) و ۱۵،۱۲،۹-اکتادکاترینال (۵۰) نیز دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی است.

با توجه به اینکه رویشگاه اصلی *H. oxyodontus* دامنه‌های مناطق کوهستانی است، بنابراین بین پارامترهای دمایی (دمای سالانه، میانگین حداکثر دمای گرمترین ماه، میانگین حداقل دمای سردترین ماه، و حداکثر و حداقل دمای مطلق) با صفات مورفولوژیک همبستگی مثبت معنی‌دار و با بارندگی سالانه همبستگی منفی معنی‌دار وجود دارد. همچنین ترکیب‌های ترانس-کادینا-۱-۴، (۶)-۷-دیان، اسپاتولنول، کاریوفیلن اکسید، نوتکاتین، گاما-مورولن، ترانس-بتا-سانتالول، خوسینول، جرمакرون، ۷-اپی-آلfa-اوسمول و بیسیکلوحرماکرن نیز همبستگی مثبت معنی‌داری با پارامترهای اقلیمی یادشده دارند. در نمودار PCA نیز موقعیت مکانی این ترکیب‌ها در نزدیکی کوه پیغمبر قرار دارد. اما سایر ترکیب‌ها شامل ۱-سینئول، ۸-هگزادکانوئیک اسید، ۷-هیدروکسی کومارین، ۹-۱۵،۱۲،۹ هم‌بستگی منفی معنی‌دار و با بارندگی پارامترهای سالانه همبستگی مثبت معنی‌داری داشتند. به همین دلیل در نمودار PCA موقعیت مکانی این ترکیب‌ها در نزدیکی منطقه پرور قرار دارد.

بین پارامترهای فیزیکوشیمیایی خاک، شامل ماده آلی، نیتروژن، فسفر، ماسه و هدایت الکتریکی با ارتفاع گیاه، قطر و سطح تاج پوشش، سطح برگ و زی توده *H. oxyodontus* همبستگی مثبت معنی‌دار و با پتاسیم، آهک، رطوبت اشباع، سیلت و رس همبستگی منفی معنی‌داری مشاهده شد. از این رو در نمودار PCA موقعیت مکانی هدایت الکتریکی، ماده آلی، نیتروژن، فسفر و ماسه در نزدیکی کوه پیغمبر و پتاسیم، آهک، رطوبت اشباع، سیلت و رس در اطراف منطقه پرور قرار دارد. همچنین بین پارامترهای فیزیکوشیمیایی خاک شامل پتاسیم، آهک، رطوبت اشباع و سیلت با مواد مؤثره ۸،۱-سینئول، ۹-هگزادکانوئیک اسید، ۷-هیدروکسی کومارین، ۹-۱۵،۱۲،۹-اکتادکاترینال، گاما-ترپین، ان-تری‌دکان و ان-هنیکوزان

پیغمبر بیشترین مقادیر اجزای انسانس را تشکیل داده‌اند. به طور کلی با افزایش ارتفاع از سطح دریا، عوامل محیطی از جمله شدت تابش نور، اشعه فرابنفش، شدت وزش باد و میزان بارندگی افزایش یافته، اما عوامل دیگری همچون دما و رطوبت هوا کاهش می‌بایند. گیاهان دائمًا با این عوامل محیطی خارجی به سرعت در حال تغییر و بالقوه آسیب‌رسان تعامل دارند و استراتژی‌های دفاعی پیچیده‌ای را به عنوان ابزاری برای غلبه بر شرایط تنفس، نظیر سنتز تقریباً نامحدود انواع زیادی از متابولیت‌های شیمیایی ایجاد کرده‌اند (۲۹). توانایی سنتز انواع متابولیت‌های ثانویه به گروه‌های گیاهی خاصی محدود می‌شود (۴۷). بر این اساس با افزایش ارتفاع منطقه *H. oxyodontus* علاوه بر افزایش نسبی مونوتربین‌ها و کاهش نسبی سزکویی ترپن‌ها، مقادیر ترکیب‌های شیمیایی همچون هگزادکانوئیک اسید، ۷-هیدروکسی کومارین و ۹-۱۵،۱۲،۹-اکتادکاترینال افزایش یافته است. در مجموع، ترپن‌های اکسیژن‌دار تقریباً تغییری پیدا نکرده است، اما ترپن‌های هیدروکربنی کاهش زیادی داشته است. یافته‌های به دست آمده از سایر گونه‌ها نشانگر همبستگی مثبت ارتفاع از سطح دریا با ترپن‌های اکسیژن و همبستگی منفی با ترپن‌های هیدروکربنی است (۵۸ و ۵۹) که با نتایج این تحقیق تا حدودی همسو هستند. بسیاری از انسانس‌ها دارای خواص آنتی‌اکسیدانی هستند و با توجه به قدرت آنتی‌اکسیدانی بالاتر ترپن‌های اکسیژن (۸)، انسانس گونه *H. oxyodontus* با توجه به مقادیر تقریباً مشابه این ترکیب‌ها در سه منطقه بررسی شده از کیفیت یکسانی برخوردار است. اما به دلیل اینکه انسانس این گونه در مناطق مرتفع تر دارای سایر ترکیب‌های شیمیایی با خواص درمانی بالاتر است، بنابراین انسانس منطقه پرور نسبت به دو منطقه کم ارتفاع‌تر از کیفیت بالاتری برخوردار است. در منطقه پرور، میزان هگزادکانوئیک اسید حدود ۹ درصد انسانس این گونه را تشکیل می‌دهد. این ترکیب در گونه *H. calycinus* واقع در منطقه بلده نور نیز با افزایش ارتفاع از سطح دریا افزایش قابل توجهی داشت. به طوری که در ارتفاع ۱۱۰۰ متر، ۲۵/۳ درصد و در ارتفاع ۱۹۵۰، ۴۲/۵ درصد ترکیب‌های انسانس این گونه را تشکیل داده بود (۱۳). این ماده در طب سنتی هند در درمان رماتیسم (۱۰) استفاده می‌شود و دارای فعالیت‌های ضد میکروبی، آنتی‌اکسیدانی،

مجموعه‌ای از عوامل مختلف قرار دارد. به طور کلی، مشخص شد که تنوع در ترکیب انسانس عمدتاً تحت تأثیر تنوع ژنتیکی فردی و شرایط محیطی، همچون عوامل اقلیمی، عرض جغرافیایی، ارتفاع، خاک، تنفس و غیره قرار دارد. برخی از پژوهشگران علاوه بر موارد یادشده، تنوع بین بخش‌های مختلف گیاه و مراحل مختلف رشد آنها را نیز به عنوان عوامل موثر در ترکیب انسانس گیاهان معرفی کرده‌اند (۴۶). این عوامل، بهویژه ساختار ژنتیکی، بر مسیرهای بیوسنتزی گیاه تأثیر می‌گذارند و در نتیجه بر سهم نسبی اجزای اصلی تأثیر می‌گذارند (۵۴ و ۲۷).

به طور کلی، یافته‌ها نشان داد که افزایش ارتفاع از سطح دریا تغییراتی را در خصوصیات عملکردی (مورفولوژی و فیتوشیمی) گیاه *Hymenocrater oxyodontus* ایجاد کرده است. به طوری که با افزایش ارتفاع، مقداری صفات مورفولوژیکی این گونه کاهش یافته است. لذا به منظور بهره‌برداری اقتصادی از گونه *H. oxyodontus* جهت برنامه‌های توسعه‌ای در عرصه‌های طبیعی تخریب یافته یا اراضی کم‌بازد می‌توان این گونه را برای مناطق کم ارتفاع کوهستانی و استپ‌ها توصیه نمود. با وجود تشابه تسبیب مواد مؤثره اصلی در انسانس این گونه، اما درصد اجزای انسانس در سه منطقه بررسی شده متفاوت بود. در بین پارامترهای محیطی، ارتفاع از سطح دریا، بارندگی سالانه و دمای سالانه، ماده آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم و آهک مهمترین عوامل مؤثر بر درصد ترین‌های اکسیژنه و سایر ترکیب‌های شیمیایی با خواص درمانی بالاتر این گونه بودند که گویای اهمیت رویشگاه‌های مرتفع به لحاظ محتوای انسانس و مواد مؤثره با خواص آنتی‌اکسیدانی بالاتر برای این گیاه است. این نتایج می‌تواند برای استحصال انسانس *H. oxyodontus* از رویشگاه‌های طبیعی، یا برای کشت تجاری این گیاه با هدف استخراج ترکیب‌های ثانویه موجود در انسانس آن حائز اهمیت باشند.

سپاسگزاری

نگارندگان از صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (INSF) بابت حمایت مالی این پژوهش و از مساعدت مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور (RIFR) در اجرای این پژوهش سپاسگزاری می‌کنند.

همبستگی مثبت معنی‌داری وجود دارد. به علاوه ماده آلی، نیتروژن، فسفر، ماسه و هدایت الکتریکی نیز با مواد مؤثره ترانس-کادینا-۱(۶)، ۴-دیان، اسپاتولنول، کاریوفیلن اکسید، نوتکاتین، گاما-مورولن، ترانس-بتا-سانتالول، خوسینول، جرمکرون، ۷-اپی-آلفا-اوسمول و بیسیکلوجرمکرن همبستگی مثبت معنی‌داری را نشان دادند.

در پژوهشی مشابه تأثیر پارامترهای اقلیمی، توبوگرافی و ادافیکی بر صفات مورفولوژیکی و ترکیب‌های انسانس ۱۳ جمعیت *Achillea eriophora* در استان کرمان بررسی شد (۲۱). نتایج نشان داد که این خصوصیات و ترکیب‌ها به طور متفاوتی تحت تأثیر عوامل اکولوژیکی قرار می‌گیرند. در این مطالعه همسو با پژوهش حاضر، اجزای اصلی ترکیب‌های انسانس به طور معنی‌داری تحت تأثیر بارندگی، دما، اسیدیتی، ماده آلی، آهک، فسفر، پتاسیم، رس، سیلت و ماسه قرار داشتند، اما بر خلاف پژوهش حاضر، این ترکیب‌ها با ارتفاع از سطح دریا تغییر معنی‌داری نداشتند. به عبارت دیگر، در این گونه به رغم دامنه ارتفاعی زیاد جمعیت‌های بررسی شده (۱۷۰۰-۲۷۰۰ متر)، همبستگی معنی‌داری بین ارتفاع از سطح دریا و اجزای اصلی ترکیب‌های انسانس مشاهده نشد. در بررسی تأثیر ارتفاع و عوامل ادافیکی بر ترکیب‌های شیمیایی *Hymenocrater elegans* از سه ارتفاع مختلف منطقه بلده نور همبستگی متفاوتی بین این خصوصیات مشاهده شد (۴۱). در میان ترکیب‌های مشترک با پژوهش حاضر، ۱، ۸-سینئول با ارتفاع از سطح دریا همبستگی منفی معنی‌داری را نشان داد که مغایر با نتایج پژوهش حاضر است، اما در هر دو مطالعه این ترکیب با ماده آلی همبستگی منفی معنی‌داری داشت. برخی از پژوهشگران در بررسی تأثیر عوامل تنش‌زای محیطی، از جمله دما و خشکی روی ترکیب‌های انسانس گونه‌های *Salvia* دریافتند که این عوامل باعث افزایش مقدار آلفا و بتا-توجن، کامفور و کاریوفیلن شده است، اما مقادیر ۱، ۸-سینئول بر حسب نوع گونه افزایش و یا کاهش داشته است (۳۲). این نتایج با یافته‌های پژوهش حاضر تا حدودی همسو است. بنابراین عکس العمل گیاه برای افزایش یا کاهش ترکیب‌های انسانس در مقابل عوامل محیطی متفاوت است و بیوسنتز و میزان هر ترکیب تابع

References

1. Adams, R.P., 2007. Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectrometry. 4th ed. Allured Publishing Corporation, Carol Stream, 804 p.
2. Ahmadi, F., S. Sadeghi, M. Modarresi, R. Abiri & A. Mikaeli, 2010. Chemical composition, in vitro anti-microbial, antifungal and antioxidant activities of the essential oil and methanolic extract of *Hymenocrater longiflorus* Benth. of Iran. Food and Chemical Toxicology, 48(5): 1137-1144.
3. Akramian, M., S. Nejad Ebrahimi, & M.R. Joharchi, 2008. Essential oil composition of *Hymenocrater platystegius* Rech.f. from Iran. Journal of Essential Oil Research, 11(2): 199-202.
4. Al-Anee, R.S., G.M. Sulaiman, K.W. Al-Sammarrae, G. Napolitano, R. Bagnati, L. Lania, A. Passoni & B. Majello, 2015. Chemical characterization, antioxidant and cytotoxic activities of the methanolic extract of *Hymenocrater longiflorus* grown in Iraq. Zeitschrift fur Naturforschung - Section C Journal of Biosciences, 70(9-10): 227-235.
5. Ale Omrani Nejad, S.M.H., H. Naghdi Badi, A. Mehrafarin, V. Abdossi & F. Khalighi-Sigaroodi, 2019. The impact of macro environmental factors on essential oils of *Oliveria decumbens* Vent. from different regions of Iran. Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products, 14(2), e59456.
6. Alipour, N., K. Mahdavi, J. Mahmoudi & H. Ghelichnia, 2015. Investigation into the effect of environmental conditions on the quality and quantity of essential oil of *Stachys laxa*. Journal of Plant Research, 28(3): 561-572. (In Persian)
7. Amiri, F., A. Gholipouri, M. Kheirkhah & M.H. Mirjalili, 2019. Study on ethnobotany and the effect of ecological factor on the yield of essential oil of *Ziziphora clinopodioides* Lam. (case study: Yazd province). Journal of Medicinal Plants and By-products, 8(2): 189-199.
8. Amorati, R., M.C. Foti & L. Valgimigli, 2013. Antioxidant activity of essential oils. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 61(46): 10835-10847.
9. Anonymous, 2009. Guidelines for Laboratory Analysis of Soil and Water Samples, no. 467. Vice Presidency for Planning and Supervision Publications, Tehran, 255 p. (In Persian)
10. Aparna, V., K.V. Dileep, P.K. Mandal, P. Karthe, C. Sadasivan & M. Haridas, 2012. Anti-inflammatory property of n-hexadecanoic acid: structural evidence and kinetic assessment. Chemical Biology & Drug Design, 80(3): 434-439.
11. Armand, N. & E. Jahantab, 2019. Comparing the essential oil composition of *Smyrnium cordifolium* Boiss. in different natural habitats of Boyer Ahmad County. Journal of Rangeland, 13(1): 39-51. (In Persian)
12. Arzani, H. & M. Abedi, 2015. Rangeland assessment: Vegetation measurement, vol. 2. University of Tehran Press, Tehran, 306 p. (In Persian)
13. Asri, Y., F. Sadeh-Hoseinabad Ghaini, A. Vaziri & M. Akbarzadeh, 2017. Essential oil composition from *Hymenocrater calycinus* (Boiss.) Benth. in Iran. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 20(3): 712-719.
14. Asri, Y., M. Firozi Ardestani, M. Rabie & G. Bakhshi Khaniki, 2016. The effect of environmental factors on growth characteristics, seed germination and essential oils of *Ziziphora clinopodioides* Lam. Iranian Journal of Plant Biology, 8(29): 91-106. (In Persian)
15. Bahadori, S., M.B. Bahadori, G. Zengin, F. Maggi, L. Dinparast & A. Aktumsek, 2017. Chemical composition profile of the essential oil from *Hymenocrater bituminous* and its health functionality. International Journal of Food Properties, 20(1): 972-980.
16. Barazandeh, M.M., 2006. Volatile constituents of the essential oil of *Hymenocrater elegans* Bunge. Journal of Essential Oil Research, 18(3): 284-285.
17. Boira, H. & A. Blanquer, 1998. Environmental factors affecting chemical variability of essential oils in *Thymus piperella* L. Biochemical Systematics and Ecology, 26(8): 811-822.
18. Cai, Y., W. Sun, X.X. Zhang, Y.D. Lin, H. Chen & H. Li, 2018. Osthole prevents acetaminophen-induced liver injury in mice. Acta Pharmacologica Sinica, 39(1): 74-84.
19. Cho, K.H., J.H. Hong & K.T. Lee, 2010. Monoacylglycerol (MAG)-oleic acid has stronger antioxidant, anti-atherosclerotic, and protein glycation inhibitory activities than MAG-palmitic acid. Journal of Medicinal Food, 13(1): 99-107.

20. Emrani, S., R. Zhiani & S. Dolatabadi, 2015. Identification of Chemical Compositions and Protective Effects of Essential Oil of Arvaneh (*Hymenocrater platystegius*) on Oxidative Stress Induced by H₂O₂ in PC12 Cells. The Neuroscience Journal of Shafaye Khatam, 3(3): 27-36.
21. Etehadpour, M. & I. Tavassolian, 2019. Ecological factors regulate essential oil yield, percent and compositions of endemic yarrow (*Achillea eriophora* DC.) in Southeast Iran. International Journal of Horticultural Science and Technology, 6(2): 201-215.
22. Fattahpour, B., M. Fattahi & A. Hassani, 2024. Essential oil composition, morphological characterization, phenolic content and antioxidant activity of Iranian populations of *Hymenocrater longiflorus* Benth. (Lamiaceae). Scientific Reports, 14, 7239.
23. Fernández-Sestelo, M. & J.M. Carrillo, 2022. Environmental effects on yield and composition of essential oil in wild populations of spike lavender (*Lavandula latifolia* Medik.). Agriculture, 10(12), 626.
24. Firouznia, A., A. Rustaiyan, M. Nadimi, S. Masoudi & M. Bigdeli, 2005. Composition of the essential oil of *Hymenocrater calycinus* (Boiss.) Benth. from Iran. Journal of Essential Oil Research, 17(5): 527-529.
25. Firouznia, A., A. Rustaiyan, S. Masoudi, M. Rahimizade, M. Bigdeli & M. Tabatabaei-Anaraki, 2009. Volatile constituents of *Salvia limbata*, *Stachys turcomanica*, *Scutellaria litwinowii* and *Hymenocrater elegans* four Lamiaceae herbs from Iran. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 12(4): 482-489.
26. Ghavam, M., G. Bacchetta, I. Castangia & M. Letizia Manca, 2022. Evaluation of the composition and antimicrobial activities of essential oils from four species of Lamiaceae Martinov native to Iran. Scientific Reports, 12, 17044.
27. Gupta, A.K., R. Mishra, A.K. Singh, A. Srivastava & R.K. Lal, 2017. Genetic variability and correlations of essential oil yield with agro-economic traits in *Mentha* species and identification of promising cultivars. Industrial Crops & Products, 95: 726-732.
28. Hashemi Moghaddam, H., A.A. Jafari, F. Sefidkon & S. Kalate Jari, 2023. Influence of climatic factors on essential oil content and composition of 20 populations of *Nepeta binaludensis* Jamzad from Iran. Applied Biological Chemistry, 66(2): 1-10.
29. Holopainen, J.K. & J. Gershenson, 2010. Multiple stress factors and the emission of plant VOCs. Trends in Plant Science, 15(3): 176-184.
30. IUCN, 2022. Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria. Version 15. Prepared by the Standards and Petitions Committee, 116 p.
31. Jamzad, Z., 2012. *Hymenocrater* L. In: Assadi, M., Maassoumi, A.A. and Mozaffarian, M. (eds.), Flora of Iran, no. 76: Lamiaceae, pp. 609-626. Research Institute of Forests and Rangelands Press: Tehran. (In Persian)
32. Karalija, E., S. Dahija, P. Tarkowski & S. Ćavar Zeljković, 2022. Influence of climate-related environmental stresses on economically important essential oils of Mediterranean *Salvia* sp. Frontiers in Plant Science, 13: 864807.
33. Khalil, N., L. El-Jalel, M. Yousif & M. Gonaid, 2020. Altitude impact on the chemical profile and biological activities of *Satureja thymbra* L. essential oil. BMC Complementary Medicine and Therapies, 20, 186.
34. Khorshidi, J., A. Shayganfar & F. Babakhani, 2022. Evaluation of essential oil content and components in different organs of *Hymenocrater longiflorus* Benth. growing in natural habitat of Kurdistan province. Journal of Plant Process and Function, 11(48): 165-176.
35. Komansilan, A., A.L. Abadi, B. Yanuwiadi & D.A. Kaligis, 2012. Isolation and identification of biolarvicide from soursop (*Annona muricata* Linn) seeds to mosquito (*Aedes aegypti*) larvae. International Journal of Engineering & Technology, 12(3): 28-32.
36. Koriem, K.M.M., M.E. Aminuddin, A.S. Kader & N.R. Sheikh, 2013. Antihyperglycemic, antihyperlipidemic and antiapoptotic activities of micromelumminutum seeds in diabetic rats. Journal of Molecular and Genetic Medicine, S1: 004: 1-8.
37. Masoudi, S., A. Rustaiyan, R. Mohebat & M.H. Mosslemin, 2012. Composition of the essential oils and antibacterial activities of *Hymenocrater yazdianus*, *Stachys obtusicrena* and *Nepeta*

- asterotricha* three Labiate herbs growing wild in Iran. *Natural Product Communications*, 7(1): 117-120.
38. Masoudi, S., L. Azad, B. Arabshahi, M. Yari, M. Jamzad, H. Akhlaghi, A.R. Motevalizadeh & A. Rustaiyan, 2009. Volatile constituents of *Micromeria persica* Boiss., *Hymenocrater platystegius* Rech.f. and *Scutellaria pinnatifida* A. Hamilt. subsp. *pinnatifida*, three Labiate herbs growing wild in Iran. *Journal of Essential Oil Research*, 21(6): 515-518.
39. Mehalaine, S. & H. Chencouni, 2019. Effect of climatic factors on essential oil accumulation in two Lamiaceae species from Algerian semiarid lands. In: Chencouni, H., Errami, E., Rocha, F., Sabato, L. (eds.), *Exploring the Nexus of Geoecology, Geography, Geoarcheology and Geotourism: Advances and Applications for Sustainable Development in Environmental Sciences and Agroforestry Research*, pp. 57-60. Springer International Publishing.
40. Minhas, R., S. Sandhu, Y. Bansal & G. Bansal, 2017. Benzoxazole-coumarin derivatives: potential candidates for development of safer anti-inflammatory drugs. *Der Chemica Sinica*, 8(1): 146-157.
41. Mirmohammadi Shaktaee, S.F., M. Mahdavi & M.H. Joori, 2021. The impact of the environmental factors on chemical composition of *Hymenocrater elegans* Bunge. (Case study: Baladeh, Noor, Mazandaran province, Iran). *Journal of Rangeland*, 15(2): 332-343. (In Persian)
42. Mirza, M., L. Ahmadi, & M. Tayebi, 2001. Volatile constituents of *Hymenocrater incanus* Bunge, an Iranian endemic species. *Flavour and Fragrance Journal*, 16(4): 239-240.
43. Morteza-Semnani, K., H. Ahadi & Z. Hashemi, 2016. The genus *Hymenocrater*: a comprehensive review. *Pharmaceutical Biology*, 54(12): 3156-3163.
44. Morteza-Semnani, K., M. Saeedi & M. Akbarzadeh, 2010. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Hymenocrater elegans* Bunge. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 13(2): 260-266.
45. Morteza-Semnani, K., M. Saeedi & M. Akbarzadeh, 2012. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Hymenocrater calycinus* (Boiss.) Benth. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 15(5): 708-714.
46. Movahhed Haghghi, T., M.J. Saharkhiz, A.R. Khosravi, F. Raouf Farda & M. Moein, 2017. Essential oil content and composition of *Vitex pseudo-negundo* in Iran varies with ecotype and plant organ. *Industrial Crops & Products*, 109: 53-59.
47. Ncube, B., J.F. Finnie & J. Van Staden, 2012. Quality from the field: The impact of environmental factors as quality determinants in medicinal plants. *South African Journal of Botany*, 82: 11-20.
48. Öner, E.K. & M. Yeşil, 2023. Effects of altitudes on secondary metabolite contents of *Origanum majorana* L. *Scientific Reports*, 13, 10765.
49. Pant, P., S. Pandey & S. Dall'Acqua, 2021. The influence of environmental conditions on secondary metabolites in medicinal plants: A literature review. *Chemistry & Biodiversity*, 18, e2100345.
50. Pasdaran, A., A. Pasdaran & N. Mamedov, 2017. Antibacterial and antioxidant activities of the volatile composition of the flower and fruit of *Solanum sisymbriifolium* (Litchi Tomato). *Pharmaceutical Sciences*, 23: 66-71.
51. Rechinger, K.H., 1982. *Hymenocrater* Fisch. & C.A.Mey. In: Rechinger, K.H. (ed.), *Flora Iranica*, no. 150: Labiate, pp. 239-250. Graz: Akademische Druck-u. Verlagsanstalt.
52. Sabet Teimouri, M., A. Kocheki & M. Nasueu Mahallati, 2016. Studding Arvane-Bezghi (*Hymenocrater platystegius* Rech.f.) different ecotypes at natural habitat in Khorasan Razavi province: Principal Component Analysis. *Journal of Agroecology*, 27(1): 17-32. (In Persian)
53. Sabithira, G. & R. Udayakumar, 2017. GC-MS analysis of methanolic extracts of leaf and stem of *Marsilea minuta* (Linn.). *Journal of Complementary and Alternative Medical Research*, 3(1): 1-13.
54. Segarra-Moragues, J.G., Y. Carrión Marco, M.C. Castellanos, M.J. Molina & P. García-Fayos, 2016. Ecological and historical determinants of population genetic structure and diversity in the Mediterranean shrub *Rosmarinus officinalis* (Lamiaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 180(1): 50-63.

55. Serpooshan, F., Z. Jamzad, T. Nejadsattari & I. Mehregan, 2018. Molecular phylogenetics of *Hymenocrater* and allies (Lamiaceae): New insights from nrITS, plastid trnL intron and trnL-F intergenic spacer DNA sequences. Nordic Journal of Botany, 36(1-2): njb-01600.
56. Shahriari, S., M. Khanahmadi & R. Tahvilian, 2013. The study of essential oil of *Hymenocrater longiflorus* Benth. growing in Paveh. Journal of Reports in Pharmaceutical Sciences, 2(2): 111-115.
57. Taherpour, A., H. Maroofi, M. Changizi, R. Vafaei Shoushtari, K. Larijani & A. Kazempour, 2011. Chemical compositions of the essential oil and calculation the biophysicochemical coefficients of the components of *Hymenocrater longiflorus* Benth. of Iran. Natural Science, 3(2): 104-108.
58. Talebi, S.M., 2023. Changes in plant secondary metabolite profiles in response to environmental stresses. In: Ghorbanpour, M. & Adnan Shahid, M. (eds.), Plant Stress Mitigators, pp. 325-339. Elsevier, Amsterdam.
59. Tavakoli, M., S. Soltani, M. Tarkesh Esfahani & R. Karamian, 2022. Study on some environmental factors effects on *Salvia multicaulis* Vahl. essential oil composition in Hamadan province. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 38(4): 545-563. (In Persian)
60. Tommasi, L., C. Negro, A. Cerfeda, E. Nutricati, V. Zuccarello, L. De Bellis & A. Miceli, 2007. Influence of environmental factors on essential oil variability in *Thymbra capitata* (L.) Cav. growing wild in southern Puglia (Italy). Journal of Essential Oil Research, 19(6): 572-580.
61. Tsiftsoglou, O.S., R. Stagiopoulou, N. Krigas & D. Lazari, 2023. Exploring the ecological preferences and essential oil variability in wild-growing populations of the endangered local Greek endemic *Thymus holosericeus* (Lamiaceae). Plants, 12(2): 348.
62. Yavari, A., V. Nazeri, F. Sefidkon & M.E. Hassani, 2010. Influence of some environmental factors on the essential oil variability of *Thymus migricus*. Natural Product Communications, 5(6): 943-948.