

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

Mina Rabie<sup>\*1</sup>, Yoones Asri<sup>2</sup>, Fatemeh Sefidkon<sup>3</sup>

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 m<sup>2</sup> 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). Peygambar Mountain exhibited the highest values for plant height (35.4 cm), canopy diameter (69.2 cm), canopy cover (9.4%), leaf area (2.3 cm<sup>2</sup>), 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 Peygambar Mountain included Trans-Cadina-1(6),4-diene (12.1%), Spathulenol (11.2%), Caryophyllene oxide (7.1%), and Nootkatin (7.1%). In Abar Mountain, Spathulenol (10%),  $\alpha$ -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. Peygambar 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 km<sup>2</sup> and an EOO of 15,735 km<sup>2</sup>.

**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).

DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.2.7.5

Publisher: Iranian Society for Range Management

---

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

مینا ربیعی<sup>۱\*</sup>، یونس عصری<sup>۲</sup> و فاطمه سفیدکن<sup>۳</sup>

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 مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
۳. استاد بخش تحقیقات گیاهان دارویی، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
<b>نوع مقاله:</b> مقاله کامل - پژوهشی	<b>سابقه و هدف:</b> 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>clinopodioides</i> اشاره کرد. در پژوهش حاضر رابطه بین پارامترهای اقلیمی، توپوگرافی و اداکیکی موثر بر صفات مورفولوژیکی و ترکیب‌های اسانس گونه اندمیک دارویی <i>Hymenocrater oxyodontus</i> Rech.f. بررسی شد.
۱۴۰۳؛ جلد ۱۸، شماره ۲	<b>مواد و روش:</b> 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 تاج‌پوشش، سطح تاج‌پوشش، زی‌توده 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 به‌طور تصادفی از داخل پلات‌ها برداشت شد و مهمترین پارامترهای فیزیکوشیمیایی خاک شامل واکنش خاک، هدایت الکتریکی، ماده آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، رطوبت اشباع 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.
<b>واژه‌های کلیدی:</b> گیاه دارویی، تیره نعنا، ترکیب‌های شیمیایی، عوامل محیطی، استان سمنان.	<b>نتایج:</b> 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. مقایسه میانگین‌ها حاکی از آن است که بیشترین مقادیر ارتفاع گیاه (۳۵/۴ cm)، قطر تاج پوشش (۶۹/۲ cm)، سطح تاج پوشش (۹/۴٪)، سطح برگ (۲/۳ cm<sup>2</sup>) و زی‌توده (۱۳۵/۱ g) مربوط به کوه پیغمبر بود. تجزیه واریانس اجزای اسانس مشترک بین سه منطقه نیز تفاوت معنی‌داری را در سطح ۰/۱، ۱ و ۵ درصد نشان داد. در کوه پیغمبر ترانس-کادینا-(۶)، ۴-دی‌ان، اسپاتولنول، کارپوفیلن اکسید و نوتکتاتین به ترتیب با ۱۲/۱، ۱۱/۲، ۷/۱ و ۷/۱ درصد؛ در کوه ابر اسپاتولنول، آلفا-وتیون، کارپوفیلن اکسید و نوتکتاتین به ترتیب با ۱۰، ۶/۸، ۶/۱ و ۵/۸ درصد؛ و در منطقه پرور ۸۰۱-سینئول، هگزادکانوئیک اسید و اسپاتولنول به ترتیب با ۱۶/۴، ۸/۹ و ۷/۳ درصد به‌عنوان مواد مؤثره اصلی شناسایی شدند. تجزیه واریانس پارامترهای فیزیکی‌شیمیایی خاک اختلاف معنی‌داری را بین هدایت الکتریکی، ماده آلی، فسفر، پتاسیم، رطوبت اشباع، آهک، ماسه و سیلت در سطح ۰/۱ درصد، اسیدیته و نیتروژن در سطح ۱ درصد، و رس در سطح ۵ درصد نشان داد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد خاک کوه ابر اسیدی‌تر بود؛ ضمن اینکه مقادیر هدایت الکتریکی (۱/۳ ds/m)، 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 پتاسیم (۳۰۷/۶ mg/L)، آهک (۱۷/۱٪)، رطوبت اشباع (۳۱/۷٪)، سیلت (۳۴٪) و رس (۱۲٪) 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 اسانس داشتند. با توجه به اینکه سطح تحت اشغال این گونه در جمعیت‌های مطالعه‌شده (AOO) ۴ کیلومترمربع و محدوده حضور آن در استان (EOO) ۱۵۷۳۵ کیلومترمربع است، جایگاه حفاظتی آن CR (در بحران انقراض) تعیین گردید.

**نتیجه‌گیری:** به‌طور کلی، عوامل محیطی، به‌ویژه ارتفاع از سطح دریا بر خصوصیات عملکردی *H. oxyodontus* تأثیر قابل‌توجهی داشتند. در کوه پیغمبر با پایین‌ترین ارتفاع، شاخص‌های رویشی این گونه بیشتر از دو منطقه مرتفع‌تر بود. لذا به‌منظور بهره‌برداری اقتصادی از عرصه‌های طبیعی تخریب‌یافته یا اراضی کم‌بازده می‌توان کاشت این گونه را برای مناطق کم‌ارتفاع کوهستانی و استپ‌ها توصیه نمود. اما اگر هدف بهره‌برداران خواص درمانی آن باشد، با توجه به مقادیر بیشتر ترپن‌های اکسیژنه و سایر ترکیب‌های شیمیایی با خواص درمانی بالاتر در منطقه پرور به‌عنوان مرتفع‌ترین منطقه بررسی‌شده، می‌توان این گونه را در ارتفاعات کشت نمود. همچنین، برای کشت تجاری این گونه در مزارع می‌توان از بذور اکوتیپ‌های کوهستانی آن استفاده کرد.

استناد: ربیعی، م. ی. عصری و ف. سفیدکن، ۱۴۰۳. ارزیابی تنوع اسانس و صفات مورفولوژیکی جمعیت‌های مختلف *Hymenocrater oxyodontus* Rech.f. مرتع، ۱۸(۲): ۲۸۴-۳۰۵.



DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.2.7.5

© نویسندگان

ناشر: انجمن علمی مرتعداری ایران

مقدمه

مراتع 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 اسانس گیاهان دارویی تا حد زیادی تحت تأثیر عوامل اکولوژیکی (متغیرهای اقلیمی، عرض جغرافیایی، توپوگرافی و اداپتیکی) قرار دارد، بهره‌برداری اقتصادی از این گیاهان زمانی ممکن است که نوع و میزان ترکیب‌های شیمیایی آنها به حد مطلوب رسیده باشد. به‌طور کلی، سازگاری گیاهان دارویی با شرایط رویشگاهی مختلف در طی زمان باعث ایجاد تنوع ژنتیکی و به دنبال آن تشکیل کموتایپ‌های متفاوت می‌شود (۱۱).

جنس *Hymenocrater* Fisch. & C.A.Mey. از تیره نعنا (Lamiaceae) 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. H. incanus*, *H. calycinus*, *H. platystegi*، *oxyodontus* و *H. yazdianus* انحصاری (Endemic) ایران هستند. اعضای این جنس گیاهان علفی چندساله، بوته‌ای یا درختچه‌ای بسیار منشعب هستند. برگ‌ها در قاعده بریده یا قلبی و در حاشیه دندانه‌دار هستند. گل‌آذین گرزب با چرخه‌هایی به تعداد ۲-۷ گل است. کاسه‌گل استوانه‌ای یا قیفی، در قسمت گلو دارای کرک‌های زیاد و ریش‌مانند، است، دندانه‌های کاسه کم و بیش مساوی و غشایی، اغلب رنگی، به رنگ‌های سبز، صورتی، قرمز و یا بنفش است. جام‌گل 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 *Hymenocrater* به *Nepeta* منتقل شده‌اند و نام جدید گونه مورد مطالعه به *Nepeta turanica* Jamzad & Serpoosh. (پونه‌سای تورانی) تغییر یافته است (۵۵).

گونه‌های مختلف *Hymenocrater* در طب محلی و سنتی برای درمان برخی از بیماری‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌عنوان مثال، اندام‌های هوایی *H. longiflorus* به‌صورت خام یا پخته به‌عنوان 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 اسانس گونه‌های مختلف *Hymenocrater* مطالعاتی انجام شده است که به تعدادی از آنها اشاره می‌شود. ترکیب‌های اصلی اسانس *H. incanus* در منطقه آباده فارس بتا-کاریوفیلین، ۸۰۱-سینئول، آلفا-پینین و بتا-پینین (۴۲)؛ و منطقه داران اصفهان کاریوفیلین اکسید، اولئیک اسید، پالمیتیک اسید و فیتول (۲۶) گزارش شدند. در گونه *H. calycinus* از منطقه بیکه‌شاخ بجنورد آلفا-پینین، سابینین و لیمونن؛ منطقه نوده بجنورد اسپاتولنول، هگزادکانونیک اسید و آبی‌تری‌ان، و جنگل گلستان کاریوفیلین، کاریوفیلین اکسید و اسپاتولنول (۲۴)؛ و منطقه نور ۸۰۱-سینئول، بتا-پینین و آلفا-پینین (۴۵) اجزای اصلی اسانس را تشکیل داده بودند. همچنین ترکیب‌های اصلی اسانس این گونه از مناطق بلده نور و اروست ساری اسپاتولنول، هگزادکانونیک اسید و اسپاتولنول هگزاهیدروفارنسیل استون معرفی شدند (۱۳). اجزای اصلی اسانس *H. elegans* در منطقه فیروزکوه جرماکرون D، بتا-کاریوفیلین، آلفا-هومولن و جرماکرون B (۱۶)؛ منطقه بابا امان بجنورد اسپاتولنول، کاریوفیلین اکسید و آلفا-پینین (۲۵)؛ و منطقه نور، مانویل اکسید، اسکلاژنول و ۸۰۱-سینئول (۴۴) گزارش شدند. در گونه *H. platystegi* از منطقه چناران خراسان آلفا-پینین، ۸۰۱-سینئول و بتا-پینین (۳)؛ منطقه سبزوار اسپاتولنول، آلفا-پینین و ۸۰۱-سینئول (۳۸)؛ و منطقه کاشمر ۸۰۱-سینئول، بتا-پینین، ترپینلن و سابینین (۲۰) ترکیب‌های اصلی اسانس را تشکیل داده بودند. اجزای اصلی اسانس *H. longiflorus* در منطقه اورامانات دلتا-کادینول، آلفا-پینین و پارا-منت-۵،۱-دی‌ان-۸-آل (۲)؛ منطقه مریوان آلفا-پینین، بتا-کاریوفیلین، بتا-آدسمول و آلفا-کوپانن (۵۷)؛ منطقه پاهه هدی‌کاریول، آلفا-کادینول و بتا-بوربون (۵۶)؛ و منطقه اورامانات

تاکنون 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* تاکنون مطالعه‌ای انجام نشده است و پژوهش حاضر به‌عنوان 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. yezdianus* از منطقه یزد ۸،۱-سینئول، بتا-کاریوفیلین، آلفا-پینین و کاریوفیلین اکسید ترکیب‌های اصلی اسانس را تشکیل داده بودند (۳۷). اجزای اصلی اسانس *H. bituminous* در منطقه ارومیه آلفا-پینین، بتا-پینین، ترانس-فیتول و اسپاتولنول 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، اُزن، رطوبت، شوری و حاصلخیزی خاک تأثیر قابل‌توجهی 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. به‌عنوان مثال، در بعضی از گونه‌ها، از جمله *Stachys laxa* (۶)، *Thymus migricus* (۶۲)، *Ziziphora clinopodioides* (۷) و *Ziziphora clinopodioides* (۱۴) تأثیر ارتفاع، عوامل اقلیمی و ادافیکی بر نوع و میزان ترکیب‌های اسانس بررسی شده است. در برخی از گونه‌ها، نظیر *Salvia fruticosa* و *Salvia officinalis* (۳۲)، *Thymbra capitata* (۶۰)، *Rosmarinus officinalis* (۶۱) و *Thymus algeriensis* (۳۹) و *Thymus holosericeus* (۶۱) تأثیر عوامل اقلیمی بر کمیت و کیفیت اسانس مطالعه گردید. در گونه‌های *Lavandula latifolia* (۲۳)، *Nepeta binaludensis* (۲۸)، *Oliveria decumbens* (۵) و *Thymus piperella* (۱۷) اثر ارتفاع و عوامل اقلیمی، و در گونه‌های *Origanum majorana* (۴۸) و *Satureja thymbra* (۳۳) اثر ارتفاع بر مواد مؤثره بررسی شده است.

جدول ۱: مشخصات مناطق نمونه‌برداری گونه *Hymenocrater oxyodontus*

ارتفاع از سطح دریا (متر)	عرض جغرافیایی (شمالی)	طول جغرافیایی (شرقی)	سایت نمونه‌برداری
۱۵۸۰	۳۵° ۲۹' ۴۱"	۵۶° ۴۵' ۰۱"	بیارجمند، کوه پیغمبر
۱۸۸۰	۳۶° ۴۳' ۱۳"	۵۵° ۰۳' ۳۷"	بسطام، کوه ابر
۲۱۵۷	۳۵° ۵۸' ۰۱"	۵۳° ۳۰' ۱۳"	شهمیرزاد، پرور

### اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک

در هر پلات 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 هوایی آنها در داخل پلات‌ها قطع شد و پس از انتقال به آزمایشگاه، خشک و توزین شدند. سطح برگ گیاهان نیز با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج GateHouse مدل 4cht Aok با دقت ۰/۰۱ سانتی‌مترمربع با نرم‌افزار WinDias 2.0 اندازه‌گیری شد.

برای تهیه نمونه هرباریومی، اندام هوایی گلدار *H. oxyodontus* در خردادماه ۱۴۰۱ از سه منطقه بیارجمند (کوه پیغمبر)، بسطام (کوه ابر) و شهمیرزاد (پرور) جمع‌آوری شد. نمونه‌های هرباریومی با کدهای ۱۰۹۹۹۳، ۱۰۹۹۹۴ و ۱۰۹۹۹۵ در هرباریوم موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور (TARI) نگهداری می‌شوند.

### استخراج و شناسایی اجزای اسانس

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 اسانس‌ها با استفاده از دستگاه کلونجر به روش تقطیر با آب به مدت سه ساعت انجام شد و سپس با استفاده از سولفات سدیم خشک آب‌گیری شدند. آنالیز اسانس‌ها با استفاده از دستگاه‌های GC و GC/MS انجام شد. اجزای اسانس 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

نرم‌افزار Chrom-card 2006 استفاده شد. دستگاه دارای ستون DB-5 نیمه‌قطبی (به طول ۱۰ متر، قطر داخلی ۰/۱ میلی‌متر و ضخامت لایه فاز ساکن برابر ۰/۴ میکرون) بود. دمای محفظه 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 ۰/۵ میلی‌لیتر بر دقیقه بود.

دستگاه GC/MS شامل کروماتوگراف گازی Agilent 7890A متصل به طیف‌سنج جرمی Agilent 5975C از نوع چهار قطبی، مجهز به ستون DB-5 نیمه‌قطبی (به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه فاز ساکن برابر ۰/۲۵ 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 محفظه تزریق و ترانسفرلاین به ترتیب ۲۶۰ و ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شده بود. گاز حامل هلیوم بوده 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 پلات و از عمق تجمع ریشه (حدود ۳۰ سانتی‌متر) برداشت شد. محل نمونه‌های خاک به‌طور تصادفی از ۱۵ پلات استقرار یافته در هر رویشگاه تعیین شد. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه خاکشناسی، مهم‌ترین پارامترهای فیزیکوشیمیایی شامل واکنش خاک، هدایت الکتریکی، ماده آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهنک و بافت خاک اندازه‌گیری

معیارهای اتحادیه جهانی حفاظت از طبیعت، از جمله میزان حضور (EOO) و سطح تحت اشغال (AOO) با استفاده از نرم افزار 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 تاج پوشش، سطح تاج پوشش و زی‌توده در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها حاکی از آن است که بیشترین مقدار ارتفاع گیاه (۳۵/۴ cm)، قطر تاج پوشش (۶۹/۲ cm) و زی‌توده (۱۳۵/۱ g) مربوط به کوه پیغمبر بود (جدول ۳).

شد. واکنش خاک به وسیله pH متر الکتروود 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 حجم‌سنجی با اسیدکلریدریک بر حسب درصد، فسفر قابل جذب به روش آسون، پتاسیم قابل جذب به روش عصاره‌گیری با استات آمونیم، نیتروژن کل به روش کج‌لدال 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 مورفولوژیک و ترکیب‌های اسانس با استفاده از روش آنالیز همبستگی در نرم‌افزار SPSS و روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی (PCA) در نرم‌افزار Minitab ver. 17 تعیین شد. در روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی، ترکیب‌هایی از اسانس 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 مورفولوژیک *Hymenocrater oxyodontus* در سه منطقه

میانگین مربعات					درجه آزادی	منابع تغییرات
زی توده	سطح برگ	سطح تاج پوشش	قطر تاج پوشش	ارتفاع گیاه		
*۴۰۵/۳۶۱	***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 ۰/۱ درصد؛ \*\* معنی‌داری در سطح ۱ درصد؛ \* معنی‌داری در سطح ۵ درصد

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

مناطق			خصوصیات مورفولوژیک
پرور	کوه ابر	کوه پیغمبر	
<sup>b</sup> ۲۵/۱±۴/۵	<sup>b</sup> ۲۸/۴±۴/۹	<sup>a</sup> ۳۵/۳±۴/۶	ارتفاع گیاه (cm)
<sup>bc</sup> ۵۵/۸±۹/۲	<sup>ab</sup> ۶۳/۴±۸/۸	<sup>a</sup> ۶۹/۳±۳/۹	قطر تاج پوشش (cm)
<sup>bc</sup> ۶/۱±۲/۸	<sup>ab</sup> ۸/۱±۱/۲	<sup>a</sup> ۹/۱±۴/۱	سطح تاج پوشش (%)
<sup>c</sup> ۰±۱/۱	<sup>b</sup> ۱/۰±۹/۱	<sup>a</sup> ۲/۰±۳/۳	سطح برگ (cm <sup>2</sup> )
<sup>bc</sup> ۱۱۷/۱۱±۲/۹	<sup>ab</sup> ۱۲۷/۷±۷/۴	<sup>a</sup> ۱۳۵/۷±۱/۸	زی توده (g)

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

اکسید و نوتکاتین به ترتیب با ۱۰، ۶/۸، ۶/۱ و ۵/۸ درصد؛ و در منطقه پرور 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* شناسایی شد (جدول ۴). در کوه پیغمبر ترانس-کادینا-۱(۶)، ۴-دی‌ان، اسپاتولنول، کاریوفیلین اکسید و نوتکاتین به ترتیب با ۱۲/۱، ۱۱/۲، ۷/۱ و ۷/۱ درصد؛ در کوه ابر اسپاتولنول، آلفا- وتیون، کاریوفیلین

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

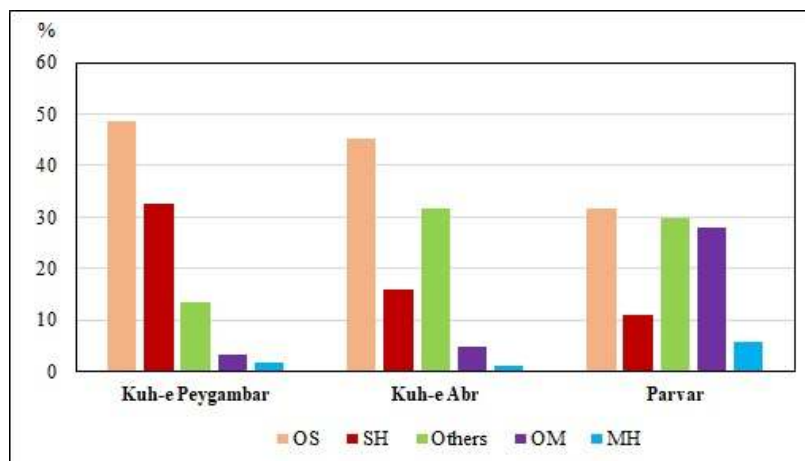
ردیف	ترکیب‌های اسانس	شاخص بازداری	نوع ترکیب	مناطق	
				کوه پیغمبر	کوه ابر
۱	$\alpha$ -Pinene	۹۴۰	MH	-	۰/۹۷
۲	$\beta$ -Pinene	۹۸۱	MH	۰/۸۴	۰/۶۱
۳	1,8-Cineole	۱۰۳۲	OM	۰/۷۲	۱۶/۴۱
۴	$\gamma$ -Terpinene	۱۰۶۵	MH	۰/۸۱	۴/۰۵
۵	$\alpha$ -Campholenal	۱۱۲۸	OM	۰/۳	۰/۸۵
۶	<i>p</i> -Menth-3-en-8-ol	۱۱۴۱	OM	۱/۰۲	۲/۳۸
۷	$\beta$ -Pinene oxide	۱۱۴۴	OM	-	۲/۷
۸	Pinocarvone	۱۱۶۶	OM	-	۰/۵۹
۹	Myrtenal	۱۲۰۳	OM	-	۱/۳۱
۱۰	<i>p</i> -Menth-1-en-9-ol	۱۲۹۵	OM	-	۲/۳۸
۱۱	<i>n</i> -Tridecane	۱۳۰۳	AH	۰/۱۵	۴/۰۱
۱۲	(2 <i>E</i> )-Undecenol	۱۳۵۹	AO	-	۱/۲۵
۱۳	$\alpha$ -Copaene	۱۳۷۴	SH	۱/۶۳	۱/۴۹
۱۴	( <i>E</i> )-Caryophyllene	۱۴۲۷	SH	۱/۱۵	-
۱۵	Carvone hydrate	۱۴۳۳	OM	۱/۳۲	۱/۲۲
۱۶	<i>trans</i> -Cadin-1(6),4-diene	۱۴۹۲	SH	۱۲/۰۸	۴/۸۷
۱۷	$\gamma$ -Muurolene	۱۴۹۴	SH	۶/۳۴	۱/۱۵
۱۸	Bicyclogermacrene	۱۵۰۳	SH	۴/۲۵	۰/۲۳
۱۹	$\gamma$ -Cadinene	۱۵۱۴	SH	۰/۷۵	-
۲۰	7- <i>epi</i> - $\alpha$ -Selinene	۱۵۲۰	SH	۰/۸۵	-
۲۱	$\delta$ -Cadinene	۱۵۲۸	SH	-	۲/۰۴
۲۲	$\beta$ -Vetivenene	۱۵۵۴	SH	۲/۷۶	۱/۲۶
۲۳	Germacrene B	۱۵۵۸	SH	۲/۷۷	-
۲۴	<i>n</i> -Tridecanol	۱۵۶۵	Fal	۱/۲۸	-
۲۵	Spathulenol	۱۵۷۴	OS	۱۱/۲۲	۷/۳۴
۲۶	Caryophyllene oxide	۱۵۷۷	OS	۷/۰۶	۱/۹۸
۲۷	1- <i>epi</i> -Cubenol	۱۶۲۴	OS	۱/۹۷	-
۲۸	$\alpha$ -Muurolol	۱۶۴۵	OS	۰/۹۱	۱/۱۷
۲۹	$\alpha$ -Cadinol	۱۶۵۶	OS	۰/۹۱	-
۳۰	7- <i>epi</i> - $\alpha$ -Eudesmol	۱۶۶۲	OS	۴/۳	۰/۸۶
۳۱	Intermedeol	۱۶۶۵	OS	-	۱/۸۳
۳۲	( <i>Z</i> )- $\alpha$ -Santalol	۱۶۶۹	OS	-	۱/۸۸
۳۳	Khusinol	۱۶۸۰	OS	۴/۷۵	۲/۰۳
۳۴	Eudesma-4(15),7-dien-1 $\beta$ -ol	۱۶۸۷	OS	-	۱/۲۴
۳۵	Germacrone	۱۶۹۴	OS	۴/۶۸	۰/۸۳

ادامه جدول ۴

ردیف	ترکیب‌های اسانس	شاخص بازداری	نوع ترکیب	مناطق	
				کوه ابر	کوه پیغمبر
۳۶	(2E,6Z)-Farnesol	۱۷۱۳	OS	۰/۸۱	-
۳۷	(E)- $\beta$ -Santalol	۱۷۵۳	OS	۲/۷۹	۴/۹۷
۳۸	14-oxy- $\alpha$ -Muurolene	۱۷۶۸	OS	۱/۱۹	-
۳۹	$\beta$ -Bisabolol	۱۷۸۲	OS	۱/۰۴	-
۴۰	$\alpha$ -Vetivone	۱۸۴۴	OS	۶/۸۵	۵/۱۴
۴۱	7-Hydroxy Coumarin	۱۸۳۶	Co	۱/۸۷	۱/۰۴
۴۲	n-Nonadecane	۱۹۰۰	AH	۱/۶۸	۱/۱۷
۴۳	(5E,9E)-Farnesyl acetone	۱۹۱۳	OS	۲/۳۵	۲/۸۳
۴۴	Hexadecanoic acid	۱۹۶۰	Fa	۳/۸۱	۰/۲۳
۴۵	Nootkatin	۱۹۶۸	ST	۵/۸۴	۷/۱۱
۴۶	n-Eicosane	۲۰۰۰	AH	۲/۱۷	-
۴۷	Abietadiene	۲۰۷۳	DH	۱/۲۶	-
۴۸	n-Heneicosane	۲۱۰۸	AH	۳/۷۷	۰/۹۱
۴۹	Methyl octadecanoate	۲۱۲۱	Es	۲/۶۹	-
۵۰	9,12,15-Octadecatrienal	۲۱۵۲	AO	۴/۲۳	۰/۳
۵۱	n-Docosane	۲۱۹۰	AH	۱/۶۷	۰/۶۶
۵۲	n-Tricosane	۲۲۹۹	AH	۰/۱۵	۰/۲۹
کل					
۹۸/۷۸		۹۸/۷۸	۹۹/۴۷		
۵/۶۳	مونوترین‌های هیدروکربنی (MH)	۱/۱	۱/۶۵		
۲۷/۸۳	مونوترین‌های اکسیژن‌دار (OM)	۴/۷۸	۳/۳۶		
۱۱/۰۵	سزکویی‌ترین‌های هیدروکربنی (SH)	۱۶/۰۳	۳۲/۵۷		
۲۴/۶	سزکویی‌ترین‌های اکسیژن‌دار (OS)	۴۵/۳۸	۴۸/۷۶		
۲۹/۶۷	سایر (S)	۳۱/۵۲	۱۳/۱۴		

۵/۸ درصد، کومارین‌ها (۷-هیدروکسی کومارین) در منطقه پرور ۴/۹ درصد، و آلیفاتیک‌های اکسیژن‌دار (۹،۱۲،۱۵-اُکتادکاترینال) در منطقه پرور و کوه ابر به ترتیب ۴/۶ و ۴/۲ درصد 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، به ویژه 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



شکل ۱: مقایسه گروه‌های اصلی ترکیب‌های اسانس در سه منطقه  
MH= Monoterpene Hydrocarbons, OM= Oxygenated Monoterpenes,

اودسمول و بیسیکلوجرماکرن بیشترین مقادیر را در کوه پیغمبر؛ آلفا-تیون، خوسینول و ان-هنیکوزان در کوه ابر، و ۸،۱-سینئول، هگزادکانوئیک اسید، ۱۵،۱۲،۹-اکتادکاترینال، ۷-هیدروکسی کومارین، و گاما-ترپین و ان-تری‌دکان 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، کاریوفیلین اکسید، نوتکاتین، گاما-مورولن، ترانس-بتا-سانتالول، جرماکرون، ۷-اپی-آلفا-

جدول ۵: تجزیه واریانس ترکیب‌های اسانس مشترک در سه منطقه

میانگین مربعات					درجه آزادی	منابع تغییرات
Spathulenol	<i>trans</i> -Cadin-1(6),4-diene	1,8-Cineole	Caryophyllene oxide	Nootkatin		
۱۹/۶۹۲**	۸۳/۵۵۶***	۳۵۵/۰۶۱***	۳۶/۵۴۶***	۵۸/۵۱۵***	۲	رویشگاه
۹/۸۲۰	۲/۳۶۵	۱/۴۰۶	۱/۱۵۱	۱/۲۲۶	۶	خطا
میانگین مربعات					درجه آزادی	منابع تغییرات
$\alpha$ -Vetivone	Hexadecanoic acid	$\gamma$ -Murolene	Khusinol	9,12,15-Octadecatrienal		
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 مربعات					درجه آزادی	منابع تغییرات
( <i>E</i> )- $\beta$ -Santalol	7-Hydroxy Coumarin	<i>n</i> -Heneicosane	Germacrene	7- <i>epi</i> - $\alpha$ -Eudesmol		
۲۴/۴۸۹***	۲۱/۱۲۶***	۱۰/۹۶۴***	۱۹/۱۹۶***	۱۷/۴۳۰***	۲	رویشگاه
۰/۷۲۲	۰/۷۱۱	۰/۵۲۴	۰/۳۶۲	۰/۳۸۴	۶	خطا
میانگین مربعات					درجه آزادی	منابع تغییرات
<i>n</i> -Tridecane	Bicyclgermacrene	$\gamma$ -Terpinene				
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	
۷/۳۴±۱/۱۵ <sup>b</sup>	۱۰/۰۱±۱/۴۳ <sup>a</sup>	۱۱/۲۲±۱/۶۲ <sup>a</sup>	Spathulenol
۴/۸۷±۰/۶۹ <sup>b</sup>	۵/۱۳±۰/۷۷ <sup>b</sup>	۱۲/۰۸±۲/۴۵ <sup>a</sup>	<i>trans</i> -Cadina-1(6),4-diene
۱۶/۴۱±۲ <sup>a</sup>	۳/۲۳±۰/۴۱ <sup>b</sup>	۰/۷۲±۰/۱۸ <sup>c</sup>	1,8-Cineole
۱/۹۸±۰/۵۱ <sup>b</sup>	۶/۱۲±۱/۱۸ <sup>a</sup>	۷/۰۶±۱/۳۴ <sup>a</sup>	Caryophyllene oxide
۲/۳۳±۰/۳۹ <sup>b</sup>	۶/۸۵±۱/۵۰ <sup>a</sup>	۵/۱۴±۰/۹۰ <sup>a</sup>	$\alpha$ -Vetivone
۰/۶۵±۰/۳۸ <sup>b</sup>	۵/۸۴±۰/۹۷ <sup>a</sup>	۷/۱۱±۱/۶۱ <sup>a</sup>	Nootkatin
۸/۹۶±۰/۷۸ <sup>a</sup>	۳/۸۱±۰/۶۰ <sup>b</sup>	۰/۲۳±۰/۱۵ <sup>c</sup>	Hexadecanoic acid
۱/۱۵±۰/۳۲ <sup>c</sup>	۵/۲۸±۰/۶۸ <sup>b</sup>	۶/۳۴±۰/۷۲ <sup>a</sup>	$\gamma$ -Murolene
۲/۰۳±۰/۵۸ <sup>b</sup>	۴/۹۳±۱/۱۱ <sup>a</sup>	۴/۷۵±۰/۹۱ <sup>a</sup>	Khusinol
۴/۶۱±۰/۵۴ <sup>a</sup>	۴/۵۳±۰/۵۶ <sup>a</sup>	۰/۳۰±۰/۱۴ <sup>b</sup>	9,12,15-Octadecatrienal
۰/۵۵±۰/۰۸ <sup>c</sup>	۲/۷۹±۰/۹۰ <sup>b</sup>	۴/۹۷±۱/۱۷ <sup>a</sup>	( <i>E</i> )- $\beta$ -Santalol
۴/۹۵±۱/۲۹ <sup>a</sup>	۱/۸۷±۰/۶۲ <sup>b</sup>	۱/۰۴±۰/۲۸ <sup>b</sup>	7-Hydroxy Coumarin
۳/۰۱±۰/۷۷ <sup>a</sup>	۳/۷۷±۰/۹۲ <sup>a</sup>	۰/۹۱±۰/۳۷ <sup>b</sup>	<i>n</i> -Heneicosane
۰/۸۳±۰/۲۲ <sup>c</sup>	۲/۱۱±۰/۴۰ <sup>b</sup>	۴/۶۸±۰/۷۶ <sup>a</sup>	Germacrone
۰/۸۶±۰/۲۱ <sup>b</sup>	۱/۳۲±۰/۴۸ <sup>b</sup>	۴/۳۰±۰/۹۴ <sup>a</sup>	7- <i>epi</i> - $\alpha$ -Eudesmol
۴/۰۵±۰/۷۶ <sup>a</sup>	۱/۱۰±۰/۰۱ <sup>b</sup>	۰/۸۱±۰/۳۲ <sup>b</sup>	$\gamma$ -Terpinene
۰/۲۳±۰/۰۹ <sup>b</sup>	۱±۰/۲۱ <sup>b</sup>	۴/۲۵±۱ <sup>a</sup>	Bicyclogermacrene
۴/۰۱±۰/۸۰ <sup>a</sup>	۱/۱۲±۰/۳۳ <sup>b</sup>	۰/۱۵±۰/۰۱ <sup>c</sup>	<i>n</i> -Tridecane

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

الکتریکی (۱/۳ ds/m)، 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  
 پتاسیم (۳۰۷/۶ 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 فیزیکوشیمیایی خاک در  
 سه منطقه کوه پیغمبر، کوه ابر و پرور تفاوت معنی‌داری را  
 بین هدایت الکتریکی، ماده آلی، فسفر، پتاسیم، آهک،  
 رطوبت اشباع، ماسه و سیلت در سطح ۰/۱ 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 فیزیکوشیمیایی خاک سه منطقه

میانگین مربعات						درجه آزادی	منابع تغییرات
پتاسیم	فسفر	نیتروژن	ماده آلی	هدایت الکتریکی	اسیدیته		
۱۰۴۷۶/۵۱۷***	۱۴۵/۲۶۷***	۰/۰۰۳***	۱/۱۶۰***	۱/۱۶۰***	۰/۱۹۵**	۲	رویشگاه
۲۲/۸۵۷	۰/۱۴۵	۰/۰۰۰	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۱۲	خطا
میانگین مربعات						درجه آزادی	منابع تغییرات
رس	سیلت	ماسه	رطوبت اشباع	آهک	اسیدیته		
۶/۶۶۷*	۳۲۰/۰۰۰***	۴۰۶/۶۷۰***	۲۱۵/۵۵۲***	۳۱۰/۶۰۰***	۰/۱۹۵**	۲	رویشگاه
۱/۸۳۳	۲/۸۳۳	۷/۵۰۰	۷/۲۷۵	۰/۶۹۰	۰/۰۰۲	۱۲	خطا

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

جدول ۸: مقایسه میانگین پارامترهای فیزیوشیمیایی خاک سه منطقه

پارامترهای فیزیوشیمیایی	مناطق		
	کوه پینمبر	کوه ابر	برور
اسیدیته	۷/۵۴±۰/۰۵ <sup>b</sup>	۷/۴۰±۰/۰۳ <sup>c</sup>	۷/۷۹±۰/۰۴ <sup>a</sup>
هدایت الکتریکی (ds/m)	۱/۳۰±۰/۰۵ <sup>a</sup>	۰/۴۹±۰/۰۳ <sup>b</sup>	۰/۴۷±۰/۰۲ <sup>b</sup>
ماده آلی (/)	۲/۵۰±۰/۰۶ <sup>a</sup>	۲/۱۷±۰/۰۵ <sup>b</sup>	۱/۵۸±۰/۰۵ <sup>c</sup>
نیتروژن (/)	۰/۱۴±۰/۰۲ <sup>a</sup>	۰/۱۲±۰/۰۲ <sup>ab</sup>	۰/۰۹±۰/۰۱ <sup>bc</sup>
فسفر (mg/L)	۱۶/۶۰±۰/۴۵ <sup>a</sup>	۱۳±۰/۳۲ <sup>b</sup>	۶±۰/۳۵ <sup>c</sup>
پتاسیم (mg/L)	۲۱۷/۵۰±۳/۵۱ <sup>c</sup>	۲۷۶/۶۰±۴/۱۹ <sup>b</sup>	۳۰۷/۶۰±۶/۲۱ <sup>a</sup>
آهک (/)	۲/۵۵±۰/۳۳ <sup>c</sup>	۴/۶۳±۰/۴۱ <sup>b</sup>	۱۷/۱۲±۱/۳۴ <sup>a</sup>
رطوبت اشباع (/)	۱۸/۷۲±۲/۱۸ <sup>c</sup>	۲۶/۷۰±۲/۵۰ <sup>b</sup>	۳۱/۷۵±۳/۲۸ <sup>a</sup>
ماسه (/)	۷۲±۳/۱۶ <sup>a</sup>	۶۲±۱/۵۸ <sup>b</sup>	۵۴±۳/۱۶ <sup>c</sup>
سیلت (/)	۱۸±۱/۵۸ <sup>c</sup>	۲۶±۱/۸۷ <sup>b</sup>	۳۴±۱/۵۸ <sup>a</sup>
رس (/)	۱۰±۱/۵۸ <sup>b</sup>	۱۲±۰/۷۱ <sup>a</sup>	۱۲±۰/۵۸ <sup>a</sup>

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

بتا-سانتالول، جرماکرون، ۷-اپی-آلفا-اودسمول، بیسیکلوجرماکرن، ترانس-کادینا-۱(۶)، ۴-دی‌ان و اسپاتولنول همبستگی مثبت معنی‌داری مشاهده شد. به عبارتی، با افزایش ارتفاع گیاه، قطر و سطح تاج‌پوشش، زی‌توده و سطح برگ، مقادیر این ترکیب‌های اسانس نیز افزایش یافته بود. در حالی که صفات رویشی با ۸،۱- سینئول، هگزادکانوئیک اسید، ۹، ۱۲، ۱۵-اکتادکانترینال، ۷- هیدروکسی کومارین، گاما-تریپنین و ان-تری‌دکان همبستگی منفی معنی‌داری را نشان دادند.

در میان عوامل اقلیمی و توپوگرافی، ارتفاع از سطح دریا، بارندگی سالانه، حداکثر دمای گرمترین ماه و دمای سالانه، و در بین عوامل آدافیکی، ماده آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم و آهک بیشترین همبستگی معنی‌دار را با صفات مورفولوژیکی و ترکیب‌های اسانس *H. oxyodontus* نشان دادند. همچنین، سطح برگ و ارتفاع گیاه، ۸،۱-سینئول، نوتکاتین، هگزادکانوئیک اسید، گاما-مورولن، ترانس-بتا-سانتالول، جرماکرون و ان-تری‌دکان بیشترین همبستگی معنی‌داری با عوامل محیطی داشتند (جدول ۹). بین صفات رویشی و کاربوفیلن اکسید، نوتکاتین، گاما-مورولن، ترانس-

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

	هدایت الکتریکی	اسیدیته	حداقل دمای مطلق	حداکثر دمای مطلق	حداقل دمای سردترین ماه	حداکثر دمای گرمترین ماه	دمای سالانه	بارندگی سالانه	ارتفاع از سطح دریا
Plant height	**۰/۷۴۷	۰/۳۹۱-	**۰/۷۴۴	*۰/۵۱۶	۰/۴۸۵	*۰/۶۳۶	**۰/۶۷۶	**۰/۷۰۴-	**۰/۸۱۷-
Canopy diameter	*۰/۵۸۵	۰/۴۷۲-	۰/۴۸۵	*۰/۵۳۴	۰/۲۷۵	*۰/۵۶۳	۰/۴۶۱	**۰/۷۴۹-	**۰/۶۹۶-
Canopy cover	*۰/۶۰۴	۰/۴۵۲-	۰/۴۹۲	*۰/۵۲۸	۰/۲۶۰	*۰/۵۵۷	۰/۴۷۹	**۰/۷۵۰-	**۰/۶۹۸-
Leaf area	**۰/۶۸۳	**۰/۷۶۴-	۰/۴۵۳	*۰/۵۹۳	*۰/۶۳۹	**۰/۸۴۷	**۰/۶۴۴	**۰/۹۲۷-	**۰/۹۴۲-
Biomass	۰/۴۹۵	*۰/۵۳۷-	۰/۴۴۳	*۰/۵۴۶	۰/۴۷۲	*۰/۵۱۸	*۰/۶۱۹	*۰/۶۳۰-	**۰/۷۰۵-
Spathulenol	*۰/۶۱۳	**۰/۶۵۴	*۰/۶۳۴	*۰/۵۹۳	*۰/۵۱۸	*۰/۵۲۹	**۰/۸۴۴	**۰/۶۷۸-	**۰/۷۱۹-
trans-Cadina-1(6),4-diene	**۰/۹۰۰	۰/۱۴۸-	*۰/۵۸۲	*۰/۵۹۰	*۰/۵۵۹	*۰/۷۴۲	*۰/۵۷۱	**۰/۷۷۷-	**۰/۸۴۷-
1,8-Cineole	*۰/۶۲۶-	**۰/۸۵۰	**۰/۷۶۵-	**۰/۶۶۹-	**۰/۶۷۳-	**۰/۶۷۵-	**۰/۷۶۲-	**۰/۸۸۴	**۰/۹۰۵
Caryophyllene oxide	*۰/۶۱۱	**۰/۸۰۹-	*۰/۶۳۴	*۰/۶۳۴	*۰/۵۶۰	*۰/۷۰۸	**۰/۶۹۷	**۰/۸۴۸-	**۰/۸۲۹-
Nootkatin	*۰/۶۵۱	**۰/۷۸۲-	**۰/۷۴۶	**۰/۶۴۱	**۰/۷۴۷	**۰/۶۴۲	**۰/۶۹۷	**۰/۸۷۷-	**۰/۸۳۴-
α-Vetivone	۰/۱۶۷	**۰/۸۶۳-	*۰/۵۵۱	*۰/۵۹۲	*۰/۶۹۹	۰/۳۰۵	*۰/۵۳۶	*۰/۵۲۷-	*۰/۵۵۲-
Hexadecanoic acid	**۰/۸۱۴-	**۰/۶۷۰	**۰/۸۰۱-	**۰/۶۷۵-	**۰/۶۸۶-	**۰/۷۷۵-	**۰/۷۵۳-	**۰/۹۵۵	**۰/۹۶۹

ادامه جدول ۹

هدایت الکتریکی	اسیدیتته	حداقل دمای مطلق	حداکثر دمای مطلق	حداقل دمای سردترین ماه	حداکثر دمای گرمترین ماه	دمای سالانه	بارندگی	ارتفاع از سطح دریا
**./۶۶۴	**./۸۰۸-	**./۷۱۴	*./۵۹۸	**./۶۵۶	**./۶۶۶	**./۷۸۱	**./۸۷۴-	**./۸۸۴-
۰/۳۹۰	**./۷۵۴-	**./۶۳۱	**./۷۲۹	**./۷۴۵	*./۵۵۸	۰/۴۷۳	**./۶۹۷-	**./۷۱۳-
**./۹۸۷-	۰/۱۳۹	**./۶۶۱-	*./۵۵۰-	۰/۴۶۱-	**./۷۳۰-	*./۵۷۸-	**./۸۴۹	**./۸۴۳
**./۷۸۹	*./۵۳۲-	**./۷۵۸	**./۷۲۰	**./۶۶۳	**./۷۹۲	*./۵۷۶	**./۹۱۵-	**./۹۳۴-
۰/۴۵۲-	**./۷۷۵	**./۷۲۰-	**./۶۰۹-	*./۵۳۵-	*./۶۱۵-	**./۸۳۹-	**./۷۸۹	**./۸۶۳
**./۸۳۴-	۰/۰۷۴-	*./۵۲۷-	۰/۰۳۵-	۰/۱۲۵-	**./۷۳۲-	*./۵۳۵-	**./۶۴۹	**./۶۴۵
**./۹۱۳	۰/۴۶۶-	**./۷۴۱	**./۶۰۹	**۶۶۴	**./۷۸۸	**./۶۷۵	**./۹۳۸-	**./۹۳۸-
**./۹۴۵	۰/۲۹۴-	**./۷۰۳	*./۵۵۵	۰/۳۸۰	**./۶۶۳	**./۷۷۲	**./۸۳۶-	**./۸۳۹-
۰/۶۶۱-	**./۸۴۱	**./۶۶۸-	*./۵۲۷-	**./۶۵۹-	**./۷۶۱-	*./۵۴۳-	**./۸۸۹	**./۸۶۴
**./۹۶۰	۰/۳۲۴-	**./۷۳۷	*./۵۵۷	۰/۴۹۴	**./۶۸۶	**./۷۲۳	**./۸۸۸-	**./۸۶۲-

ادامه جدول ۹

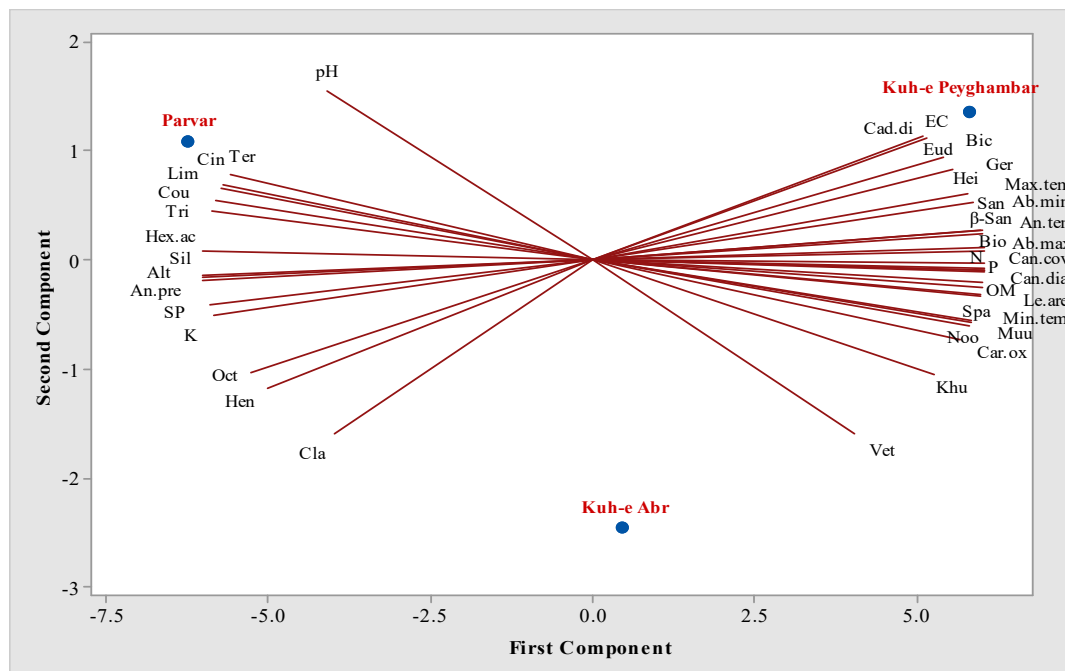
رس	سیلت	ماسه	رطوبت اشباع	آهک	پتاسیم	فسفر	نیتروژن	ماده آلی
۰/۴۱۹-	**./۸۱۳-	**./۷۸۵	**./۵۱۸-	**./۶۴۱-	**./۸۰۲-	*./۵۱۸	**./۶۶۴	**./۷۵۴
*./۵۵۸-	**./۷۱۴-	**۷۲۷	**۶۸۹-	**./۶۷۶-	**./۶۵۳-	**./۶۹۴	*./۵۴۷	**./۶۸۱
*./۵۵۵-	**./۷۱۴-	**./۷۲۷	**./۶۸۷-	**./۶۷۳-	**./۶۶۵-	**./۶۹۵	*./۵۵۴	**./۶۸۱
*./۵۵۳-	**./۹۳۲-	**./۹۱۴	**./۸۳۳-	**./۹۳۶-	**۸۶۴-	**۹۶۳	**./۷۷۷	**./۹۴۹
۰/۴۱۱-	**./۷۰۶-	**./۶۹۱	*./۶۲۵-	**./۶۴۷-	**./۶۷۴-	**./۶۷۴	*./۶۲۱	**./۶۷۴
۲۷۶-	**./۷۷۸-	**./۷۲۷	*./۵۲۷-	**./۷۹۴-	**./۷۵۰-	**./۷۸۰	**./۸۲۷	**./۸۲۲
۰/۴۴۶-	**./۷۷۹-	**./۷۶۱	**./۸۱۹-	*./۵۸۵-	**./۸۶۰-	**./۷۳۶	*./۵۱۸	**./۷۳۸
۰/۳۶۱	**./۸۸۸	**./۸۳۹-	**./۷۸۲	**./۹۹۱	**./۸۴۹	**./۹۷۲	**./۷۲۱-	**./۹۵۸-
۰/۵۱۰-	**./۸۷۹-	**./۸۶۰	**./۶۷۲-	**۹۰۸-	**./۷۸۷-	**./۸۹۴	**./۸۲۷	**./۹۱۱
۰/۳۶۸-	**./۸۶۱-	**./۸۱۷	**./۷۲۱-	**./۹۴۱-	**./۸۳۱-	**./۹۱۳	**./۷۳۵	**./۹۱۵
۰/۰۸۳-	*./۵۳۰-	*./۴۷۴	۰/۴۳۵-	**./۷۷۵-	۰/۴۳۷-	**./۶۵۴	*./۵۵۷	*۶۲۹
۰/۴۴۱	**./۹۵۵	**./۹۱۱-	**./۸۷۰	**./۹۵۳	**./۹۵۱	**./۹۸۲-	**./۷۵۶-	**./۹۸۲-
۰/۳۵۱-	**./۹۰۹-	**./۸۵۵	**./۷۳۵-	**./۹۷۶-	**./۸۴۶-	**./۹۵۰	**./۸۰۶	**./۹۶۵
۰/۱۱۶-	۰/۴۱۹-	۰/۴۸۳	۰/۶۵۵-	**./۸۳۴-	**./۶۲۹-	**./۸۰۲	*./۵۶۰	**./۷۵۴
*./۵۶۳	**./۸۳۶	**./۸۳۴-	**./۸۵۳	۰/۵۹۹	**./۹۱۰	**./۷۴۳-	*./۵۹۱-	**./۷۵۹-
*./۱۴۵۴-	**./۸۸۴-	**./۸۵۳	**./۹۳۳-	**./۸۳۶-	**./۸۹۳-	**./۹۱۳	*./۵۸۳	**./۸۸۱
۰/۲۷۰	**./۸۲۴	**./۷۶۵-	**./۶۷۳	**./۹۳۴	**./۸۱۹	**./۹۱۸-	**./۷۲۰-	**./۹۱۶-
**./۶۸۳	*./۶۳۶	**./۶۸۵-	**./۶۰۹	۰/۳۱۸	**./۶۹۳	*./۵۳۵-	*./۵۲۷-	*./۵۲۸-
*./۵۶۰-	**./۹۱۲-	**./۸۹۸	**./۸۹۱-	**./۷۸۸-	**./۹۵۷-	**./۸۹۴	*./۶۱۶	**./۹۰۰
*./۶۰۵-	**./۸۵۸۵-	**./۸۶۰	**./۷۳۵-	**./۶۷۱-	**./۹۲۳-	**./۷۷۴	**./۷۳۷	**./۸۰۸
*۴۹۴	**./۸۸۲	**./۸۶۰-	**./۸۰۰	**./۹۳۷	**./۷۶۴	**./۹۲۰-	**./۷۰۹-	**./۹۰۱-
*./۵۸۱-	**./۸۷۶	**./۸۷۲	**./۷۹۵-	**./۷۱۲-	**./۹۵۰-	**./۸۱۲	**./۶۹۴	**./۸۳۱

\*\* معنی‌داری در سطح ۱ درصد؛ \* معنی‌داری در سطح ۵ درصد

آلی بیشترین تأثیر را بر مقادیر اجزای اسانس ترانس-کادینا-(۶)، ۴-دی‌ان، ۷-پی-آلفا-اودسمول، بیسیکلوجرماکرن، جرماکرون، ترانس-بتا-سانتالول، کاربوفیلین اکسید، اسپاتولونول، گاما-مورولن و نوتکاتین، و صفات مورفولوژیکی در کوه پیغمبر داشتند. مقادیر ۹، ۱۲، ۱۵-آکتادکاترینال و ان-هنیکوزان 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 اشباع، سیلت، پتاسیم، آهک و اسیدیتته بیشترین تأثیر را بر مقادیر هگزادکانوئیک اسید، ان-تری‌دکان، ۷-هیدروکسی کومارین، ۸، ۱-سینئول و گاما-ترپینین در منطقه پرور داشتند (شکل ۲). همچنین، دمای سالانه، حداکثر دمای گرمترین ماه، حداقل دمای سردترین ماه، حداکثر و حداقل 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 oxydontus*

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.area= 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*- $\alpha$ -Eudesmol, Ger= Germacrene, Hen= *n*-Heneicosane, Hex.ac= Hexadecanoic acid, Khu= Khusinol, Muu=  $\gamma$ -Murolene, Noo= Nootkatin, Oct= 9,12,15-Octadecatrienal, Spa= Spathulenol, Ter=  $\gamma$ -Terpinene, Tri= *n*-Tridecane, Vet=  $\alpha$ -Vetivone,  $\beta$ -San= (*E*)- $\beta$ -Santalol

کیلومترمربع و محدوده حضور آن در استان (EEO) 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 به‌عنوان گیاه دارویی باعث تخریب جمعیت‌های این گونه و رویشگاه‌های آن شده است. با توجه به اینکه سطح تحت اشغال این گونه در جمعیت‌های مطالعه‌شده (A00) ۴



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

### بحث و نتیجه گیری

محدوده ارتفاعی انتشار گونه *H. oxyodontus* ۲۲۵۰-۱۳۰۰ 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 مورفولوژیکی 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 تاج پوشش، سطح تاج پوشش، سطح برگ و زی توده به ترتیب ۳۵/۴ سانتی‌متر، ۶۹/۲ سانتی‌متر، ۹/۴ درصد، ۲/۳ سانتی‌متر مربع و ۱۳۵/۱ گرم است، در حالی که در منطقه پرور به‌عنوان مرتفع‌ترین منطقه بررسی شده، مقادیر این صفات به ترتیب ۲۵/۴ سانتی‌متر، ۵۵/۹ سانتی‌متر، ۶/۲ درصد، ۱ سانتی‌متر مربع و ۱۱۷/۲ گرم می‌باشد. بنابراین، با افزایش ارتفاع از سطح دریا، مقادیر صفات مورفولوژیکی بوته‌های *H. oxyodontus* کاهش یافته است. برطبق نتایج همبستگی نیز مشاهده شد که بین ارتفاع از سطح دریا و ارتفاع گیاه، قطر و سطح تاج پوشش، سطح برگ و زی توده همبستگی منفی معنی‌دار وجود دارد. نمودار رسته‌بندی تحلیل مؤلفه‌های اصلی نیز نقش محدودکنندگی ارتفاع از سطح دریا را بر صفات مورفولوژیکی این گونه تأیید می‌کند.

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

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

بررسی تأثیر ارتفاع از سطح دریا بر مقادیر اجزای اسانس گونه *H. oxyodontus* نشان داد که از میان این ترکیب‌ها، ۸،۱-سینئول، هگزادکانوئیک اسید، ۷-هیدروکسی کومارین، ۱۵،۱۲،۹-اکتادکانترینال، گاما-تریپنین، ان-تری‌دکان و ان-هنیکوزان با ارتفاع از سطح دریا همبستگی مثبت معنی‌داری دارند. این ترکیب‌ها در منطقه پرور بیشترین مقادیر اجزای اسانس را به خود اختصاص دادند. در مقابل، ترانس-کادینا-۱(۶)، ۴-دی‌ان، اسپاتونول، کاریوفیلن اکسید، نوتکاتین، آلفا-وتیون، گاما-مورولن، خوسینول، ترانس-بتا-سانتالول، جرماکرون، ۷-اپی-آلفا-اودسمول و بیسیکلوجرماکرن با ارتفاع از سطح دریا همبستگی منفی معنی‌داری داشتند. این ترکیب‌ها در کوه

ضد آترواسکلروز (۱۹)، ضد آندروژن (۳۵)، و ضد سرطان (۵۳) است. همچنین ۷-هیدروکسی کومارین نیز دارای فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی (۱۸ و ۴۰) و ضد سرطانی (۳۶) و ۱۵،۱۲،۹-اکتاداکاترینال (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(۶)، ۴-دی‌ان، اسپاتونول، کاریوفیلین اکسید، نوتکاتین، گاما-مورولن، ترانس-بتا-سانتالول، خوسینول، جرماکرون، ۷-اپی-آلفا-اودسمول و بیسیکلوجرماکرن 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 ۸،۱-سینئول، هگزادکانوئیک اسید، ۷-هیدروکسی کومارین، ۱۵،۱۲،۹-اکتاداکاترینال، گاما-ترپینن، ان-تری‌دکان و ان-هنیکوزان با پارامترهای دمایی همبستگی منفی معنی‌دار و با بارندگی سالانه همبستگی مثبت معنی‌داری داشتند. به همین دلیل در نمودار PCA موقعیت مکانی این ترکیب‌ها در نزدیکی منطقه پرور قرار دارد.

بین پارامترهای فیزیوشیمیایی خاک، شامل ماده آلی، نیتروژن، فسفر، ماسه و هدایت الکتریکی با ارتفاع گیاه، قطر و سطح تاج‌پوشش، سطح برگ و زی‌توده *H. oxyodontus* همبستگی مثبت معنی‌دار و با پتاسیم، آهن، 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، آهن، رطوبت اشباع، سیلت و رس در اطراف منطقه پرور قرار دارد. همچنین بین پارامترهای فیزیوشیمیایی خاک شامل پتاسیم، آهن، رطوبت اشباع و سیلت با مواد مؤثره ۸،۱-سینئول، هگزادکانوئیک اسید، ۷-هیدروکسی کومارین، ۱۵،۱۲،۹-اکتاداکاترینال، گاما-ترپینن، ان-تری‌دکان و ان-هنیکوزان

پیغمبر بیشترین مقادیر اجزای اسانس را تشکیل داده‌اند. به‌طورکلی 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 می‌یابند. گیاهان دائماً با این عوامل محیطی خارجی به‌سرعت در حال تغییر و بالقوه آسیب‌رسان تعامل دارند و استراتژی‌های دفاعی پیچیده‌ای را به‌عنوان ابزاری برای غلبه بر شرایط تنش، 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 مونوترپن‌ها و کاهش نسبی سزکویی‌ترپن‌ها، مقادیر ترکیب‌های شیمیایی همچون هگزادکانوئیک اسید، ۷-هیدروکسی کومارین و ۱۵،۱۲،۹-اکتاداکاترینال افزایش یافته است. در مجموع، ترپن‌های اکسیژن‌دار تقریباً تغییری پیدا نکرده است، اما ترپن‌های هیدروکربنی کاهش زیادی داشته است. یافته‌های به‌دست آمده از سایر گونه‌ها نشانگر همبستگی مثبت ارتفاع از سطح دریا با ترپن‌های اکسیژنه و همبستگی منفی با ترپن‌های هیدروکربنی است (۵۸ و ۵۹) که با نتایج این تحقیق تا حدودی همسو هستند. بسیاری از اسانس‌ها دارای خواص آنتی‌اکسیدانی هستند و با توجه به قدرت آنتی‌اکسیدانی بالاتر ترپن‌های اکسیژنه (۸)، اسانس گونه *H. oxyodontus* با توجه به مقادیر تقریباً مشابه این ترکیب‌ها در سه منطقه بررسی‌شده از کیفیت یکسانی برخوردار است. اما به‌دلیل اینکه اسانس این گونه در مناطق مرتفع‌تر دارای سایر ترکیب‌های شیمیایی با خواص درمانی بالاتر است، بنابراین اسانس منطقه پرور نسبت به دو منطقه کم‌ارتفاع‌تر از کیفیت بالاتری برخوردار است. در منطقه پرور، میزان هگزادکانوئیک اسید حدود ۹ درصد اسانس این گونه را تشکیل می‌دهد. این ترکیب در گونه *H. calycinus* واقع در منطقه بلده نور نیز با افزایش ارتفاع از سطح دریا افزایش قابل‌توجهی داشت. به‌طوری که در ارتفاع ۱۱۰۰ متر، ۲۵/۳ درصد و در ارتفاع ۱۹۵۰، ۴۲/۵ درصد ترکیب‌های اسانس 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،

همبستگی مثبت معنی‌داری وجود دارد. به‌علاوه ماده آلی، نیتروژن، فسفر، ماسه و هدایت الکتریکی نیز با مواد مؤثره ترانس-کادینا-۱(۶)، ۴-دی‌ان، اسپاتولنول، کاربوفیلین اکسید، نوتکتاین، گاما-مورولن، ترانس-بتا-سانتالول، خوسینول، جرماکرون، ۷-پی-آلفا-اودسمول و بیسیکلوجرماکرن همبستگی مثبت معنی‌داری را نشان دادند.

در پژوهشی مشابه تأثیر پارامترهای اقلیمی، توپوگرافی و اداپتیکی بر صفات مورفولوژیکی و ترکیب‌های اسانس ۱۳ جمعیت *Achillea eriophora* در استان کرمان بررسی شد (۲۱). نتایج نشان داد که این خصوصیات و ترکیب‌ها به‌طور متفاوتی تحت تأثیر عوامل اکولوژیکی قرار می‌گیرند. در این مطالعه همسو با پژوهش حاضر، اجزای اصلی ترکیب‌های اسانس به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر بارندگی، دما، اسیدیته، 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 به‌رغم دامنه ارتفاعی زیاد جمعیت‌های بررسی‌شده (۲۷۰۰-۱۷۰۰ متر)، همبستگی معنی‌داری بین ارتفاع از سطح دریا و اجزای اصلی ترکیب‌های اسانس مشاهده نشد. در بررسی تأثیر ارتفاع و عوامل اداپتیکی 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، ۸۰۱-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 اسانس گونه‌های *Salvia* دریافتند که این عوامل باعث افزایش مقادیر آلفا و بتا-توجن، کامفور و کاربوفیلین شده است، اما مقادیر ۸۰۱-سینئول برحسب نوع گونه افزایش و یا کاهش داشته است (۳۲). این نتایج با یافته‌های پژوهش حاضر تاحدودی همسو است. بنابراین عکس‌العمل گیاه برای افزایش یا کاهش ترکیب‌های اسانس در مقابل عوامل محیطی متفاوت است و بیوسنتز و میزان هر ترکیب تابع

مجموعه‌ای از عوامل مختلف قرار دارد. به‌طور کلی، مشخص شد که تنوع در ترکیب اسانس عمدتاً تحت تأثیر تنوع ژنتیکی فردی و شرایط محیطی، همچون عوامل اقلیمی، عرض جغرافیایی، ارتفاع، خاک، تنش و غیره قرار دارد. برخی از پژوهشگران علاوه بر موارد یادشده، تنوع بین بخش‌های مختلف گیاه و مراحل مختلف رشد آنها را نیز به‌عنوان عوامل مؤثر در ترکیب اسانس 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 (۲۷ و ۵۴).

به‌طور کلی، یافته‌ها نشان داد که افزایش ارتفاع از سطح دریا تغییراتی را در خصوصیات عملکردی (مورفولوژی و فیتوشیمی) گیاه *Hymenocrater oxyodontus* ایجاد کرده است. به‌طوری که با افزایش ارتفاع، مقادیر صفات مورفولوژیکی این گونه کاهش یافته است. لذا به‌منظور بهره‌برداری اقتصادی از گونه *H. oxyodontus* جهت برنامه‌های توسعه‌ای در عرصه‌های طبیعی تخریب‌یافته یا اراضی کم‌بازده می‌توان این گونه را برای مناطق کم‌ارتفاع کوهستانی و استپ‌ها توصیه نمود. با وجود تشابه نسبی مواد مؤثره اصلی در اسانس این گونه، اما درصد اجزای اسانس در سه منطقه بررسی‌شده 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 ترپن‌های اکسیژنه و سایر ترکیب‌های شیمیایی با خواص درمانی بالاتر این گونه بودند که گویای اهمیت رویشگاه‌های مرتفع به لحاظ محتوای اسانس و مواد مؤثره با خواص آنتی‌اکسیدانی بالاتر برای این گیاه است. این نتایج می‌تواند برای استحصال اسانس *H. oxyodontus* از رویشگاه‌های طبیعی، یا برای کشت تجاری این گیاه با هدف استخراج ترکیب‌های ثانویه موجود در اسانس 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.

#### 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-Sammarae, 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 *Smyrniium 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 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 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. Yanuwadi & 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 micromelum minutum 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 obtusirena* and *Nepeta*

- asterotricha* three Labiatae 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 Labiatae herbs growing wild in Iran. Journal of Essential Oil Research, 21(6): 515-518.
  39. Mehalaine, S. & H. Chenchouni, 2019. Effect of climatic factors on essential oil accumulation in two Lamiaceae species from Algerian semiarid lands. In: Chenchouni, 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 Haghighi, 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: Labiatae, pp. 239-250. Graz: Akademische Druck-u. Verlagsanstalt.
  52. Sabet Teimouri, M., A. Kocheiki & M. Nasueu Mahallati, 2016. Studing 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. Nejadshattari & 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. Cerfedda, 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. Tsiftoglou, 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.