

The effect of some environmental factors on morphological traits and essential oil compounds of the endemic species *Dracocephalum ghahremanii* Jamzad in Iran

Younes Asri^{1*} and Mina Rabie²

1*- Corresponding author, Botany Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran, E-mail: asri@rifr-ac.ir

2- Department of Natural Resources and Environmental Engineering, University of Payame Noor, Tehran, Iran

Received: September 2023

Revised: August 2023

Accepted: April 2023

Abstract

Background and objectives: In different ecosystems, factors such as altitude, rainfall, temperature, lighting, humidity, and soil nutrients are essential variables that affect the metabolism and accumulation of secondary metabolites. Therefore, it is vital to know the factors affecting the active substances of medicinal plants. Therefore, researchers try to increase the production of effective substances by different methods. We can mention the research conducted in the field of the effect of ecological factors on the essential oil compounds of different populations of *Nepeta crispa*, *Salvia sharifii*, *Satureja rechingeri* and *Stachys pilifera*. This study investigated the relationship between climatic, topographical, and edaphic parameters as necessary factors that influence the morphological traits and essential oil compounds of the medicinal endemic species *Dracocephalum ghahremanii* Jamzad.

Methodology: Three habitats of *D. ghahremanii* were selected in Semnan province with different environmental conditions, and 15 plots of 4 m² were established by systematic random method. In each plot, the plant height, canopy diameter, cover, biomass and leaf area of the studied species were measured. Flowering branches were collected from natural habitats with three replications, and essential oils were extracted using a hydrodistillation method using a Clevenger apparatus. GC-FID and GC/MS identified the essential oil compounds. Five soil samples were randomly taken from inside the plots in each habitat, and some soil physicochemical parameters, including pH, EC, OM, N, P, K, lime and soil texture, were measured. Analysis of variance and comparison of data mean was done using SPSS software. The most important environmental factors affecting morphological traits and essential oil compounds were determined using the correlation analysis method in SPSS software and the principal component analysis (PCA) method in Minitab software. The conservation status of this species was determined using the IUCN method and based on the criteria of EOO and AOO using GeoCAT software, as well as data related to population size and habitat quality.

Results: Comparing the average morphological traits of *D. ghahremanii* showed that the highest and lowest values of morphological traits are related to the Tash region with an altitude of 3043 meters and Tang Kavard with an altitude of 2032 meters, respectively. Variance analysis of morphological traits also showed a significant difference between the plants of the three regions in terms of leaf area at the level of 1% and in terms of plant height, canopy diameter, canopy cover and biomass at the level of 5%. The analysis of *D. ghahremanii* essential oil showed that its chemical composition differs in three regions. In Tang Kavard region, (*E*)- β -Farnesene, *trans*-Cadinane-1(6),4-diene and (*E*)-Caryophyllene, in Dibaj region, (*E*)- β -Farnesene, *trans*-Cadinane-1(6),4-diene and Caryophyllene oxide, and Tash region, Caryophyllene oxide, α -Vetivone and Carvone hydrate were identified as dominant compounds. Analysis of the variance of common essential oil compounds of this species also showed a significant difference between the averages of these compounds at 0.1%. Physicochemical parameters of *D. ghahremanii* habitats had significant differences. Variance analysis of the values of these parameters showed that there is a significant difference between the three



regions in terms of OM, N, P, K, lime, sand and silt at the level of 0.1%, pH at the level of 1% and EC and clay at the level of 5%. Correlation between the characteristics of this species with some environmental factors showed that altitude, annual precipitation, annual temperature, minimum temperature of the coldest month, maximum temperature of the hottest month, lime, OM, N, P, sand and silt have the most significant correlation with morphological characteristics and essential oil compounds. Considering that the area occupied by this species in the studied populations (AOO) is 0.750 km² and its presence area in the province (EOO) is 691.046 km², its conservation status in Iran was determined as Critically Endangered (CR).

Conclusion: As a general conclusion, the increase in altitude has increased the functional characteristics (morphology and phytochemistry) of *D. ghahremanii*. Despite the relative similarity of the dominant compounds in the essential oil of this species, the composition of the essential oil (percentage of major and minor components) was different in the three investigated regions. Among the environmental parameters, altitude, annual precipitation, OM, N, P, K and silt were the most critical factors affecting the morphological traits and the percentage of oxygenated terpenes, which can indicate the importance of high altitude habitats in terms of essential oil content and compounds with higher antioxidant properties for this plant. Based on these findings, the maximum temperature of the hottest month, the minimum temperature of the coldest month, and the absolute minimum temperature of lime and sand were the most important parameters affecting the percentage of hydrocarbon terpenes. These results can be significant for extracting *D. ghahremanii* essential oil from natural habitats or commercially cultivating this plant to extract the secondary compounds in its essential oil.

Keywords: Medicinal plant, conservation status, climatic parameters, functional ecology.

تأثیر برخی عوامل محیطی بر صفات مورفولوژیکی و ترکیب‌های اسانس گونه انحصاری *Dracocephalum ghahremanii* Jamzad در ایران

یونس عصری^{۱*} و مینا ربیعی^۲

۱- نویسنده مسئول، دانشیار، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

پست الکترونیک: asri@rifr-ac.ir

۲- دانشیار، گروه منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: شهریور ۱۴۰۲

تاریخ اصلاح نهایی: مرداد ۱۴۰۲

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۴۰۲

چکیده

سابقه و هدف: در اکوسیستم‌های مختلف عواملی مانند ارتفاع، بارندگی، دما، روشنایی، رطوبت و عناصر غذایی خاک به‌عنوان متغیرهای مهم بر متابولیسم و تجمع متابولیت‌های ثانویه تأثیر می‌گذارند. بنابراین شناخت عوامل تأثیرگذار بر مواد مؤثره گیاهان دارویی حائز اهمیت است. بر این اساس پژوهشگران در تلاش هستند تا با ارائه روش‌های مختلف، تولید مواد مؤثره را افزایش دهند. از جمله می‌توان به تحقیقات انجام شده در زمینه تأثیر عوامل اکولوژیکی بر ترکیب‌های اسانس جمعیت‌های مختلف *Salvia sharifii*، *Nepeta crispa*، *Satureja rechingeri* و *Stachys pilifera* اشاره کرد. در این پژوهش رابطه بین پارامترهای اقلیمی، توپوگرافی و اداپتیکی به‌عنوان عوامل مهم و اثرگذار بر صفات مورفولوژیکی و ترکیب‌های اسانس گونه اندمیک دارویی *Dracocephalum ghahremanii* Jamzad بررسی شد.

مواد و روش‌ها: سه رویشگاه *D. ghahremanii* در استان سمنان با شرایط محیطی مختلف انتخاب شد و در هر یک ۱۵ پلات ۴ مترمربعی به روش تصادفی سیستماتیک مستقر گردید. در هر پلات ارتفاع گیاه، قطر تاج‌پوشش، سطح تاج‌پوشش، زی‌توده و سطح برگ گونه مورد بررسی اندازه‌گیری شد. سرشاخه‌های گلدار با سه تکرار از رویشگاه‌های طبیعی جمع‌آوری و با دستگاه کلونجر به روش تقطیر با آب اسانس‌گیری گردید. 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 برخی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک شامل واکنش خاک، هدایت الکتریکی، ماده آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهنک 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 این گونه با استفاده از روش IUCN و براساس معیارهای میزان حضور (EOO) و سطح تحت اشغال (AOO) با استفاده از نرم‌افزار GeoCAT و داده‌های مربوط به اندازه جمعیت و کیفیت رویشگاه تعیین شد.

نتایج: مقایسه میانگین صفات مورفولوژیکی *D. ghahremanii* نشان داد که بیشترین و کمترین مقادیر صفات مورفولوژیکی به‌ترتیب به منطقه تاش با ارتفاع ۳۰۴۳ متر و منطقه تنگ کاورد با ارتفاع ۲۰۳۲ متر مربوط است. تجزیه واریانس مقادیر صفات مورفولوژیکی نیز نشان داد که بین گیاهان سه منطقه از نظر سطح برگ در سطح ۱٪ و از نظر ارتفاع گیاه، قطر تاج‌پوشش، سطح تاج‌پوشش و زی‌توده در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری وجود دارد. تجزیه اسانس گونه *D. ghahremanii* نشان داد که ترکیب شیمیایی آن در سه منطقه دارای اختلاف است. در منطقه تنگ کاورد، سیس-بتا-فارنسن، ترانس-کادینا-(۶)۱، ۴-دی‌ان و بتا-کاروفیلین، در منطقه دیاج، سیس-بتا-فارنسن، ترانس-کادینا-(۶)۱، ۴-دی‌ان و کاروفیلین اکسید و در منطقه تاش، کاروفیلین اکسید، آلفا-توبون و کارون هیدرات به‌عنوان ترکیب‌های اصلی شناسایی شدند. تجزیه واریانس ترکیب‌های اسانس مشترک رویشگاه‌های این گونه نیز نشان داد که بین میانگین این ترکیب‌ها در سطح ۱٪ اختلاف معنی‌داری وجود دارد. پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک رویشگاه‌های *D. ghahremanii* اختلافات محسوسی داشتند. تجزیه واریانس مقادیر این پارامترها نشان داد که بین سه منطقه از نظر ماده آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهنک، ماسه و سیلت در سطح ۱٪، اسیدیته در سطح ۱٪ و هدایت الکتریکی و رس

در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری وجود دارد. همبستگی بین خصوصیات این گونه با برخی از عوامل محیطی نشان داد که ارتفاع از سطح دریا، بارندگی سالانه، دمای سالانه، حداقل دمای سردترین ماه، حداکثر دمای گرمترین ماه، آهک، ماده آلی، نیتروژن، فسفر، ماسه و سیلت بیشترین همبستگی معنی‌دار را با صفات مورفولوژیک و ترکیب‌های اسانس دارند. با توجه به اینکه سطح تحت اشغال این گونه در جمعیت‌های مطالعه‌شده AOO 750/0 کیلومتر مربع و محدوده حضور آن در استان EOO 046/691 کیلومتر مربع است، جایگاه حفاظتی آن در ایران در بحران انقراض (CR) تعیین گردید.

نتیجه‌گیری: به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی، می‌توان چنین بیان کرد که افزایش ارتفاع باعث افزایش خصوصیات عملکردی (مورفولوژی و فیتوشیمی) گیاه *D. ghahremanii* شده است. با وجود تشابه نسبی ترکیب‌های اصلی در اسانس این گونه، ترکیب اسانس (درصد اجزاء اصلی و جزئی) در سه منطقه بررسی‌شده متفاوت بود. در بین پارامترهای محیطی، ارتفاع از سطح دریا، بارندگی سالانه، ماده آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم و سیلت مهمترین عوامل مؤثر بر صفات مورفولوژیک و درصد ترین‌های اکسیژن‌دار این گونه بودند که می‌تواند گویای اهمیت رویشگاه‌های مرتفع به لحاظ محتوای اسانس و ترکیب‌هایی با خواص آنتی‌اکسیدانی بالاتر برای این گیاه باشد. براساس این یافته‌ها، حداکثر دمای گرمترین ماه، حداقل دمای سردترین ماه، حداقل دمای مطلق، آهک و ماسه نیز مهمترین پارامترهای مؤثر بر درصد ترین‌های هیدروکربنی بودند. این نتایج برای استحصال اسانس *D. ghahremanii* از رویشگاه‌های طبیعی، یا برای کشت تجاری این گیاه با هدف استخراج ترکیب‌های ثانویه موجود در اسانس آن می‌تواند حائز اهمیت باشد.

واژه‌های کلیدی: گیاه دارویی، جایگاه حفاظتی، فاکتورهای اقلیمی، اکولوژی عملکردی.

مقدمه

طبق گزارش اتحادیه بین‌المللی حفاظت از طبیعت و صندوق جهانی حیات وحش، بین ۵۰۰۰۰ تا ۸۰۰۰۰ گونه گیاهی گلدار در سراسر جهان برای اهداف دارویی استفاده می‌شود. در این میان، حدود ۱۵۰۰۰ گونه در معرض خطر انقراض ناشی از برداشت بی‌رویه و تخریب زیستگاه هستند (Bentley, 2010). حفاظت و استفاده پایدار از گیاهان دارویی به‌طور گسترده مطالعه شده است (Larsen & Olsen, 2007) و مجموعه‌های مختلفی از توصیه‌ها در رابطه با حفاظت از آنها، از جمله پایش وضعیت گونه‌ها و شیوه‌های حفاظت هماهنگ براساس راهبردهایی در محل (in situ) و خارج از محل (ex situ) ارائه شده است (Hamilton, 2004).

خواص گیاهان دارویی، عمدتاً به متابولیت‌های ثانویه آنها نسبت داده می‌شود. متابولیت‌های ثانویه گیاهی نه تنها مجموعه‌ای مفید از محصولات طبیعی، بلکه بخش مهمی از سیستم دفاعی گیاه در برابر حملات بیماری‌زا و تنش‌های محیطی هستند. متابولیت‌های ثانویه گیاهی به‌عنوان ترکیب‌های دارویی و افزودنی‌های غذایی برای اهداف درمانی، آشپزی و عطرها استفاده می‌شوند. عوامل مختلف

ژنتیکی، انتونژنیکی، مورفوزنتیکی و محیطی بر بیوسنتز و تجمع متابولیت‌های ثانویه تأثیر می‌گذارند (Jamloki et al., 2021). در واقع، سنتز و تجمع ترکیب‌های فیتوشیمیایی به‌شدت به شرایط محیطی بستگی دارد. در بیشتر گیاهان، عوامل یا متغیرهای خارجی (نور، دما، حاصلخیزی، شوری و رطوبت خاک و غیره) به‌طور قابل توجهی بر برخی از فرایندهای مرتبط با رشد و نمو و حتی توانایی آنها در سنتز متابولیت‌های ثانویه تأثیر می‌گذارند. به عبارت دیگر، متابولیت‌های ثانویه گیاهی به‌تدریج در پاسخ به تنش‌های محیطی تولید می‌شوند، از این رو متابولیسم ثانویه گیاه به‌عنوان رفتار گیاهی در نظر گرفته می‌شود که تا حدی توانایی سازگاری و بقاء در پاسخ به محرک‌های محیطی در طول حیاتش است (Metlen et al., 2009). از آنجایی که گیاهان به‌عنوان داروهای گیاهی دارای ترکیب‌های شیمیایی پیچیده و متغیری هستند، نوع و مقدار متابولیت‌های ثانویه و اثرهای زیستی آنها بیشتر تابع شرایط محیطی است (Yang et al., 2018).

در اکوسیستم‌های مختلف عواملی مانند ارتفاع از سطح دریا، بارندگی، دما، روشنایی، رطوبت و عناصر غذایی خاک به‌عنوان متغیرهای مهم بر متابولیسم و تجمع متابولیت‌های

D. moldavica L.، (خراسان)، *D. lindbergii* Rech.f. (کاشته شده)، *D. multicaule* Montbr. & Auch. (آذربایجان)، *D. polychaetum* Bornm. (کرمان)، *D. subcapitatum* (O. Kuntze) Lipsky (خراسان)، *D. surmandinum* Rech.f. (چهارمحال و بختیاری، کهگیلویه و بویراحمد) و *D. thymiflorum* L. (آذربایجان، تهران، سمنان، گیلان و مازندران). چهار گونه *D. polychaetum*، *D. kotschyi*، *D. ghahremanii* و *D. surmandinum* انحصاری (Endemic) ایران هستند. اعضای این جنس گیاهان علفی چندساله یا بوته‌ای هستند، بجز *D. thymiflorum* و *D. moldavica* که یک‌ساله می‌باشند. برگ‌ها به شکل‌های تخم‌مرغی - مثلثی، تخم‌مرغی - مستطیلی و مستطیلی - سرنیزه‌ای دیده می‌شوند. گل‌آذین با چرخه‌های نزدیک به هم، سنبله مانند و یا کپه انتهایی است. کاسه گل لوله‌ای یا لوله‌ای - استکانی، با ۱۵-۱۰ رگه؛ لبه بالایی دارای سه دندانه و لبه پایینی دو دندانه است. جام گل به رنگ‌های قرمز ارغوانی، آبی - بنفش، سفید، کرم و لیمویی؛ دارای دو لبه، لبه بالایی راست یا کمی خمیده و دارای بریدگی عمیق و لبه پایینی دارای سه لوب است. فندقه مستطیلی، در انتها دارای زائده غشایی و در سطح صاف است (Jamzad, 2012).

تاکنون در زمینه تأثیر عوامل اکولوژیک بر روی ترکیب‌های اسانس گونه‌های مختلف *Dracocephalum* مطالعه‌ای انجام نشده است و بیشتر مطالعات به شناسایی ترکیب‌های اسانس آنها اختصاص دارد. پریل‌آلدهید، لیمون، ساینین، ترانس-کاروتول، ترپینن-۴-آل، آلفا-ترپینئول، کارون، پارا-سیمن، گاما-ترپینن، لینالول، نرال، ژرانیول، ژرانیال، میرسن، سیس-ورینول، سیس-لینالول‌اکسید و ورینول به‌عنوان اجزای اصلی جنس *Dracocephalum* شناخته شده‌اند (Zeng et al., 2010; Farimani et al., 2017). اجزای اصلی ترکیب‌های اسانس گونه *D. kotschyi* براساس بیشترین تعداد حضور در مقالات مربوط به ترتیب عبارت‌اند از: لیمون (۶۲۳-۶٪)، آلفا-پینن (۱۲/۶-۶/۵٪)، ژرانیال (۱۴/۱-۴/۳٪)، ژرانیول (۱۵/۳-۱/۴٪)، نرال

ثانویه تأثیر می‌گذارند (Liu et al., 2016). 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. با توجه به اینکه عوامل محیطی موجب تغییراتی در رشد گیاهان و مواد مؤثره آنها (مانند آلکالوئیدها، گلیکوزیدها، استروئیدها و روغن‌های فرار یا اسانس) می‌شوند، بنابراین زمانی گیاهان دارویی از نظر اقتصادی مقرون به صرفه هستند که محتوای متابولیت‌های اولیه و ثانویه آنها در حد مطلوبی باشد (Mohammadian et al., 2014).

شناخت گیاهان دارویی انحصاری هر کشور و تعیین شرایط بهینه رشد و بازدهی بیشتر اسانس آنها می‌تواند برای بهره‌برداری پایدار این گیاهان نقش مهمی ایفاء کند. برخی از این گیاهان از نظر تأثیر عوامل اکولوژیک بر نوع و میزان ترکیب‌های اسانس در جمعیت‌های مختلف مطالعه شده‌اند. از جمله تحقیقات انجام شده در مورد گونه‌های تیره نعنا می‌توان به (Maksimović et al., *Salvia brachyodon*, 2007) *Nepeta crispa* و *N. menthoides* (Mojab et al., 2009) *Thymus algeriensis*، (Zouari et al., 2012) *Thymus species*، (Jamali et al., 2012) *Origanum satureja rechingeri* (Alizadeh, 2015) *Thymus compactum* (Aboukhalid et al., 2017) *Thymus daenensis* subsp. *daenensis* (Khorshidi et al., 2019) *Stachys pilifera*، (Jahantab et al., 2021) *Salvia sharifii* (Yavari, 2022) و *Satureja pilosa* و *S. kitaibelii* (Zheljzakov et al., 2022) اشاره کرد.

جنس *Dracocephalum* L. از تیره نعنا (Lamiaceae) است که در جهان ۸۲ و در ایران ۱۰ گونه دارد (Hassler, 2004-2023). این گونه‌ها عبارت‌اند از: *D. aucheri* Boiss. (تهران، سمنان و مازندران)، *D. ghahremanii* Jamzad (سمنان)، *D. kotschyi* Boiss. (آذربایجان، اصفهان، تهران، چهارمحال و بختیاری، خراسان، سمنان، کهگیلویه و بویراحمد، گلستان، گیلان، لرستان و مازندران)،

مؤثره گونه‌های دارویی، در این تحقیق تلاش گردید نقش این عوامل در این گونه بررسی شود. گونه *D. ghahremanii* جمعیت‌های بسیار پراکنده‌ای عمدتاً در مناطق مرتفع استان سمنان دارد. برای این منظور، در سه رویشگاهی که از نظر پارامترهای محیطی تفاوت قابل توجهی داشتند، نمونه‌برداری انجام شد و پس از آنالیز داده‌ها، رویشگاهی با شرایط بهینه رشد و ترکیب‌های مؤثره معرفی شد.

مواد و روش‌ها

انتخاب مناطق نمونه‌برداری

بهمنظور انتخاب رویشگاه‌های مورد مطالعه، مناطق انتشار *Dracocephalum ghahremanii* Jamzad (شکل ۱) در استان سمنان براساس فلور ایران (Jamzad, 2012) و تجربیات شخصی و اطلاعات افراد محلی 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. برای این منظور، ابتدا به‌طور تصادفی مسیری به‌عنوان خط پایه تعیین شد. سپس روی این خط، نقاط شروع با فواصل مساوی انتخاب و خطوط ترانسکت عمود بر آن از محل این نقاط رسم شد. روی هر ترانسکت تعداد ۵ پلات به‌طور تصادفی با استفاده از اعداد تصادفی قرار گرفت. ابعاد پلات برای این گیاه بوته‌ای ۴ مترمربع تعیین شد.

سیس-آلفا-برگاموتن (۴۳-۲۴/۴٪)، متیل ژرانیل (۹/۱۴-۴/۲٪)، وربنون (۶/۴۵-۴/۲۱٪)، بتا-اوسیمین (۶/۸-۸/۶٪)، کارواکرول (۶/۱۴-۳/۸٪)، ژرانیل استات (۴/۱۴-۶/۸٪)، پرپیل‌آلدهید (۶/۲۶-۷/۹٪)، ترینن-۴-آل (۷/۵-۵/۱٪)، ترانس-وربنول (۷/۱-۴/۵٪) و آلفا-تریپینول (۸/۸-۴/۲٪) (Yaghmai & Taffazoli, 1988; Golshani et al., 2004; Javidnia et al., 2005; Monsef-Morteza-Semnani & Saedi, 2005; Fattahi-Esfahani et al., 2007; Saeidnia et al., 2007; Ashrafi et al., 2013; Golparvar et al., 2016; et al., 2017; Mirzania & Sonboli, 2019; Sonboli et al., 2021; Arvin & Firouzeh, 2022; Taghizadeh et al., 2023). در گونه *D. aucheri*، ساینین (۲/۵۵٪)، جرماکرون (۹/۹٪) و آلفا-توجن (۵/۵٪) به‌عنوان ترکیب‌های اصلی شناسایی شد (Ahmadi & Mirza, 2001). پرپیل‌آلدهید (۷/۵۶٪)، لیمونن (۱/۱۳٪) و پارا-متا-۱ (۷/۱)، ۸ (۱۰)-دی‌ان-۹-آل (۹/۱۰٪) به‌عنوان ترکیب‌های اصلی *D. polychaetum* گزارش شدند (Taghizadeh et al., 2022). از اسانس *D. surmandinum*، پرپیل‌آلدهید (۳/۵۴٪) و لیمونن (۱/۳۰٪) به‌عنوان ترکیب‌های اصلی تعیین شدند (Sonboli et al., 2010). ژرانیل (۴/۶۳٪)، لیمونن (۴/۲۳٪)، پارا-متا-۱-ان-۹-آل (۴/۴٪) و ترانس-کاریوفیلین (۳/۴٪) نیز به‌عنوان اجزای اصلی اسانس *D. subcapitatum* معرفی شدند (Nezhadali et al., 2010). در رابطه با شناسایی ترکیب‌های اسانس گونه *D. ghahremanii* تاکنون مطالعه‌ای انجام نشده است. با توجه به تأثیر عوامل محیطی بر صفات مورفولوژیک و مواد

جدول ۱- مشخصات مناطق نمونه‌برداری گونه *Dracocephalum ghahremanii*

Table 1. Sampling sites characteristics of *Dracocephalum ghahremanii*

Sampling site	Longitude (E)	Latitude (N)	Altitude (m)
Shahmirzad, Tange Kavard	53° 28' 39"	36° 02' 37"	2032
Damghan, Dibaj	54° 14' 42"	36° 27' 30"	2490
Kuh-e Shahvar, Tash	54° 43' 24"	36° 35' 44"	3043

اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک

در هر پلات ارتفاع گیاه، قطر تاج پوشش، سطح تاج پوشش، زی توده و سطح برگ هر یک از افراد این گونه تعیین شد. ارتفاع گیاهان و دو قطر عمود برهم تاج آنها با استفاده از متر نواری اندازه‌گیری و برای تعیین سطح تاج پوشش گیاهان از رابطه مساحت دایره استفاده شد. به منظور اندازه‌گیری زی توده گیاهان، بخش هوایی آنها در داخل پلات‌ها قطع شد و پس از انتقال به آزمایشگاه، خشک و توزین گردید. سطح برگ گیاهان نیز با استفاده از دستگاه سنجش سطح برگ GateHouse مدل 4cht Aok با دقت ۰/۰۱ سانتی‌متر مربع با نرم‌افزار

WinDias 2.0 اندازه‌گیری شد.

برای تهیه نمونه هرباریومی، اندام هوایی *D. ghahremanii* در مرحله گلدهی در تیرماه ۱۴۰۱ از سه منطقه شه‌میرزاد (تنگ کاورد)، دامغان (دیباچ) و کوه شاهوار (تاش) جمع‌آوری شد (شکل ۱). نمونه‌های هرباریومی با کدهای ۱۰۹۹۹۰، ۱۰۹۹۹۱ و ۱۰۹۹۹۲ در هرباریوم مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور (TARI) نگهداری می‌شوند.



شکل ۱- گونه *Dracocephalum ghahremanii* Jamzad در رویشگاه طبیعی

Figure 1. *Dracocephalum ghahremanii* Jamzad in natural habitat

استخراج و شناسایی اجزای اسانس

به منظور تعیین ترکیب‌های شیمیایی اسانس *D. ghahremanii* در رویشگاه‌های مختلف، سرشاخه‌های گلدار جمع‌آوری شد. نمونه‌ها پس از خشک شدن، آسیاب شده و به مدت سه ساعت با دستگاه کلونجر به روش تقطیر با آب اسانس‌گیری و بعد با استفاده از سولفات سدیم خشک آب‌گیری گردید. اسانس‌ها تا زمان تزریق به دستگاه‌های GC و GC/MS در شیشه‌های دربسته در دمای ۴ درجه

سانتی‌گراد نگهداری شدند. شناسایی ترکیب‌ها با استفاده از شاخص بازداری، مطالعه طیف‌های جرمی و مقایسه با ترکیب‌های استاندارد و استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای (Adams, 2017) انجام شد.

مشخصات دستگاه‌های GC و GC/MS

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

برحسب درصد، بافت خاک به روش هیدرومتری، آهک به روش حجم‌سنجی با اسید کلریدریک برحسب درصد، فسفر قابل جذب به روش آسون، پتاسیم قابل جذب به روش عصاره‌گیری با استات آمونیم، نیتروژن کل به روش کج‌دال و ماده آلی به روش والکی - بلاک اندازه‌گیری شد.

تجزیه و 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 اسانس با استفاده از روش آنالیز همبستگی در نرم‌افزار SPSS ver. 26 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٪ بود.

جایگاه حفاظتی گونه

جایگاه حفاظتی *D. ghahremanii* با استفاده از روش اتحادیه جهانی حفاظت از طبیعت (IUCN, 2022) تعیین شد. معیارهای اتحادیه جهانی حفاظت از طبیعت، از جمله میزان حضور (Eoo: Extent of Occurrence) و سطح تحت اشغال (Aoo: Area of Occupancy) با استفاده از نرم‌افزار GeoCAT و براساس مختصات جغرافیایی نقاط پراکنش این گونه تعیین گردید. سپس با استفاده از این اطلاعات و داده‌های مربوط به اندازه جمعیت و کیفیت رویشگاه و با استناد به شیوه‌نامه IUCN، در زمینه جایگاه حفاظتی گونه *D. ghahremanii* براساس شاخص‌های این اتحادیه تصمیم‌گیری شد.

نتایج

تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی گونه *D. ghahremanii* در رویشگاه‌های مورد مطالعه نشان داد که به لحاظ سطح برگ در سطح ۱٪ و ارتفاع گیاه، قطر

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 ترانسفرلین 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 فیزیکی و شیمیایی خاک

در هر رویشگاه، نمونه‌های خاک توسط متد نمونه‌برداری چرخشی از عمق توسعه ریشه این گونه (حدود ۳۰ سانتی‌متر) برداشت شد و مهمترین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک شامل واکنش خاک، هدایت الکتریکی، ماده آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهک و بافت خاک اندازه‌گیری گردید. واکنش خاک به وسیله pH متر الکتروود شیشه‌ای، هدایت الکتریکی با هدایت‌سنج الکتریکی برحسب دسی‌زیمنس بر متر، درصد اشباع با استفاده از گل اشباع

سطح تاج پوشش، سطح برگ و زی توده مربوط به رویشگاه تاش بود (جدول ۳).

تاج پوشش، سطح تاج پوشش و زی توده در سطح ۵٪ تفاوت معنی داری وجود داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین ها نشان داد که در سه رویشگاه بیشترین مقادیر ارتفاع گیاه، قطر و

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر رویشگاه بر صفات مورفولوژیکی *Dracocephalum ghahremanii*

Table 2. ANOVA of habitat effects on morphological traits in *Dracocephalum ghahremanii*

S.O.V.	d.f.	M.S.				
		Height	Canopy diameter	Canopy cover	Leaf area	Biomass
Habitat	2	9.317*	45.171*	0.772*	0.047**	51.461*
Experimental error	42	1.801	9.102	0.177	0.003	8.986
C.V. (%)		16.2	11.8	24.9	18.8	12.4

* and **: significant at 5 and 1% probability levels, respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر رویشگاه بر صفات مورفولوژیکی *Dracocephalum ghahremanii*

Table 3. Means comparison of habitat effects on morphological traits in *Dracocephalum ghahremanii*

Trait	Habitat		
	Tange Kavard	Dibaj	Tash
Height (cm)	9.0±1.9 ^b	10.7±1.0 ^{ab}	11.6±0.7 ^a
Canopy diameter (cm)	29.2±1.7 ^b	31.9±2.1 ^{ab}	35.2±4.5 ^a
Canopy cover (%)	1.7±0.2 ^b	2.0±0.3 ^{ab}	2.5±0.6 ^a
Leaf area (cm ²)	0.4±0.1	0.5±0.1 ^a	0.6±0.1 ^a
Biomass (g)	27.8±2.6 ^b	31.6±2.6 ^{ab}	34.2±3.6 ^a

In each column, means with common letters are in the same statistical group at 5% probability level (LSD test).

۱۰/۲ و ۶/۱ درصد به عنوان ترکیب های اصلی شناسایی شدند.

بخش عمده ترکیب های اسانس در مناطق تنگ کاورد و دیباج به سزکویی ترین های هیدروکربنی مربوط بود، در حالی که در منطقه تاش سزکویی ترین های اکسیژن دار و مونوترین های اکسیژن دار بیشترین مقادیر را به خود اختصاص دادند (شکل ۲).

تجزیه اسانس گونه *D. ghahremanii* نشان داد که ترکیب شیمیایی آن در مناطق مختلف متفاوت است (جدول ۴). در تنگ کاورد، ترانس-بتا-فارنسن، ترانس-کادینا-۴-دی ان و ترانس-کاریوفیلین به ترتیب با ۲۶/۹، ۱۵/۳ و ۱۱ درصد، در منطقه دیباج، ترانس-بتا-فارنسن، ترانس-کادینا-۱(۶)، ۴-دی ان و کاریوفیلین اکسید به ترتیب با ۲۷/۱، ۱۶/۳ و ۱۱/۲ درصد و در منطقه تاش، کاریوفیلین اکسید، آلفا-وتیون و کارون هیدرات به ترتیب با ۱۶/۲،

جدول ۴- ترکیب‌های اساسی *Dracocephalum ghahremanii* در رویشگاه‌های مختلفTable 4. Essential oil compounds of *Dracocephalum ghahremanii* in different habitats

No.	Compound	RI	Compound group	Tange Kavard	Dibaj	Tash
1	α -pinene	940	MH	0.8	-	0.7
2	β -pinene	982	MH	1	-	0.7
3	cis-sabinene hydrate	1077	OM	-	-	1
4	linalool	1101	OM	-	-	0.6
5	n-nonanal	1106	AO	-	-	0.7
6	α -campholenal	1126	OM	-	-	0.5
7	trans-pinocarveol	1141	OM	-	-	2.6
8	trans-verbenol	1144	OM	-	-	0.7
9	isoborneol	1158	OM	-	-	0.5
10	terpinen-4-ol	1171	OM	-	-	4.3
11	myrtenal	1204	OM	-	-	5.8
12	carvone	1243	OM	-	-	0.7
13	bornyl acetate	1289	OM	-	-	3.3
14	p-menth-1-en-9-ol	1294	OM	-	-	0.9
15	thymol	1299	OM	1.1	0.6	1.4
16	carvacrol	1303	OM	1.4	0.6	1.3
17	methyl geranate	1329	OM	-	0.2	1.3
18	eugenol	1357	Ar	0.9	-	-
19	(Z)- β -damascenone	1365	SH	-	0.7	-
20	β -bourbonene	1372	SH	3.4	1.8	2.1
21	methyl eugenol	1407	Ar	-	0.6	0.5
22	(E)-caryophyllene	1427	SH	11	4.3	4.3
23	carvone hydrate	1434	OM	1.1	3.7	6.1
24	dictamnol	1437	OS	-	-	1.6
25	α Himachalene	1451	SH	3.8	0.9	0.6
26	geranyl acetone	1457	OM	1.2	-	0.9
27	(E)- β -farnesene	1458	SH	26.9	27.1	1.5
28	cis-cadina-1(6),4-diene	1468	SH	0.6	-	-
29	trans-cadina-1(6),4-diene	1481	SH	15.3	16.3	5.1
30	(E)- β -ionone	1489	OS	0.9	-	1.2
31	β -selinene	1501	SH	1.4	1.1	1.1
32	germacrene A	1519	SH	4.1	0.9	1.6
33	trans-calamenene	1540	SH	-	1.4	-
34	cis-calamenene	1550	SH	-	2.81	0.85
35	germacrene B	1557	SH	3.8	0.7	0.1
36	spathulenol	1572	OS	2	4.8	5.3
37	caryophyllene oxide	1576	OS	2.8	11.2	16.2
38	β -himachalene oxide	1612	OS	1.6	-	-
39	dillapiole	1618	OS	-	3	-
40	1-epi-cubenol	1623	OS	-	-	1.2

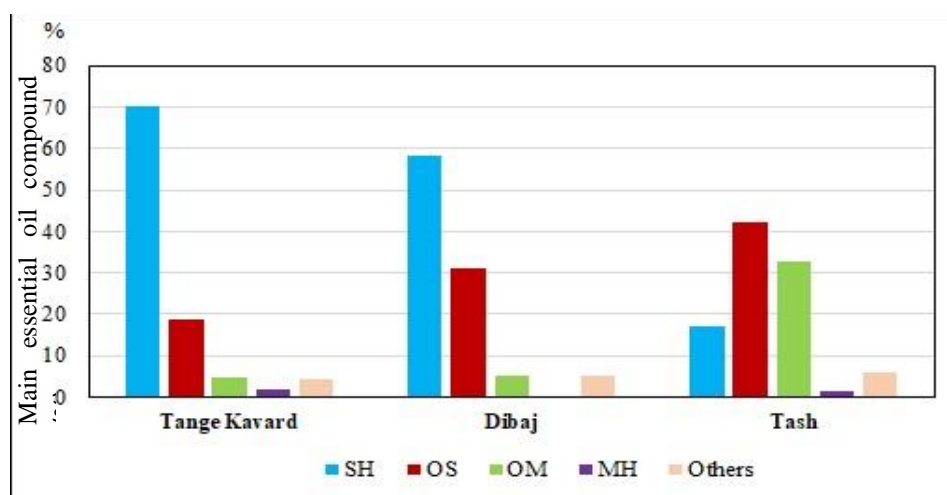
RI: Retention index, MH: Monoterpene Hydrocarbons, OM: Oxygenated Monoterpenes, SH: Sesquiterpene Hydrocarbons, OS: Oxygenated Sesquiterpenes, AO: Oxygenated aliphatics, Ar: Aromatic compounds, Fa: Fatty acids, Es: Esters

ادامه جدول ۴ - ...

Continued Table 4. ...

No.	Compound	RI	Compound group	Tange Kavard	Dibaj	Tash
40	1-epi-cubenol	1623	OS	-	-	1.2
41	(E)-sesquilandulol	1630	OS	0.2	1.1	4.3
42	α -cadinol	1654	OS	1	-	1.8
43	intermedeol	1662	OS	0.7	2.4	-
44	khusinol	1678	OS	0.6	2	-
45	germacrone	1691	OS	-	0.91	-
46	n-heptadecane	1697	AH	1.9	-	-
47	α -vetivone	1845	OS	4.4	4	10.2
48	(Z,Z)-farnesyl acetone	1865	OS	-	1.8	-
49	n-nonadecane	1902	AH	-	0.2	-
50	hexadecanoic acid	1954	Fa	0.6	2	-
51	nootkatinol	2083	OS	2.4	-	-
52	methyl octadecanoate	2121	Es	2.7	2.5	5.6
Total				99.7	99.6	99.5
Monoterpene hydrocarbons (MH %)				1.7	0	1.4
Oxygenated monoterpenes (OM %)				4.9	5.1	32.7
Sesquiterpene hydrocarbons (SH %)				70.3	58.1	17.3
Oxygenated sesquiterpenes (OS %)				18.6	31.2	42
Others (%)				4.1	5.2	6.1

RI: Retention index, MH: Monoterpene Hydrocarbons, OM: Oxygenated Monoterpenes, SH: Sesquiterpene Hydrocarbons, OS: Oxygenated Sesquiterpenes, AO: Oxygenated aliphatics, Ar: Aromatic compounds, Fa: Fatty acids, Es: Esters



شکل ۲- محتوی گروه‌های اصلی ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس *Dracocephalum ghahremanii* در رویشگاه‌های مختلف

Figure 2. Main essential oil compound groups content of *Dracocephalum ghahremanii* in different habitats
MH= Monoterpene Hydrocarbons, OM= Oxygenated Monoterpenes, SH= Sesquiterpene Hydrocarbons,
OS= Oxygenated Sesquiterpenes

آلفا-هیماچالن و جرماکرن B بیشترین مقادیر را در رویشگاه تنگ کاورد، ترانس-بتا-فانسن و ترانس-کادینا-۱(۶)، ۴-دیان در رویشگاه دیباج و آلفا-وتیون، اسپاتولنول، کارون هیدرات، متیل اکتادکانوات و ترانس-سزکوئی لاواندولول در رویشگاه تاش به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۶).

تجزیه واریانس اجزای اساس مشترک *D. ghahremanii* در رویشگاه‌های مورد مطالعه نشان داد که بین میانگین این مواد مؤثره در سطح ۱/۰٪ تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۵). مقایسه میانگین‌های مواد مؤثره مشترک در سه رویشگاه حکایت از آن دارد که ترانس-کاریوفیلن، بتا-بوربونن، جرماکرن A،

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر رویشگاه بر ترکیب‌های اساس *Dracocephalum ghahremanii*

Table 5. ANOVA of habitat effects on essential oil compounds in *Dracocephalum ghahremanii*

S.O.V.	d.f.	(E)-β-Farnesene	trans-Cadina-1(6),4-diene	Caryophyllene oxide	(E)-Caryophyllene	α-Vetivone
Habitat	2	1085.587***	186.878***	228.898***	75.354***	59.841***
Experimental error	6	4.606	0.847	0.464	1.007	1.095
C.V. (%)		68	43	56.9	52.4	49.4
S.O.V.	d.f.	Methyl octadecanoate	Carvone hydrate	Spathulenol	Germacrene A	β-Bourbonene
Habitat	2	15.514***	31.602***	16.013***	13.653***	4.024***
Experimental error	6	0.464	0.262	0.682	0.310	0.241
C.V. (%)		44.9	59.7	42.1	67.8	36.8
S.O.V.	d.f.	α-Himachalene	(E)-Sesquilandulol	Germacrene B		
Habitat	2	15.429***	23.559***	19.509***		
Experimental error	6	0.348	0.192	0.332		
C.V. (%)		89.6	93.8	99.6		

** and ***: significant at 1 and 0.1% probability levels, respectively

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر رویشگاه بر ترکیب‌های اساس *Dracocephalum ghahremanii*

Table 6. Means comparison of habitat effects on essential oil compounds in *Dracocephalum ghahremanii*

Compound	Habitat		
	Tange Kavard	Dibaj	Tash
(E)-β-farnesene	26.9±2.6 ^a	27.1±2.6 ^a	1.5±0.5 ^b
trans-cadina-1(6),4-diene	15±0.8 ^a	16.3±1.1 ^a	5.1±0.8 ^b
caryophyllene oxide	2.8±0.5 ^c	11.2±0.7 ^b	16.2±0.7 ^a
(E)-caryophyllene	11±1.4 ^a	4.3±0.8 ^b	4.3±0.7 ^b
α-vetivone	4.4±0.7 ^b	4.0±0.6 ^b	10.2±1.5 ^a
spathulenol	2±0.3 ^b	4.8±0.8 ^a	5.3±1.1 ^a
carvone hydrate	1.1±0.3 ^c	3.7±0.5 ^b	6.1±0.6 ^a
methyl octadecanoate	2.7±0.7 ^b	2.5±0.6 ^b	5.6±0.8 ^a
β-bourbonene	3.4±0.6 ^a	1.8±0.4 ^b	2±0.4 ^b
germacrene A	4.1±0.8 ^a	0.9±0.3 ^b	1.6±0.5 ^b
(E)-sesquilandulol	0.2±0.1 ^c	1.1±0.1 ^b	4.3±0.7 ^a
α-himachalene	3.8±1 ^a	0.9±0.3 ^b	0.6±0.1 ^b
germacrene B	3.8±1 ^a	0.7±0.2 ^b	0.1±0 ^b

In each column, means with common letters are in the same statistical group at 5% probability level (LSD test).

رویشگاه تاش اسیدی‌تر و درصد شن و مقادیر هدایت الکتریکی و آهک آن از سایر رویشگاه‌ها بیشتر بود (جدول ۸). ضمن اینکه درصد ماده آلی، نیتروژن، سیلت و رس و مقادیر فسفر و پتاسیم در رویشگاه تاش بیشتر از دو رویشگاه دیگر است.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک وجود تفاوت معنی‌داری بین ماده آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهک، ماسه و سیلت در سطح ۰/۱٪، اسیدیته در سطح ۱٪ و هدایت الکتریکی و رس در سطح ۵٪ در سه رویشگاه تنگ کورد، دیباج و تاش را نشان داد (جدول ۷). مقایسه میانگین‌ها نشان داد خاک

جدول ۷- تجزیه واریانس پارامترهای فیزیکوشیمیایی خاک رویشگاه‌های *Dracocephalum ghahremanii*

Table 7. ANOVA of soil physicochemical parameters in *Dracocephalum ghahremanii* habitats

S.O.V.	d.f.	M.S.				
		pH	EC	OM	N	P
Habitat	2	0.033**	0.005*	11.526***	4.196***	1.948***
Experimental error	12	0.004	0.001	0.003	0.004	0.010
C.V. (%)		1.2	7.5	57.2	80.1	14.9

S.O.V.	d.f.	M.S.				
		K	Lime	Sand	Silt	Clay
Habitat	2	24726.317***	865.193***	526.337***	371.667***	15.000*
Experimental error	12	23.242	7.330	3.833	4.333	4.500
C.V. (%)		33.6	39.9	13.7	41.1	14.4

n.s., *, **, and ***: non-significant, significant at 5, 1, and 0.1% probability levels, respectively

جدول ۸- مقایسه میانگین پارامترهای فیزیکوشیمیایی خاک رویشگاه‌های *Dracocephalum ghahremanii*

Table 8. Means comparison of soil physicochemical parameters in *Dracocephalum ghahremanii* habitats

Soil parameter	Habitat		
	Tange Kavard	Dibaj	Tash
pH	7.6±0.1 ^a	7.5±0 ^{ab}	7.4±0.1 ^b
EC (dS.m ⁻¹)	0.6±0 ^a	0.5±0 ^a	0.5±0 ^a
OM (%)	0.5±0 ^c	2.9±0 ^b	3.3±0.1 ^a
N (%)	0.1±0 ^c	0.8±0.1 ^b	1.9±0 ^a
P (mg.L ⁻¹)	2.9±0.1 ^c	3.6±0.1 ^b	4.2±0.1 ^a
K (mg.L ⁻¹)	127.3±3.8 ^c	146.6±3.5 ^b	257.6±6.5 ^a
Lime (%)	41.1±3.3 ^a	29.6±1.8 ^b	14.9±2.7 ^c
Sand (%)	76.0±1.6 ^a	62.0±1.6 ^b	56.0±2.5 ^c
Silt (%)	9.0±2.2 ^c	20.0±2.7 ^b	26.0±0.7 ^a
Clay (%)	15.0±1.6 ^a	18.0±1.2 ^a	18.0±3.0 ^a

In each column, means with common letters are in the same statistical group at 5% probability level (LSD test).

اكتادكانوات، آلفا-وتیون، ترانس-سزکوئی لاواندولول، اسپاتولنول، کارون هیدرات و کاریوفیلن اکسید داشتند (شکل ۳). در منطقه تاش با بالاترین مقادیر عوامل محیطی یادشده، صفات مورفولوژیک و ترکیب‌های اسانس بیشترین مقادیر را به خود اختصاص دادند. همچنین، دمای سالانه، حداکثر دمای گرمترین ماه، حداقل دمای سردترین ماه، حداکثر و حداقل دمای مطلق، آهک، اسیدیته، هدایت الکتریکی و ماسه بیشترین تأثیر را بر مقادیر ترانس-بتا-فارنسن، ترانس-کادینا-۱(۶)، ۴-دی‌ان، آلفا-هیماچالن، کاریوفیلن اکسید، اسپاتولنول، آلفا-وتیون، ترانس-کاریوفیلن، بتا-بوربون، جرماکرن A و جرماکرن B داشتند. در منطقه تنگ کاورد با بالاترین مقادیر پارامترهای اکولوژیک یادشده، این ترکیب‌ها در مقایسه با سایر رویشگاه‌ها مقادیر بیشتری را به خود اختصاص دادند. مقادیر ترانس-بتا-فارنسن و ترانس-کادینا-۱(۶)، ۴-دی‌ان در دو منطقه دیباج و تنگ کاورد تقریباً مشابه هستند، از این‌رو، این ترکیب‌ها در نمودار PCA در بین این دو منطقه قرار گرفته‌اند.

برداشت‌های میدانی جمعیت‌های *D. ghahremanii* در استان سمنان نشان داد که تعداد پایه‌های بالغ و دانه‌رست آن به ترتیب ۸۳ و ۶۱ است. 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 (AOO) ۰/۷۵۰ کیلومترمربع و محدوده حضور آن در استان (EOO) ۶۹۱/۰۴۶ کیلومترمربع است (شکل ۴)، بنابراین جایگاه حفاظتی این گونه به ترتیب CR و EN و سطح حفاظتی کلی آن نیز در ایران CR (در بحران انقراض) تعیین شد.

همبستگی بین خصوصیات گیاه *D. ghahremanii* با برخی از عوامل محیطی رویشگاه‌های این گونه نشان داد که ارتفاع از سطح دریا، بارندگی سالانه، دمای سالانه، حداقل دمای سردترین ماه، حداکثر دمای گرمترین ماه، آهک، ماده آلی، نیتروژن، فسفر، ماسه و سیلت بیشترین همبستگی معنی‌دار را با صفات مورفولوژیک و ترکیب‌های اسانس دارند (جدول ۹). پس از این عوامل، حداکثر دمای گرمترین ماه، پتاسیم، حداقل دمای مطلق، اسیدیته و حداکثر دمای مطلق به ترتیب همبستگی بیشتری داشتند. کمترین همبستگی معنی‌دار به هدایت الکتریکی و رس مربوط بود.

در میان صفات مورفولوژیک اندازه‌گیری‌شده، سطح تاج‌پوشش بیشترین همبستگی معنی‌دار را با عوامل محیطی نشان داد. پس از آن، ارتفاع گیاه و سطح برگ همبستگی یکسان بیشتری را داشتند و قطر تاج‌پوشش و زی‌توده نیز با همبستگی یکسان در مرتبه بعدی قرار گرفتند (جدول ۹). همچنین، در میان ترکیب‌های اسانس این گونه، کاریوفیلن اکسید، کارون هیدرات، ترانس-کاریوفیلن، آلفا-هیماچالن و جرماکرن B همبستگی بیشتری با عوامل محیطی داشتند. پس از این ترکیب‌ها، ترانس-بتا-فارنسن، ترانس-کادینا-۱(۶)، ۴-دی‌ان، آلفا-وتیون، متیل اکتادکانوات، اسپاتولنول، ترانس-سزکوئی لاواندولول، میرتال، بورنیل استات و ترینن-۴-آل با همبستگی یکسان در مرتبه بعدی بودند. دو ترکیب بتا-بوربون و جرماکرن A کمترین همبستگی معنی‌دار را با عوامل محیطی نشان دادند (جدول ۹).

رسته‌بندی تجزیه مؤلفه‌های اصلی متغیرهای محیطی مؤثر بر صفات مورفولوژیک و ترکیب‌های اسانس این گونه نشان داد که ارتفاع از سطح دریا، بارندگی سالانه، ماده آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، سیلت و رس بیشترین تأثیر را بر مقادیر ارتفاع گیاه، قطر تاج‌پوشش، سطح تاج‌پوشش، سطح برگ، زی‌توده، میرتال، ترینن-۴-آل، بورنیل استات، متیل

جدول ۹- همبستگی پیرسون صفات مورفولوژیکی و ترکیب‌های اسانس *Dracocephalum ghahremanii* با پارامترهای محیطیTable 9. Pearson correlation between morphological traits and essential oil compounds of *Dracocephalum ghahremanii* with environmental parameters

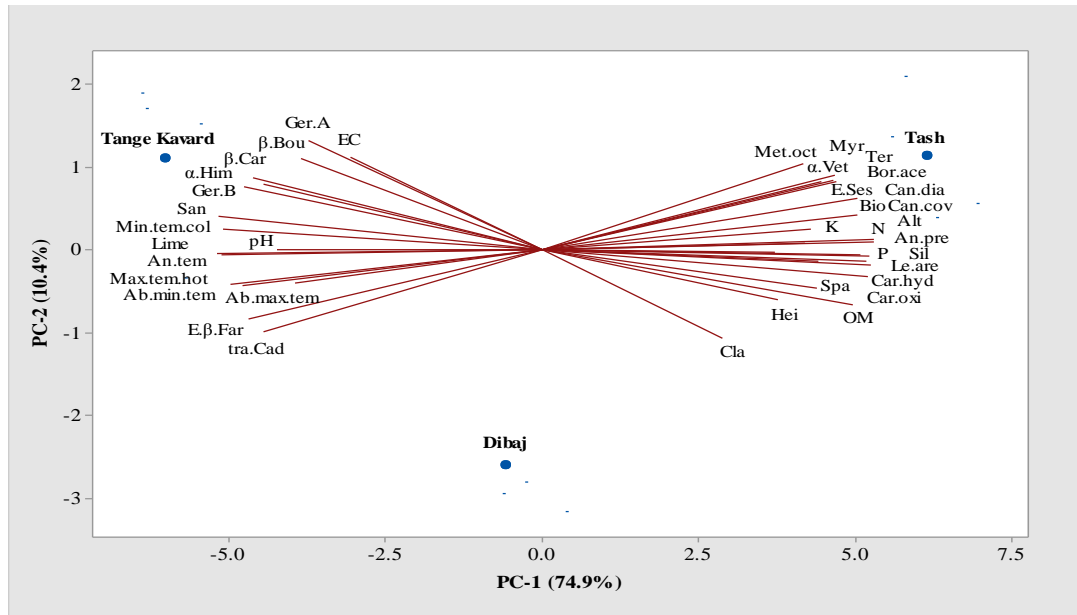
	Altitude	Annual precipitation	Annual temperature	Maximum temperature of hottest month	Minimum temperature of coldest month	Absolute maximum temperature	Absolute minimum temperature
Hieght	.705**	.616*	-.596*	-.622*	-.624*	-.583*	-.610*
Canopy diameter	.788**	.645**	-.810**	-.758**	-.800**	-.512	-.750**
Canopy cover	.765**	.709**	-.693**	-.752**	-.673**	-.731**	-.822**
Leaf.area	.824**	.855**	-.716**	-.646**	-.732**	-.732**	-.753**
Biomass	.739**	.754**	-.655**	-.569*	-.659**	-.537*	-.506
(E)-β-Farnesene	-.870**	-.818**	.836**	.913**	.739**	.706**	.857**
Caryophyllene oxide	.971**	.921**	-.921**	-.864**	-.937**	-.683**	-.803**
trans-Cadina-1(6),4-diene	-.816**	-.746**	.823**	.931**	.710**	.619*	.850**
(E)-Caryophyllene	-.793**	-.787**	.801**	.618*	.868**	.438	.577*
α-Vetivone	.810**	.770**	-.799**	-.925**	-.689**	-.684**	-.785**
Methyl octadecanoate	.802**	.755**	-.742**	-.770**	-.648**	-.696**	-.769**
Carvone hydrate	.967**	.925**	-.938**	-.904**	-.930**	-.694**	-.815**
Spathulenol	.807**	.820**	-.790**	-.648**	-.829**	-.483	-.753**
Germacrene A	-.648**	-.607*	.631*	.490	.748**	.293	.445
β-Bourbonene	-.659**	-.550*	.698**	.533*	.807**	.236	.449
α-Himachalene	-.810**	-.776**	.845**	.694**	.913**	.389	.688**
(E)-Sesquilandulol	.934**	.871**	-.900**	-.968**	-.835**	-.731**	-.851**
Germacrene B	-.860**	-.813**	.847**	.749**	.905**	.489	.740**
Myrtenal	.876**	.827**	-.821**	-.892**	-.724**	-.742**	-.898**
Terpinen-4-ol	.869**	.826**	-.807**	-.876**	-.711**	-.745**	-.899**
Bornyl acetate	.844**	.765**	-.854**	-.942**	-.759**	-.624*	-.776**

ادامه جدول ۹- ...

Continued Table 9. ...

	pH	EC	OM	N	P	K	Lime	Sand	Silt	Clay
Hieght	-.299	-.475	.700**	.708**	.680**	.601*	-.692**	-.651**	.569*	.603*
Canopy diameter	-.682**	-.348	.713**	.785**	.771**	.743**	-.802**	-.751**	.816**	.208
Canopy cover	-.715**	-.542*	.668**	.758**	.733**	.735**	-.709**	-.767**	.746**	.482
Leaf.area	-.684**	-.479	.792**	.802**	.816**	.738**	-.728**	-.829**	.811**	.505
Biomass	-.573*	-.168	.725**	.727**	.741**	.651**	-.653**	-.692**	.712**	.313
(E)-β-Farnesene	.598*	.292	-.615*	-.898**	-.827**	-.974**	.868**	.692**	-.714**	-.308
Caryophyllene oxide	-.777**	-.584*	.968**	.961**	.961**	.854**	-.945**	-.969**	.945**	.599*
trans-Cadina-1(6),4-diene	.572*	.268	-.541*	-.853**	-.774**	-.949**	.849**	.631*	-.674**	-.212
(E)-Caryophyllene	.798**	.614*	-.949**	-.765**	-.845**	-.591*	.760**	.917**	-.904**	-.538**
α-Vetivone	-.732**	-.334	.556*	.847**	.762**	.926**	-.803**	-.683**	.680**	.379
Methyl octadecanoate	-.572*	-.031	.537*	.824**	.757**	.905**	-.758**	-.600*	.682**	.073
Carvone hydrate	-.802**	-.586*	.915**	.974**	.953**	.896**	-.954**	-.949**	.915**	.617*
Spathulenol	-.582*	-.551*	.893**	.786**	.874**	.667**	-.794**	-.832**	.872**	.327
Germacrene A	.477	.713**	-.871**	-.605*	-.660**	-.389	.669**	.794**	-.718**	-.664**
β-Bourbonene	.502	.649**	-.832**	-.628*	-.659**	-.428	.709**	.792**	-.729**	-.623*
α-Himachalene	.604*	.758**	-.938**	-.792**	-.851**	-.632*	.856**	.898**	-.862**	-.594*
(E)-Sesquilandulol	-.748**	-.453	.751**	.952**	.885**	.966**	-.925**	-.835**	.816**	.510
Germacrene B	.578*	.718**	-.953**	-.840**	-.874**	-.691**	.892**	.906**	-.869**	-.603*
Myrtenal	-.585*	-.227	.618*	.899**	.841**	.977**	-.854**	-.683**	.737**	.205
Terpinen-4-ol	-.567*	-.212	.611*	.891**	.836**	.969**	-.842**	-.673**	.731**	.185
Bornyl acetate	-.687**	-.324	.608*	.878**	.792**	.937**	-.866**	-.706**	.711**	.366

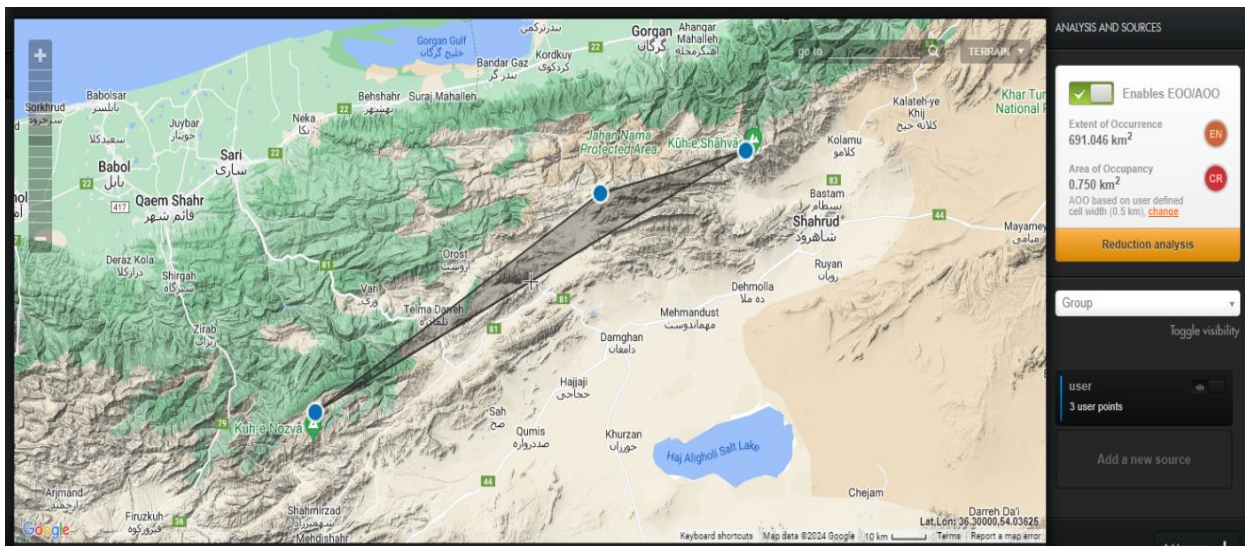
* and **: significant at 5 and 1% probability levels, respectively



شکل ۳- نمودار رسته‌بندی PCA متغیرها در رویشگاه‌های *Dracocephalum gahremanii*

Figure 3. PCA ordination diagram of variables in *Dracocephalum gahremanii* habitats

Alt= Altitude, Asp= Aspect, Slo= Slope, Ann.tem= Annual temperature, Max.tem.hot= Maximum temperature of the hottest month, Min.tem.col= Minimum temperature of the coldest month, Ab.max.tem= Absolute maximum temperature, Ab.min.tem= Absolute minimum temperature, An.pre= Annual precipitation, pH= potential of Hydrogen, EC= Electrical conductivity, OM= Organic matter, N= Nitrogen, P= Phosphorus, K= Potassium, Lime= Calcium oxide, San= Sand, Sil= Silt, Cla= Clay, Hei= Height, Can.dia= Canopy diameter, Can.cov= Canopy cover, Le.are= Leaf.area, Bio= Biomass, E.β.Far= (E)-β-Farnesene, Car.oxi= Caryophyllene oxide, tra.Cad= trans-Cadina-1(6),4-diene, β.Car= (E)-Caryophyllene, α.Vet= α-Vetivone, Met.oct= Methyl octadecanoate, Car.hyd= Carvone hydrate, Spa= Spathulenol, Ger.A= Germacrene A, β.Bou= β-Bourbonene, α-Him= α-Himachalene, E.Ses= (E)-Sesquilandulol, Ger.B= Germacrene B, Ter= Terpinen-4-ol, Myr= Myrtenal, Bor.ace= Bornyl acetate.



شکل ۴- جایگاه حفاظتی گونه *Dracocephalum gahremanii* در ایران

Figure 4. Conservation status of *Dracocephalum gahremanii* in Iran

بحث

مقایسه صفات مورفولوژیک *Dracocephalum ghahremanii* در سه رویشگاه بررسی شده تأثیر شرایط محیطی را به خوبی نشان داد. طبق فلور ایران (Jamzad, 2012)، دامنه ارتفاعی این گونه در کشور ۲۲۰۰-۳۰۰۰ متر بالاتر از سطح دریا است، اما براساس این مطالعه و سایر جمع‌آوری‌ها (Naderifar et al., 2015)؛ Bardsiri et al., 2017)، دامنه ارتفاعی آن بین ۳۲۰۰-۱۷۵۰ متر و بیشترین پراکنش در دامنه ارتفاعی ۲۸۰۰-۲۵۰۰ متر است. بنابراین رویشگاه بهینه این گونه کوهسری (orophyte) مناطق مرتفع کوهستانی است؛ به همین دلیل مقادیر ارتفاع، قطر تاج پوشش، سطح تاج پوشش، سطح برگ و زی‌توده آن در مرتفع‌ترین رویشگاه بررسی شده (تاش با ارتفاع ۳۰۴۳ متر) در مقایسه با دو رویشگاه کم ارتفاع تر (دیباج با ارتفاع ۲۴۹۰ متر و تنگ کاورد با ارتفاع ۲۰۳۲ متر) بیشتر است. در جدول همبستگی (جدول ۹) مشاهده شد که بین ارتفاع از سطح دریا و صفات مورفولوژیک همبستگی مثبت معنی‌داری وجود دارد. نمودار PCA (شکل ۳) نیز نشان داد که ارتفاع از سطح دریا بیشترین تأثیر را بر شاخص‌های رویشی این گونه در منطقه تاش دارد.

بررسی تأثیر ارتفاع از سطح دریا بر ترکیب‌های اسانس این گونه مشخص کرد که کاربوفیلن اکسید، آلفا-وتیون، کارون هیدرات، میرتال، متیل اکتادکانوات، اسپاتولنول، ترانس-سزکوئی‌لاواندولول، ترپین-۴-آل و بورنیل استات با ارتفاع همبستگی مثبت معنی‌داری داشتند؛ از این رو بیشترین مقادیر را در منطقه تاش نشان دادند. نمودار PCA نیز تأثیرپذیری بیشتر این ترکیب‌ها را از ارتفاع در مرتفع‌ترین رویشگاه تأیید کرد. به‌طور کلی گرادیان ارتفاعی با تغییرات مجموعه‌ای از عوامل محیطی مانند شدت تابش خورشید و نور فرابنفش، دما و رطوبت هوا، میزان بارندگی و شدت وزش باد مرتبط است. گیاهان به‌منظور جلوگیری از آسیب و انطباق با شرایط تنش ناشی از عوامل اقلیمی در مناطق مرتفع‌تر به‌ویژه میانگین دمای پایین و شدت نور بالا،

تغییراتی را در مورفولوژی، فیزیولوژی، رشد و تولید متابولیت‌های ثانویه ایجاد می‌کنند (Edreva et al., 2008)؛ Kofidis & Bosabalidis, 2008؛ Aissi et al., 2016). شرایط تنش، کربن فتوسنتزی به‌جای رشد به بیوستزترین اختصاص یافته و تولیدترین افزایش می‌یابد (Turtola et al., 2003؛ Nowak et al., 2010). با توجه به اینکه گونه‌ها در رویشگاه‌های مختلف تحت تأثیر تغییرات عوامل محیطی گوناگون قرار می‌گیرند، از این رو سازش‌های مورفولوژیک، آناتومیک و فیزیولوژیک متفاوتی را نشان می‌دهند. در گونه آروفیت *D. ghahremanii* که عمدتاً در رویشگاه‌های نیمه‌آلپی رشد می‌کند، ارتفاع از سطح دریا باعث سنتز درصد بیشترترین‌های اکسیژن‌دار مانند کاربوفیلن اکسید، آلفا-وتیون، کارون هیدرات، میرتال، اسپاتولنول، ترانس-سزکوئی‌لاواندولول، ترپین-۴-آل و بورنیل استات شده است، در حالی که در جمعیت‌های کم‌ارتفاع آن بیشترترین‌های سنتز شده از نوع هیدروکربنی از جمله ترانس-بتا-فارنسن، ترانس-کادینا-۱(۶)، ۴-دی‌ان، ترانس-کاربوفیلن، جرماکرن A، جرماکرن B، آلفا-هیماچالن و بتا-بوربون بودند. در زمینه ترکیب‌های اسانس این گونه تاکنون مطالعه‌ای انجام نشده است، با این حال، داده‌های موجود در سایر گونه‌ها حکایت از نقش تعیین‌کننده ارتفاع از سطح دریا بر بازده اسانس و درصدترین‌های اکسیژنه و همبستگی معکوس درصدترین‌های هیدروکربنی با ارتفاع دارد (Zeljko et al., 2015؛ Talebi Melito et al., 2016)؛ Tavakoli et al., 2022)؛ که با نتایج این تحقیق همسو هستند. به‌طور مشابهی Şanlı و Karadoğan (۲۰۱۶) نیز گزارش کردند که با افزایش ارتفاع از سطح دریا درصدترین‌های هیدروکربنی اصلی از جمله آلفا-توجن، بتا-پینن، آلفا-فلاندرن و لیمونن کاهش یافته و فقط آلفا-پینن افزایش یافته بود، اما برخلاف گزارش‌های یادشده، در مجموع درصدترین‌های هیدروکربنی افزایش (۹۶/۷-۹۳/۳٪) و ترین‌های اکسیژنه کاهش (۳/۱-۰/۴٪) یافت. بسیاری از اسانس‌ها دارای خواص آنتی‌اکسیدانی هستند و با توجه به قدرت آنتی‌اکسیدانی بالاترترین‌های اکسیژنه (Amorati et al.,

در میان پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک، ماده آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم و سیلت با شاخص‌های رویشی *D. ghahremanii* همبستگی مثبت معنی‌داری داشتند. بیشترین مقادیر این عوامل آدافیکی در خاک منطقه تاش مشاهده شد؛ به همین دلیل در نمودار PCA موقعیت مکانی آنها در نزدیکی منطقه تاش بود. به طوری که سایر پارامترهای خاک شامل اسیدیته، آهک و ماسه با خصوصیات رویشی این گونه همبستگی منفی معنی‌داری داشتند. بیشترین مقادیر این عوامل آدافیکی در خاک منطقه تنگ کاورد وجود داشت. این سه عامل در نمودار PCA در نزدیکی منطقه تنگ کاورد قرار گرفته بودند. همچنین، بین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک شامل ماده آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم و سیلت با ترین‌های اکسیژن‌دار همبستگی مثبت معنی‌داری وجود داشت؛ در حالی که اسیدیته، آهک و ماسه با ترین‌های هیدروکربنی همبستگی مثبت معنی‌داری داشتند. هدایت الکتریکی و رس نیز با تعداد کمی از ترین‌های اکسیژن‌دار یا ترین‌های هیدروکربنی همبستگی مثبت معنی‌داری را نشان دادند. مشابه با نتایج این تحقیق، برخی گزارش‌ها حکایت از همبستگی مثبت بین پارامترهای خاک مانند ماده آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، اسیدیته، هدایت الکتریکی و بافت خاک با متابولیت‌های ثانویه از جمله اسانس‌ها دارد (Amiri et al., 2018; Mehalaine & Fernández-Sestelo & Carrillo, 2020; Chenchouni, 2020; Mirzaei Mosivand, 2020) که با نتایج این تحقیق همسو هستند.

به عنوان نتیجه‌گیری کلی می‌توان چنین بیان کرد که افزایش ارتفاع باعث افزایش خصوصیات عملکردی (مورفولوژی و فیتوشیمی) گیاه *Dracocephalum ghahremanii* شده است. با وجود تشابه نسبی ترکیب‌های اصلی در اسانس این گونه، ترکیب اسانس (درصد اجزاء اصلی و جزئی) در سه منطقه بررسی شده متفاوت بود. در بین پارامترهای محیطی، ارتفاع از سطح دریا، بارندگی سالانه، ماده آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم و سیلت مهمترین عوامل مؤثر بر صفات مورفولوژیکی و درصد ترین‌های

(2013)، اسانس *D. ghahremanii* در رویشگاه‌های مرتفع از کیفیت بالاتری برخوردار است. از آنجایی که *D. ghahremanii* گونه ارتفاع‌پسند یا کوهسری است، بنابراین بین پارامترهای دما و خصوصیات رویشی این گیاه همبستگی منفی معنی‌دار و با بارندگی سالانه همبستگی مثبت معنی‌داری وجود داشت. در منطقه تاش به عنوان مرتفع‌ترین رویشگاه، دما و بارندگی سالانه به ترتیب ۱۰/۵ درجه سانتی‌گراد و ۲۵۵/۳ میلی‌متر و در منطقه تنگ کاورد به عنوان کم ارتفاع‌ترین رویشگاه، دما و بارندگی سالانه به ترتیب ۱۳/۷ درجه سانتی‌گراد و ۲۰۲/۴ میلی‌متر بود. در میان ترکیب‌های اسانس این گونه، ترانس-کاربوفیلن، آلفا-هیماچالن، جرماکرن B، ترانس-بتا-فارنسن، ترانس-کادینا-۱(۶)، ۴-دی‌ان، بتا-بوربونن و جرماکرن A با پارامترهای دما همبستگی مثبت معنی‌دار و با بارندگی سالانه همبستگی منفی معنی‌داری را نشان دادند. در نمودار PCA نیز موقعیت مکانی این ترکیب‌ها در نزدیکی منطقه تنگ کاورد بود. واکنش کاربوفیلن اکسید، کارون هیدرات، آلفا-وتیون، متیل اکتادکانوات، اسپاتولنول، ترانس-سزکوئی‌لاواندولول، میرتال، ترپین-۴-آل و بورنیل استات نسبت به پارامترهای اقلیمی دقیقاً بعکس ترین‌های هیدروکربنی یادشده بود و بیشترین میزان آنها در منطقه تاش مشاهده شد؛ به همین دلیل در نمودار PCA این ترکیب‌ها در نزدیکی منطقه تاش قرار گرفته بودند. به نظر می‌رسد برای بیوسنتز ترین‌های هیدروکربنی، دماهای بالا و برای ترین‌های اکسیژنه، دماهای پایین به عنوان عوامل تنش‌زا عمل می‌کنند. مطالعات انجام‌شده حکایت از اثرهای متفاوت عوامل تنش‌زای محیطی از جمله دماهای پایین و بالا، شدت نور زیاد و خشکسالی بر سنتز متابولیت‌های ثانویه دارد. این عوامل تنش‌های ثانویه‌ای را در گیاهان ایجاد می‌کنند که به عنوان کاتالیزور در بیوسنتز ترکیب‌های ثانویه عمل می‌نمایند (Verma & Shukla, 2015). با این حال، اثرهای مختلف عوامل محیطی بر متابولیت‌های ثانویه می‌تواند ناشی از اثرهای متفاوت این عوامل بر مسیرهای بیوسنتزی و بیان ژن‌های درگیر در سنتز این ترکیب‌ها باشد (Zhan et al., 2022).

سپاسگزاری

نویسندگان از صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (INSF) به دلیل حمایت مالی این پژوهش و از مساعدت مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور (RIFR) برای انجام این پژوهش سپاسگزاری می‌کنند. از خانم دکتر راضیه عظیمی اترگله برای همکاری در تجزیه اسانس و خانم دکتر فاطمه درگاهیان برای ارائه اطلاعات هواشناسی تشکر و قدردانی می‌شود.

اکسیژنه این گونه بودند که می‌تواند گویای اهمیت رویشگاه‌های مرتفع به لحاظ محتوای اسانس و ترکیب‌هایی با خواص آنتی‌اکسیدانی بالاتر برای این گیاه باشد. براساس این یافته‌ها، حداکثر دمای گرمترین ماه، حداقل دمای سردترین ماه، حداقل دمای مطلق، آهک و ماسه نیز مهمترین پارامترهای مؤثر بر درصد ترپن‌های هیدروکربنی بودند. این نتایج برای استحصال اسانس *D. ghahremanii* از رویشگاه‌های طبیعی، یا برای کشت تجاری این گیاه با هدف استخراج ترکیب‌های ثانویه موجود در اسانس آن می‌تواند حائز اهمیت باشند.

References

- Aboukhalid, K., Al Faiz, C., Douaik, A., Bakha, M., Kursa, K., Agacka-Moldoch, M., Machon, N., Tomi, F. and Lamiri, A., 2017. Influence of environmental factors on essential oil variability in *Origanum compactum* Benth. growing wild in Morocco. *Chemistry & Biodiversity*, 14(9): p. e1700158.
- Adams, R.P., 2017. Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography-Mass Spectroscopy. Allured Publishing Corporation, Carol Stream, Illinois, 804p.
- Ahmadi, L. and Mirza, M., 2001. Volatile constituents of *Dracocephalum aucheri* Boiss. *Journal of Essential Oil Research*, 13(3): 202-203.
- Aissi, O., Boussaid, M. and Messaoud, C., 2016. Essential oil composition in natural populations of *Pistacia lentiscus* L. from Tunisia: Effect of ecological factors and incidence on antioxidant and antiacetylcholinesterase activities. *Industrial Crops and Products*, 91: 56-65.
- Alizadeh, A., 2015. Essential oil composition, phenolic content, antioxidant, and antimicrobial activity of cultivated *Satureja rechingeri* Jamzad at different phenological stages. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 70(3-4): 51-58.
- Amiri, N., Yadegari, M. and Hamed, B., 2018. Essential oil composition of *Cirsium arvense* L. produced in different climate and soil properties. *Records of Natural Products*, 12(3): 251-262.
- Amorati, R., Foti, M.C. and Valgimigli, L., 2013. Antioxidant activity of essential oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(46): 10835-10847.
- Arvin, P. and Firouzeh, R., 2023. Study of some physiological traits, yield and essential oil contents of *Dracocephalum kotschyi* Boiss. in natural habitats of Bojnourd. *Journal of Plant Process and Function*, 12(53): 33-50.
- Ashrafi, B., Ramak, P., Ezatpour, B. and Talei, Gh.R., 2017. Investigation on chemical composition, antimicrobial, antioxidant, and cytotoxic properties of essential oil from *Dracocephalum kotschyi* Boiss. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 14(3): 209-217.
- Bardsiri, A., Naderi, R. and Amirahmadi, A., 2017. Plant diversity of Sarband hunting prohibited area (Dibaj, Semnan province). *Journal of Taxonomy and Biosystematics*, 9(31): 1-28.
- Bentley, R., 2010. Medicinal plants. London: Domville-Fife Press, 544p.
- Edreva, A., Velikova, V., Tsonev, T., Dagnon, S., Gurel, A., Aktas, L. and Gesheva, E., 2008. Stress-protective role of secondary metabolites: diversity of functions and mechanisms. *General and Applied Plant Physiology*, 34(1-2): 67-78.
- Farimani, M.M., Mirzania, F., Sonboli, A. and Moghaddam, F.M., 2017. Chemical composition and antibacterial activity of *Dracocephalum kotschyi* essential oil obtained by microwave extraction and hydrodistillation. *International Journal of Food Properties*, 20(1): 1-10.
- Fattahi, M., Nazeri, V., Torras-Claveria, L., Sefidkon, F., Cusido, R.M., Zamani, Z. and Palazon, J., 2013. Identification and quantification of leaf surface flavonoids in wild-growing populations of *Dracocephalum kotschyi* by LC-DAD-ESI-MS. *Food Chemistry*, 141(1): 139-146.
- Fernández-Sestelo, M. and Carrillo, J.M., 2020. Environmental effects on yield and composition of essential oil in wild populations of spike Lavender (*Lavandula latifolia* Medik.). *Agriculture*, 10(12): 626.
- Golparvar, A.R., Hadipanah, A., Gheisari, M.M. and Khaliliazar, R., 2016. Chemical constituents of essential oil of *Dracocephalum moldavica* L. and

- Dracocephalum kotschyi* Boiss. from Iran. Acta Agriculturae Slovenica, 107(1): 25-31.
- Golshani, S., Karamkhani, F., Monsef-Esfahani, H.R. and Abdollahi, M., 2004. Antinociceptive effects of the essential oil of *Dracocephalum kotschyi* in the mouse writhing test. Journal of Pharmacy & Pharmaceutical Sciences, 7(1): 76-79.
 - Hamilton, A.C., 2004. Medicinal plants, conservation and livelihoods. Biodiversity & Conservation, 13: 1477-1517.
 - Hassler, M., 2004-2023. World Plants. Synonymic Checklist and Distribution of the world Flora. Version 15.3; last update May 3rd, 2023. <http://www.worldplants.de>. Last accessed 02/07/2023.
 - IUCN, 2022. Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria. Version 15. Prepared by the Standards and Petitions Committee, 116p.
 - Jahantab, E., Morshedloo, M.R. and Maggi, F., 2021. Essential oil variability in *Stachys pilifera* Benth. populations: a narrow endemic species of Iran. Natural Product Research, 35(15): 2588-2592.
 - Jamali, C.A., El Bouzidi, L., Bekkouche, K., Lahcen, H., Markouk, M., Wohlmuth, H., Leach, D. and Abbad, A., 2012. Chemical composition and antioxidant and anticandidal activities of essential oils from different wild Moroccan *Thymus* species. Chemistry & Biodiversity, 9(6): 1188-1197.
 - Jamloki, A., Bhattacharyya, M., Nautiyal, M.C. and Patni, B., 2021. Elucidating the relevance of high temperature and elevated CO₂ in plant secondary metabolites (PSMs) production. Heliyon, 7(8): e07709.
 - Jamzad, Z., 2012. Flora of Iran, no. 76. Lamiaceae Family, Research Institute of Forests and Rangelands Press, Tehran, Iran, 1068p, (in Persian).
 - Javidnia, K., Miri, R., Fahham, N. and Mehregan, I., 2005. Composition of the essential oil of *Dracocephalum kotschyi* Boiss. from Iran. Journal of Essential Oil Research, 17(5): 481-482.
 - Khorshidi, J., Shokrpour, M. and Nazeri, V., 2019. Influence of some climatic and soil conditions on essential oil quantity and quality of different *Thymus daenensis* Celak subsp. *daenensis* ecotypes. Iranian Journal of Horticultural Science, 50(1): 13-23.
 - Kofidis, G. and Bosabalidis, A.M., 2008. Effects of altitude and season on glandular hairs and leaf structural traits of *Nepeta nuda* L. Botanical Studies, 49(4): 363-372.
 - Larsen, H.O. and Olsen, C.S., 2007. Unsustainable collection and unfair trade? Uncovering and assessing assumptions regarding Central Himalayan medicinal rivation. Biodiversity & Conservation, 16: 1679-1697.
 - Liu, W., Yin, D., Li, N., Hou, X., Wang, D., Li, D. and Liu, J., 2016. Influence of environmental factors on the active substance production and antioxidant activity in *Potentilla fruticosa* L. and its quality assessment. Scientific Reports, 6: 28591.
 - Maksimović, M., Vidic, D., Miloš, M., Edita Šolić, M., Abadžić, S. and Siljak-Yakovlev, S., 2007. Effect of the environmental conditions on essential oil profile in two dinaric *Salvia* species: *S. brachyodon* Vandas and *S. officinalis* L. Biochemical Systematics and Ecology, 35(8): 473-478.
 - Mehalaine, S. and Chenchouni, H., 2020. Plants of the same place do not have the same metabolic pace: soil properties affect differently essential oil yields of plants growing wild in semiarid Mediterranean lands. Arabian Journal of Geosciences, 13: 1263.
 - Melito, S., Petretto, G.L., Podani, J., Foddai, M., Maldini, M., Chessa, M. and Pintore, G., 2016. Altitude and climate influence *Helichrysum italicum* subsp. *microphyllum* essential oils composition. Industrial Crops and Products, 80: 242-250.
 - Metlen, K.L., Aschehoug, E.T. and Callaway, R.M., 2009. Plant behavioural ecology: Dynamic plasticity in secondary metabolites. Plant, Cell & Environment, 32(6): 641-653.
 - Mirzaei Mosivand, A., 2020. Study on the phytochemical of essential oil of *Pranos ferulacea* Lindl. in different habitats of Delfan county. Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants, 8(3): 19-33.
 - Mirzania, F. and Sonboli, A., 2021. Chemical diversity of essential oil composition from five populations of *Dracocephalum kotschyi* Boiss. Health Biotechnology and Biopharma, 5(1): 39-50.
 - Mohammadian, A., Karamian, R., Mirza, M. and Sepahvand, A., 2014. Effects of altitude and soil characteristics on essential of *Thymus fallax* Fisch. et C. A. Mey. in different habitats of Lorestan province. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 30(4): 519-528. (in Persian)
 - Mojab, F., Nickavara, B. and Hooshdar Tehrani, H., 2009. Essential oil analysis of *Nepeta crispa* and *N. menthoides* from Iran. Iranian Journal of Pharmaceutical Sciences, 5(1): 43-46.
 - Monsef-Esfahani, H.R., Karamkhani, F., Nickavar, B., Abdi, K. and Faramarzi, M.A., 2007. The volatile constituents of *Dracocephalum kotschyi* oils. Chemistry of Natural Compounds, 43(1): 40-43.
 - Morteza-Semnani, K. and Saeedi, M., 2005. Essential oil composition of *Dracocephalum kotschyi* Boiss. Journal of Essential oil Bearing Plants, 8(2): 192-195.
 - Naderifar, M., Sonboli, A. and Gholopour, A., 2015. Pollen morphology of Iranian *Dracocephalum* L. (Lamiaceae) and its taxonomic significance. Bangladesh Journal of Plant Taxonomy, 22(2): 99-110.

- Nezhadali, A., Khazaeifar, A., Akbarpour, M. and Masrournia, M., 2010. Chemical composition of essential oil and antibacterial activity of *Dracocephalum subcapitatum*. *Journal of Essential oil Bearing Plants*, 13(1): 112-117.
- Nowak, M., Manderscheid, R., Weigel, H.-J., Kleinwachter, M. and Selmar, D., 2010. Drought stress increases the accumulation of monoterpenes in sage (*Salvia officinalis*), an effect that is compensated by elevated carbon dioxide concentration. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 83(2): 133-136.
- Saeidnia, S., Gohari, A.R., Hadjiakhoondi, A. and Shafiee, A., 2007. Bioactive compounds of the volatile oil of *Dracocephalum kotschyi*. *Zeitschrift fuer Naturforschung – Section C Journal of Biosciences*, 62(11-12): 793-796. doi: 10.1515/znc-2007-11-1203
- Şanlı, A. and Karadoğan, T., 2016. Geographical impact on essential oil composition of endemic *Kundmannia anatolica* Hub.-Mor. (Apiaceae). *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 14(1): 131-137.
- Sonboli, A., Esmaeili, M.A., Gholipour, A. and Kanani, M.R., 2010. Composition, cytotoxicity and antioxidant activity of the essential oil of *Dracocephalum surmandinum* from Iran. *Natural Product Communications*, 5(2): 341-344.
- Sonboli, A., Mirzania, F. and Gholipour, A., 2019. Essential oil composition of *Dracocephalum kotschyi* Boiss. from Iran. *Natural Product Research*, 33(14): 2095-2098.
- Taghizadeh, M., Soltanian, S. and Nasibi, N., 2022. Phytochemical analysis of volatile and non-volatile fractions, antioxidant, and anti-cancer activities of *Dracocephalum polychaetum* and *Dracocephalum kotschyi*. *Journal of Cell and Molecular Research*, 14(1): 11-19.
- Talebi, S.M., Ghorbani Nohooji, M., Yarmohammadi, M., Khani, M. and Matsyura, A., 2019. Effect of altitude on essential oil composition and on glandular trichome density in three *Nepeta* species (*N. sessilifolia*, *N. heliotropifolia* and *N. fissa*). *Mediterranean Botany*, 40(1): 81-93.
- Tavakoli, M., Soltani, S., Tarkesh Esfahani, M. and Karamian, R., 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)
- Turtola, S., Manninen, A.M., Rikala, R. and Kainulainen, P., 2003. Drought stress alters the concentration of wood terpenoids in Scots pine and Norway spruce seedlings. *Journal of Chemical Ecology*, 29(9): 1981-1995.
- Verma, N. and Shukla, S., 2015. Impact of various factors responsible for fluctuation in plant secondary metabolites. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 2(4): 105-113.
- Yaghmai, M.S. and Taffazoli, R., 1988. The essential oil of *Dracocephalum kotschyi* Boiss. *Flavour and Fragrance Journal*, 3(1): 33-36.
- Yang, L., Wen, K.S., Ruan, X., Zhao, Y.X., Wei, F. and Wang, Q., 2018. Response of plant secondary metabolites to environmental factors. *Molecules*, 23(4): 762. doi: 10.3390/molecules23040762
- Yavari, A., 2022. Study on essential oil variability of *Salvia sharifii* Rech.f. & esfand. in different natural habitats of Hormozgan province. *Ecophytochemistry Journal of Medicinal Plants*, 9(4): 33-47. (in Persian)
- Zeljković, S.Ć., Šolić, M.E. and Maksimović, M., 2015. Volatiles of *Helichrysum italicum* (Roth) G. Don from Croatia. *Natural Product Research*, 29(19): 1874-1877.
- Zeng, Q., Jin, H.Z., Qin, J.J., Fu, J.J., Hu, X.J., Liu, J.H. and Zhang, W.D., 2010. Chemical constituents of plants from the genus *Dracocephalum*. *Chemistry and Biodiversity*, 7(8): 1911-1929.
- Zhan, X., Chen, Z., Chen, R. and Shen, C., 2022. Environmental and genetic factors involved in plant protection-associated secondary metabolite biosynthesis pathways. *Frontiers in Plant Science*, 13: 877304.
- Zheljzkov, V.D., Semerdjieva, I.B., Cantrell, C.L., Astatkie, T. and A'cimovi'c, M., 2022. Phytochemical variability of essential oils of two Balkan endemic species: *Satureja pilosa* Velen. and *S. kitaibelii* Wierzb. ex Heuff. (Lamiaceae). *Molecules*, 27(10): 3153. doi: 10.3390/molecules27103153
- Zouari, N., Ayadi, I., Fakhfakh, N., Reba, A. and Zouari, S., 2012. Variation of chemical composition of essential oils in wild populations of *Thymus algeriensis* Boiss. et Reut., a North African endemic species. *Lipids in Health and Disease*, 11(1): 28. <https://doi.org/10.1186/1476-511X-11-28>