مقاله پژوهشی
یافته‌های نوین در علوم زیستی
جلد ۱۱، شماره ۲، صفحات ۱ الی ۱۸ (۱۴۰۳)
انتشارات دانشگاه خوارزمی

Research Article
Nova Biologica Reperta 11(2): 1-18 (2024)
Print ISSN: 2423-6330/Online ISSN: 2476-7115
https://nbr.khu.ac.ir; Kharazmi University Press; DOI:10.22034/NBR.11.2.1

تأثیر شرایط محیطی بر صفات عملکردی گونه اندمیک *Seseli olivieri* Boiss.

مینا ربیعی[۱]، یونس عصری[۲] و فاطمه سفیدکن[۳]

[۱] گروه منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران؛ [۲] بخش تحقیقات گیاهشناسی، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران؛ [۳] بخش تحقیقات گیاهان دارویی، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

مسئول مکاتبات: مینا ربیعی minarabie@pnu.ac.ir

چکیده. *Seseli olivieri* از تیره چتریان، گونه انحصاری کوه‌های البرز است. در این پژوهش تأثیر شرایط محیطی بر عملکرد صفات رویشی و ترکیب‌های اسانس این گونه مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور سه رویشگاه با ارتفاع‌های مختلف انتخاب شد و در هر یک از آنها صفات رویشی این گونه اندازه‌گیری شد. در هر رویشگاه، نمونه‌های خاک و سرشاخه‌های گلدار این گونه برداشت شد و در آزمایشگاه تجزیه شدند. ارتباط صفات عملکردی این گونه با عوامل محیطی با استفاده از آنالیز همبستگی و تجزیه مولفه‌های اصلی تعیین شد. تجزیه واریانس صفات رویشی نشان داد که بین سه رویشگاه تفاوت معنی‌داری وجود دارد. مقایسه میانگین صفات رویشی حاکی از آن بود که بیشترین مقادیر ارتفاع (۴۵/۲ سانتی‌متر)، قطر تاج‌پوشش (۳۶/۹ سانتی‌متر)، سطح تاج‌پوشش (۲/۷ درصد)، سطح برگ (۲/۲ سانتی‌متر مربع) و زیتوده (۳۹/۸ گرم) به رویشگاه تویه مربوط است. تجزیه واریانس اجزای اسانس این گونه در سه رویشگاه تفاوت معنی‌داری را بین مواد مؤثره اندازه‌گیری شده نشان داد. در رویشگاه تنگ کاورد ماده مؤثره اصلی آپیول (۱۶/۲٪)، سیس-کادینا-۱(۶)،۴-دی‌ان (۱۴/۵٪)، آلفا-گورجونن (۱۳/۸٪) و اسپاتولنول (۱۲/۲ ٪)؛ در رویشگاه انزو آپیول (۲۰/۵٪)، بورنیل استات (۱۶/۴٪) و آلفا-پینن (۱۱/۹٪)؛ و در رویشگاه تویه بورنیل استات (۲۰/۷٪)، آلفا-پینن (۱۶/۲٪) و ان-تتراکوزان (۱۰/۲٪) بودند. تجزیه واریانس پارامترهای فیزیکوشیمیایی خاک تفاوت معنی‌داری را بین سه رویشگاه نشان داد. در میان عوامل محیطی، ارتفاع، بارندگی سالانه، دمای سالانه، حداقل دمای سردترین ماه، حداقل دمای مطلق، آهک و نیتروژن بیشترین همبستگی معنی‌دار را با صفات عملکردی این گیاه داشتند. براساس معیار IUCN، جایگاه حفاظتی این گونه در بحران انقراض تعیین شد.

واژه‌های کلیدی: استان سمنان، ترکیب‌های اسانس، تیره چتریان، عوامل محیطی، ویژگی‌های ریخت‌شناسی

The effect of environmental conditions on the functional traits of the endemic species *Seseli olivieri* Boiss.

Mina Rabie[1], Younes Asri[2] & Fatemeh Sefidkon[3]

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

Abstract. *Seseli olivieri* (Apiaceae) is an exclusive species of the Alborz Mountains, Iran. In this research, the effect of environmental conditions on the vegetative traits and essential oil compounds of this species was investigated. For this purpose, three habitats with different heights were selected and the vegetative characteristics of this species were measured. In each habitat, soil samples and flowering branches of this species were collected and analyzed in the laboratory. The relationship between the functional traits of this species and environmental factors was determined using CA and PCA. Variance analysis of functional traits and soil parameters showed a significant difference between the three habitats. The highest values of vegetative traits were related to Tuyeh habitat. In Tange Kavard habitat, the main effective substances were Apiol and *cis*-Cadina-1(6),4-diene; in Enzo habitat, Apiol and Bornyl acetate; and in the Tuyeh habitat, Bornyl acetate and α-Pinene. Among the environmental factors, altitude, annual precipitation, annual temperature, minimum temperature of the coldest month, minimum absolute temperature, lime and nitrogen had the most significant correlation with the functional traits of this plant. Based on the IUCN criteria, the conservation status of this species was determined in the critically endangered.

Key words. Apiaceae, environmental factors, essential oil compounds, morphological characteristics, Semnan province

Received 02.04.2024/ Revised 06.07.2024/ Accepted 08.07.2024/ Published 17.09.2024

دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۱۴/ اصلاح: ۱۴۰۳/۰۳/۱۶/ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۱۸/ انتشار: ۱۴۰۳/۰۶/۲۷

مقدمه

Seseli L. یکی از بزرگ‌ترین جنس‌های تیره چتریان (Apiaceae, Umbelliferae) است که تا کنون بیش از ۱۴۱ گونه از این جنس در جهان گزارش شده است (Hassler, 1994-2024). این جنس در ایران هفت گونه دارد که از میان آنها پنج گونه اندمیک ایران می‌باشند. این گونه‌ها عبارت‌اند از: *S. denudatum* Boiss.، *S. ghafoorianum* (Akhani) Pimenov & Kljuykov، *S. kiabii* (Akhani) Akhani، *S. olivieri* Boiss.، *S. staurophyllum* (L.) W.D.J.Koch subsp. Rech.f.، *S. libanotis* و *S. transcaucasicum* (Schischk.) Pimenov & Sdobnina. دو گونه اخیر انحصاری ایران نیستند؛ گونه *S. libanotis* subsp. *libanotis* در کل اروپا تا ایران و گونه *S. transcaucasicum* در قفقاز و ترکیه نیز انتشار دارند. در فلورهای ایرانیکا و ایران اعضای این جنس علاوه بر *Seseli* L.، در جنس‌های *Eriocycla* Lindl.، *Libanotis* J.Hill و *Lomatopodium* Fisch. & C.A.Mey. قرار گرفته‌اند (Rechinger, 1987; Mozaffarian, 2007).

جنس *Seseli* گونه‌های معطر زیادی دارد که عمدتاً سرشار از کومارین‌ها، ترپنوئیدها، پلی‌استیلن‌ها و اسانس‌ها هستند و به‌دلیل خواص درمانی شناخته‌شده مورد استفاده قرار می‌گیرند (Önder et al., 2023). تعدادی از گونه‌ها در طب سنتی به‌عنوان داروهای گیاهی برای اهداف متعددی، ازجمله برای درمان سرماخوردگی، التهاب، درد و ضد نفخ استفاده می‌شوند. بعضی از اعضای این جنس به‌دلیل فعالیت‌های ضد کرم، دافع حشرات، ضد اسپاسم و مُدِر شناخته شده‌اند. اثرات ضد باکتریایی، ضد قارچی، ضد سرطانی، ضد التهابی و ضد درد تعدادی از گونه‌های *Seseli* نیز تایید شده است (Rabdanova et al., 2024). علاوه بر این، تعدادی از گزارش‌های علمی نشان داده‌اند که گونه‌های *Seseli* حاوی روغن‌های فرار با پتانسیل‌های دارویی مهم هستند. به‌عنوان مثال، مطالعات مختلف نشان داده‌اند که اسانس گونه‌های *Seseli* دارای خواص ضد میکروبی و همچنین آنتی‌اکسیدانی هستند (Zengin et al., 2021).

در زمینه شناسایی ترکیب‌های اسانس گونه‌های مختلف *Seseli* در ایران مطالعات کمی انجام شده است که به آنها اشاره می‌شود. ترکیب‌های اصلی اسانس *Lomatopodium staurophyllum* (Rech.f.) Rech.f. در منطقه گرمسار، ترانس-بتا-اُسیمن، میرسن و سیس-بتا-اُسیمن گزارش شد (Sefidkon et al., 1997). در حال حاضر این گونه هم‌نام *S. staurophyllum* است (Hassler, 1994-2024). ترکیب‌های آلفا-پینن، بتا-فلاندرن، بتا-پینن و سابینن به‌عنوان اجزای اصلی اسانس *S. tortuosum* subsp. *kiabii* Akhani از منطقه گرگان معرفی شد (Habibi et al., 2003). این گونه اکنون هم‌نام *S. kiabii* می‌باشد (Hassler, 1994-2024). در گونه *L. khorassanicum* Mozaffarian جمع‌آوری‌شده از ریوش کاشمر، ترکیب‌های میرسن، ترانس-بتا-اُسیمن و لیمونن به‌عنوان اجزای اصلی اسانس گزارش شد (Sedghat et al., 2003). تا کنون چنین گونه‌ای به علم گیاهشناسی معرفی نشده است و به نظر می‌رسد با توجه به محدوده پراکنش *S. staurophyllum* و مشابهت ترکیب‌های آن، همین گونه باشد. ترکیب‌های اصلی گونه *S. libanotis* var. *armeniacum* Bordz.، آکورِنون، لیمونن و آلفا-پینن معرفی شد (Masoudi et al., 2006). واریته ذکرشده اولین بار توسط Bordzil در سال ۱۹۳۱ معرفی شد، اما سپس در فلور شوروی سابق توسط Shishkin هم‌نام *L. transcaucasica* Schischk. در نظر گرفته شد (Shishkin, 1950). در حال حاضر *L. transcaucasica* هم‌نام *S. transcaucasicum* است (Hassler, 1994-2024). در گونه *L. transcaucasica* جمع‌آوری شده از محل نامشخصی در شمال‌غرب ایران، جرماکرونB، ایزواسپاتولنول و جرماکرونD به‌عنوان اجزای اصلی اسانس معرفی شد (Shahabipour et al., 2013). ترکیب‌های اصلی اسانس *E. olivieri* (Boiss.) H.Wolff از منطقه گلاب‌دره تهران، گاما-اِلِمِن، جرماکرونB و دلتا-کادینن و از منطقه شهمیرزاد سمنان، آپیول، جرماکرونB و بی‌سیکلوجرماکرن گزارش شد (Yassa & Akhani, 2016). این گونه اکنون هم‌نام S. olivieri است (Hassler, 1994-2024). در جمعیت‌های *E. ghafooriana* Akhani جمع‌آوری‌شده از چهارباغ گرگان، میریستیسین، بورنیل استات و گاما-اِلِمِن؛ و از پارک ملی گلستان، دیل آپیول، آلفا-سلینن و میریستیسین به‌عنوان اجزای اصلی اسانس معرفی شدند (Yassa & Akhani, 2016). این گونه اکنون هم‌نام *S. ghafoorianum* می‌باشد (Hassler, 1994-2024).

مطالعه ترکیب‌های اسانس دو گونه *Seseli* موجود در ایران که در کشورهای دیگر نیز انتشار دارند، بسیار کم است. در این زمینه می‌توان به شناسایی ترکیب‌های اسانس *S. libanotis* در یک جمعیت ترکیه (Ozturk & Ercisli, 2006) و نُه جمعیت در

اتریش و یک جمعیت در ایتالیا (Chizzola, 2019) اشاره کرد. ترکیب‌های اصلی اندام هوایی جمعیت ترکیه، ترانس-کاریوفیلن، اسپاتولنول، کاریوفیلن اکسید و یوآسارون بود، در حالی که ترکیب‌های اصلی سرشاخه‌های گلدار جمعیت‌های اتریش و ایتالیا، بتا-فلاندرن، سابینن و کاروتول گزارش شد. مقایسه ترکیب‌های اصلی هر گونه در مناطق مختلف نشان می‌دهد که نوع این ترکیب‌ها تقریباً مشابه‌اند، اما مقادیر آنها اختلافاتی را دارند که ناشی از تأثیر عوامل محیطی است.

در زمینه تأثیر عوامل اکولوژیکی بر ویژگی‌های فیتوشیمیایی گونه‌های *Seseli* مطالعات بسیار کمی انجام شده است که به آنها اشاره می‌شود. در بررسی ترکیب شیمیایی اسانس ریشه *S. rigidum* Waldst. & Kit. در هفت جمعیت صربستان، این جمعیت‌ها بر اساس نوع اقلیم در سه گروه قرار گرفتند (Marčetić et al., 2013). گروه اول شامل جمعیت‌های رشدیافته در اقلیم مرطوب و حاوی مقادیر زیادی فالکارینول و مقادیر کم سسکوئی‌ترپن؛ و دو گروه دیگر شامل جمعیت‌های رشدیافته در اقلیم نیمه‌خشک و حاوی مقادیر کم فالکارینول و مقادیر زیاد آلفا-مورولن، سیگما-آمورفن و بتا-سسکوئی‌فلاندرِن بود. البته هیچ تفکیک مشخصی بین جمعیت‌ها از نظر نوع خاک مشاهده نشد. در این پژوهش دامنه ارتفاعی رویشگاه‌ها بسیار کم بود (۳۸۰-۱۰۰ متر) و هیچیک از پارامترهای اقلیمی و ادافیکی تعیین و اندازه‌گیری نشده بود و فقط اقلیم کلی رویشگاه‌ها (مرطوب و نیمه‌خشک) و نوع کلی خاک (آهکی و سرپانتین) تعیین شده بود. در ادامه پژوهش یادشده، ترکیب‌های اسانس ریشه، اندام هوایی و میوه هفت جمعیت *S. rigidum* شناسایی شد (Marčetić et al., 2017). جمعیت‌های بررسی‌شده از نظر ترکیب اسانس تنوع بین‌جمعیتی و به‌ویژه درون‌جمعیتی را نشان دادند. این پژوهشگران دریافتند که اقلیم تأثیر زیادی بر ترکیب اسانس‌های اندام‌های مختلف گیاه داشت، در حالی که تأثیر نوع خاک کمتر بود. ترکیب‌های اصلی اسانس ریشه به‌ترتیب فالکارینول، آلفا-پینن، سیگما-آمورفن، سابینن و بتا-سسکوئی‌فلاندرِن؛ اندام هوایی آلفا-پینن، سابینن، لیمونن، بتا-فلاندرِن، کاریوفیلن اکسید و بورنیل استات؛ و میوه سابینن، آلفا-پینن، بتا-فلاندرِن، فالکارینول، جرماکرون B، کاروتول، جرماکرون D، بتا-سسکوئی‌فلاندرِن، ترانس-کاریوفیلن و لیمونن گزارش شد.

با توجه به اینکه عوامل محیطی تغییراتی را در میزان رشد و مواد مؤثره گیاهان ایجاد می‌کنند، بنابراین زمانی گیاهان دارویی ازنظر اقتصادی مقرون به صرفه هستند که محتوای متابولیت‌های اولیه و ثانویه آنها در حد مطلوبی باشد. براین اساس در پژوهش حاضر تأثیر عوامل توپوگرافی، اقلیمی و ادافیکی بر صفات رویشی و ترکیب‌های اسانس گونه *S. olivieri* در سه منطقه با شرایط رویشگاهی مختلف بررسی شد تا رویشگاهی با شرایط بهینه رشد و مواد مؤثره معرفی شود.

مواد و روش‌ها

صفات رویشی

S. olivieri گیاهی پشته‌ای، خشبی و صخره‌روی است (شکل ۱) که پراکنش محدودی در کوه‌های البرز دارد. ساقه‌های آن متعدد، شکننده، کمانی – ایستاده و به ارتفاع ۴۵-۲۰ سانتی‌متر است. برگ‌های قاعده‌ای و پایین ساقه دمبرگ‌دار و در بالای ساقه بدون دمبرگ، دو جفت برگچه‌ای تنک، سه قسمتی و دندانه‌ای – بریده هستند. چترهای جانبی ۶-۵ شعاعی و انتهایی‌ها ۱۵-۸ شعاعی می‌باشند. طول شعاع‌ها ۱۲-۸ میلی‌متر است. دندانه‌های کاسه‌گل سه‌گوشه و گلبرگ‌ها سفید رنگ هستند. میوه‌ها هم‌اندازه دم‌میوه‌ها با پره‌های مشخص و کانال‌های بین پره‌ای حاوی کانال شیرابه‌ای است (Mozaffarian, 2007).

شکل ۱- *S. olivieri* در رویشگاه طبیعی.

Figure 1. *S. olivieri* in natural habitat.

انتخاب مناطق نمونه‌برداری

مکان‌های نمونه‌برداری گونه *S. olivieri* با استفاده از فلور ایران (Mozaffarian, 2007) و اطلاعات مربوط به جمع‌آوری‌های قبلی برای فلور استان مشخص شد. سپس به کمک بازدیدهای میدانی از بین این مکان‌ها، سه رویشگاه با شرایط محیطی مختلف انتخاب شد (جدول ۱). در هر یک از این رویشگاه‌ها نمونه‌برداری به روش تصادفی در ۱۵ پلات ۴×۴ متری (۱۶ مترمربع) انجام شد. اندازه پلات‌ها باتوجه به نوع پراکندگی گونه *S. olivieri* در رویشگاه و متوسط قطر تاج‌پوشش تعیین شد؛ ضمن اینکه تعداد پلات‌ها به گونه‌ای انتخاب شد که نتایج مطمئنی از جنبه آماری ارائه کند (Arzani & Abedi, 2015).

جدول ۱- مشخصات مناطق نمونه‌برداری *S. olivieri*.

Table 1. Characteristics of *S. olivieri* sampling areas.

Sampling site	Longitude (E)	Latitude (N)	Altitude (m)	Aspect	Slope (%)
Shahmirzad, Tange Kavard	53º 28′ 07″	36º 02′ 38″	1720	E	40-45
Mahdishahr, Enzo	53º 24′ 48″	35º 45′ 37″	2010	N	50-55
Damghan, Tuyeh	53º 49′ 24″	36º 02′ 58″	2330	N	60-70

ادامه جدول ۱.

Table 1. Continued.

Sampling site	Annual precipitation (mm)	Annual temperature (ºC)	Maximum temperature of the hottest month (ºC)	Minimum temperature of the coldest month (ºC)	Absolute maximum temperature (ºC)	Absolute minimum temperature (ºC)
Tange Kavard	197.5	13.9	19.2	8.6	37.7	-15.7
Enzo	227.4	12.2	17.5	6.9	36	-17.4
Tuyeh	241.5	10.3	16.5	4.3	35.1	-18.5

اندازه‌گیری صفات رویشی

برخی از صفات رویشی *S. olivieri*، شامل ارتفاع گیاه، قطر تاج‌پوشش، سطح تاج‌پوشش، زیتوده و سطح برگ در پلات‌های استقراریافته در سه رویشگاه اندازه‌گیری شد. ارتفاع گیاه و دو قطر عمود برهم تاج آنها با استفاده از متر نواری اندازه‌گیری شد و برای تعیین سطح تاج‌پوشش از رابطه مساحت دایره استفاده شد. اندام هوایی پایه‌های این گونه در داخل پلات‌ها قطع شد و سپس وزن آنها با استفاده از ترازوی Sartorious با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. در هر پلات ۵ برگ از هر پایه جمع‌آوری شد و پس از مخلوط‌کردن، ۵ نمونه به‌طور تصادفی انتخاب شد. سطح برگ گیاهان با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج GateHouse مدل Aok 4cht با دقت ۰/۰۱ سانتی‌مترمربع با نرم‌افزار WinDias 2.0 اندازه‌گیری شد.

برای تهیه نمونه هرباریومی، اندام هوایی گلدار *S. olivieri* از سه منطقه شهمیرزاد (تنگ کاورد)، مهدی‌شهر (انزو) و دامغان (تویه) جمع‌آوری شد. نمونه‌های گیاهی در هرباریوم موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور (TARI) شناسایی و با کدهای ۱۰۹۹۹۹، ۱۱۰۰۰۰ و ۱۱۰۰۰۱ نگهداری می‌شوند.

جمع‌آوری گیاه و اسانس‌گیری

اندام هوایی گلدار *S. olivieri* از سه رویشگاه طبیعی استان سمنان در مردادماه ۱۴۰۱ جمع‌آوری شد. در هر رویشگاه سه نمونه گیاهی طوری انتخاب شدند که برآیند مناسبی از توده‌های گیاهی آن منطقه باشند. اندام‌های هوایی برداشت‌شده در سایه خشک و سپس توسط آسیاب برقی خرد شدند. ۱۰۰ گرم از پودر گیاه جهت استخراج اسانس به روش تقطیر با آب به مدت ۳ ساعت توسط دستگاه تیپ کلونجر طبق فارماکوپه بریتانیا اسانس‌گیری شد. نمونه‌های اسانس در یخچال و دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

شناسایی اجزای تشکیل‌دهنده اسانس

آنالیز GC با استفاده از دستگاه کروماتوگراف گازی فوق‌سریع (GC-FID) مدل Thermo-UFM و داده‌پرداز با نرم‌افزار Chrom-card 2006 انجام شد. از هلیوم به‌عنوان گاز حامل با سرعت ۰/۵ میلی‌لیتر در دقیقه و ستون DB-5 نیمه‌قطبی به طول ۱۰ متر و قطر داخلی ۰/۱ میلی‌متر که ضخامت لایه فاز ساکن در آن ۰/۴ میکرون بود، استفاده شد. دمای ستون در ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ دقیقه نگهداری و سپس با سرعت ۴۰ درجه سانتی‌گراد در دقیقه تا ۲۸۵ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت و به مدت ۳ دقیقه در این دما ثابت ماند. دمای محفظه تزریق و دتکتور (FID) ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد.

برای آنالیز GC/MS از دستگاه کروماتوگراف گازی Agilent 7890A متصل به طیف‌سنج جرمی Agilent 5975C از نوع چهار قطبی، مجهز به ستون DB-5 نیمه‌قطبی به طول ۳۰ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر که ضخامت لایه فاز ساکن برابر ۰/۲۵ میکرون بود، استفاده شد. از هلیوم به‌عنوان گاز حامل با سرعت ۳۰/۶ سانتی‌متر بر ثانیه در طول ستون استفاده شد. برنامه‌ریزی حرارتی ستون از ۶۰ درجه سانتی‌گراد شروع شده و پس از ۳ دقیقه توقف در همان دما، به‌تدریج با سرعت ۳ درجه سانتی‌گراد در دقیقه افزایش یافته تا به ۲۶۰ درجه سانتی‌گراد رسید و در نهایت ۳ دقیقه در این دما نگهداری شد. دمای محفظه تزریق و ترانسفرلاین به‌ترتیب ۲۶۰ و ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شده بود. زمان اسکن برابر یک ثانیه، انرژی یونیزاسیون ۷۰ الکترون ولت و اسکن ناحیه جرمی از ۴۰ تا ۳۴۰ بود.

شناسایی مواد تشکیل‌دهنده اسانس به سه روش مقایسه شاخص بازداری اجزای اسانس با آنچه در منابع وجود داشت (Adams, 2007)، مطالعه طیف‌های جرمی هر یک از اجزای اسانس با طیف جرمی موجود در کتابخانه دستگاه GC/MS و در نهایت تزریق همزمان نمونه‌های استاندارد از ترکیب‌های شناخته‌شده در اسانس‌ها انجام شد.

اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکوشیمیایی خاک

در هر رویشگاه، پنج نمونه خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر برداشت شد. واکنش خاک به‌وسیله pH متر الکترود شیشه‌ای، هدایت الکتریکی با هدایت‌سنج الکتریکی بر حسب دسی‌زیمنس بر متر، درصد اشباع با استفاده از گِل اشباع بر حسب درصد، بافت خاک به روش هیدرومتری، آهک به روش حجم‌سنجی با اسیدکلریدریک بر حسب درصد، گچ به روش استُن برحسب میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم، فسفر قابل جذب به روش اُلسون، پتاسیم قابل جذب به روش عصاره‌گیری با استات آمونیم، نیتروژن کل به روش کجلدال و ماده آلی به روش والکی - بلاک اندازه‌گیری شد (Anonymous, 2009).

جایگاه حفاظتی گونه

جایگاه حفاظتی *S. olivieri* با استفاده از روش اتحادیه جهانی حفاظت از طبیعت (IUCN, 2022) تعیین شد. برای این منظور، دو پارامتر EOO و AOO این گونه با استفاده از نرم‌افزار GeoCAT و براساس مختصات جغرافیایی نقاط پراکنش آن تعیین شد. سپس با استفاده از این اطلاعات و همچنین داده‌های

مربوط به اندازه جمعیت و کیفیت رویشگاه، در زمینه جایگاه حفاظتی گونه *S. olivieri* براساس شاخص‌های این اتحادیه تصمیم‌گیری شد.

تحلیل آماری

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به صفات عملکردی *S. olivieri* و خصوصیات اکولوژیکی سه رویشگاه با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ صورت گرفت. مقایسه میانگین داده‌های سه رویشگاه پس از معنی‌داربودن آنها با استفاده از آزمون تحلیل واریانس (ANOVA) انجام شد. برای تحلیل عاملی از روش تجزیه مولفه‌های اصلی (PCA) در نرم‌افزار Minitab نسخه ۱۷ و برای تعیین همبستگی خصوصیات از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ استفاده شد. در آنالیزداده‌ها، ترکیب‌هایی از اسانس استفاده شد که مقادیر آنها حداقل در یکی از رویشگاه‌ها بیش از ۳ درصد بود.

نتایج

تجزیه واریانس مقادیر صفات رویشی *S. olivieri* در سه رویشگاه نشان داد که از نظر قطر و سطح تاج‌پوشش در سطح ۰/۱ درصد، سطح برگ در سطح ۱ درصد و ارتفاع و زیتوده در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در سه رویشگاه بیشترین مقادیر ارتفاع (۴۵/۲ سانتی‌متر)، قطر تاج‌پوشش (۳۶/۹ سانتی‌متر)، سطح تاج‌پوشش (۲/۷ درصد)، سطح برگ (۲/۲ سانتی‌متر مربع) و زیتوده (۳۹/۸ گرم) به رویشگاه تویه مربوط است (جدول ۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات رویشی *S. olivieri*

Table 2. Variance analysis of vegetative traits of *S. olivieri*.

Sources of variations	d.f.	Mean Squares				
		Height	Canopy diameter	Canopy cover	Leaf area	Biomass
Habitat	2	66.074*	636.817***	6.761***	0.962**	174.781*
Experimental error	42	16.016	12.508	0.170	0.067	42.372

*, ** and ***: significant at 5, 1 and 0.1% probability levels, respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین (± انحراف معیار) صفات رویشی *Seseli olivieri*

Table 3. Comparison of mean (±SD) vegetative traits of *S. olivieri*.

Morphological traits	Areas		
	Tange Kavard	Enzo	Tuyeh
Height (cm)	38.04±4.88	40.64±4.27	45.22±2.44
Canopy diameter (cm)	14.40±1.88	24.10±4.45	36.90±3.76
Canopy cover (%)	0.41±0.10	1.17±0.44	2.69±0.55
Leaf area (cm^2)	1.41±0.12	1.63±0.10	2.25±0.42
Biomass (g)	28.52±3.13	31.22±2.81	39.84±10.46

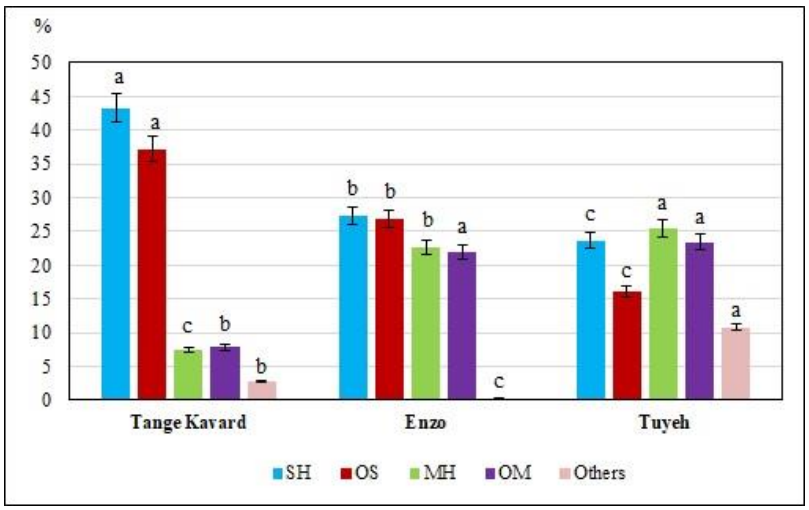
تجزیه اسانس اندام‌های هوایی سه جمعیت *S. olivieri* وجود ۴۱ ترکیب را نشان داد که از میان آنها ۲۵ ترکیب در سه رویشگاه مشترک هستند (جدول ۴). بیشترین مقادیر مواد مؤثره در رویشگاه تنگ کاورد به آپیول، سیس-کادینا-۱(۶)،۴-دی‌ان، آلفا-گورجونن و اسپاتولنول به‌ترتیب با ۱۶/۲، ۱۴/۵، ۱۳/۸ و ۱۲/۲؛ در رویشگاه انزو به آپیول، بورنیل استات و آلفا-پینن به‌ترتیب با ۲۰/۵، ۱۶/۴ و ۱۱/۹؛ و در رویشگاه تویه به بورنیل استات، آلفا-پینن و ان-تتراکوزان به‌ترتیب با ۲۰/۷، ۱۶/۲ و ۱۰/۲ مربوط بود.

جدول ۴- ترکیب‌های اسانس *S. olivieri* در سه رویشگاه.

Table 4. *S. olivieri* essential oil compounds in three habitats.

No	Compounds	RI	Major components	Tange Kavard	Enzo	Tuyeh
1	α-Pinene	940	MH	0.86	11.89	16.24
2	Camphene	956	MH	2.08	1.56	-
3	Sabinene	975	MH	0.52	0.43	1.49
4	β-Thujene	981	MH	0.75	0.97	5.12
5	β-Pinene	986	MH	0.86	1.28	0.58
6	Limonene	1032	MH	1.39	2.48	-
7	1,8-cineole	1037	OM	1.27	1.86	0.60
8	β-Phellandrene	1040	MH	0.34	2.79	1.12
9	*(Z)*-β-Ocimene	1050	MH	-	0.40	-
10	*(E)*-β-Ocimene	1065	MH	0.64	0.77	0.99
11	Linalool	1102	OM	0.56	1.19	-
12	Camphor	1140	OM	-	-	1.09
13	Pinocarvone	1166	OM	-	0.45	-
14	α-Terpineol	1201	OM	0.50	-	-
15	Myrtenal	1203	OM	0.34	0.69	1.02
16	Bornyl acetate	1290	OM	3.44	16.37	20.71
17	Myrtenyl acetate	1323	OM	1.70	1.41	-
18	Bicycloelemene	1330	SH	0.76	-	-
19	α-Cubebene	1345	SH	0.31	0.59	1.10
20	α-Ylangene	1372	SH	1.39	1.53	1.52
21	α-Copaene	1375	SH	1.68	0.59	0.12
22	Italicene	1424	SH	1.76	2.26	3.09
23	α-Gurjunene	1434	SH	13.81	7.86	1.97
24	α-Humulene	1473	SH	0.85	0.49	-
25	α-Acoradiene	1481	SH	2.33	1.13	1.35
26	*cis*-Cadina-1(6),4-diene	1489	SH	14.50	5.97	6.36
27	*trans*-Cadina-1(6),4-diene	1501	SH	5.19	2.64	3.22
28	Epizonarene	1519	SH	0.40	1.85	1.95
29	Zonarene	1520	SH	0.36	1.25	1.23
30	Germacrene B	1557	SH	-	1.08	1.70
31	Spathulenol	1573	OS	12.17	4.24	5.37
32	Caryophyllene oxide	1577	OS	3.31	1.16	1.55
33	γ-Eudesmol	1623	OS	-	-	0.75
34	α-Muurolol	1640	OS	0.57	0.51	0.54
35	α-Cadinol	1659	OS	-	-	2.03
36	5-*iso*-Cedranol	1663	OS	-	-	1.84
37	Apiole	1682	OS	16.23	20.54	3.88
38	*epi*-α-Bisabolol	1686	OS	3.89	0.41	0.15
39	*(2E,6Z)*-Farnesol	1716	OS	1.08	-	-
40	*n*-Tricosane	1768	AH	2.36	-	0.65
41	*n*-Tetracosane	2294	AH	0.45	0.26	10.17
	Total			98.66	98.94	99.50
Monoterpene hydrocarbons (MH %)				7.54	22.57	25.54
Oxygenated monoterpenes (OM %)				7.81	21.98	23.42
Sesquiterpene hydrocarbons (SH %)				43.34	27.26	23.61
Oxygenated sesquiterpenes (OS %)				37.25	26.87	16.11
Others (%)				2.81	0.26	10.82

بیشترین ترکیب‌های شیمیایی این گونه در رویشگاه تنگ کاورد به سزکویی‌ترپن‌های هیدروکربنی و سزکویی‌ترپن‌های اکسیژن‌دار به‌ترتیب با ۴۳/۳ و ۳۷/۲ درصد مربوط بود، در حالی که در رویشگاه انزو، به‌ویژه رویشگاه تویه سهم این ترکیب‌ها کاهش یافته و در عوض مقادیر مونوترپن‌های هیدروکربنی و مونوترپن‌های اکسیژن‌دار افزایش پیدا کرده بود (شکل ۲). این مونوترپن‌ها در رویشگاه تویه به ترتیب ۲۵/۵ و ۲۳/۴ درصد اجزای اسانس را تشکیل داده‌اند. علاوه بر این در رویشگاه تویه آلیفاتیک‌های هیدروکربنی (AH) مقادیر قابل‌توجهی از ترکیب‌های شیمیایی گونه *S. olivieri* را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۴).



شکل ۲- مقایسه گروه‌های اصلی ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس در جمعیت‌های مختلف؛ حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین آنها در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD است.

Figure 2. Comparison of the main groups of essential oil constituents in different populations; in each column, means with common letters indicate no significant difference between them at the 5% probability level using the LSD test. MH= Monoterpene Hydrocarbons, OM= Oxygenated Monoterpenes, SH= Sesquiterpene Hydrocarbons, OS= Oxygenated Sesquiterpenes.

تجزیه واریانس اجزای اسانس مشترک *S. olivieri* در سه رویشگاه تنگ کاورد، انزو و تویه 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 رویشگاه حاکی از آن است که آپیول، بورنیل استات، آلفا-پینن و سیس-کادینا-۱(۶)،۴-دی‌ان به‌ترتیب با ۱۳/۵۵، ۱۳/۵۱، ۹/۹۹ و ۸/۹۴ درصد بیشترین میانگین مقادیر را تشکیل داده‌اند (جدول ۶).

جدول ۵- تجزیه واریانس ترکیب‌های اسانس *S. olivieri*

Table 5. Analysis of variance of *S. olivieri* essential oil compounds.

Sources of variations	d.f.	Mean Squares			
		Apiol	Bornyl acetate	α-Pinene	*cis*-Cadina-1(6),4-diene
Habitat	2	373.852***	403.690***	314.405***	115.922***
Experimental error	6	2.807	2.802	2.194	1.084
Sources of variations	d.f.	Mean Squares			
		α-Gurjunene	Spathulenol	*trans*-Cadina-1(6),4-diene	*n*-Tetracosane
Habitat	2	175.174***	92.039***	8.994**	160.735***
Experimental error	6	1.197	1.550	0.784	0.248
Sources of variations	d.f.	Mean Squares			
		Italicene	β-Thujene	Caryophyllene oxide	*epi*-α-Bisabolol
Habitat	2	2.247***	30.335***	6.577***	21.858***
Experimental error	6	0.687	0.362	0.407	0.285

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

جدول ۶- مقایسه میانگین (± انحراف معیار) ترکیب‌های اسانس *S. olivieri*.

Table 6. Comparison of the mean (±SD) compositions of *S. olivieri* essential oil compounds.

Compounds	**Areas**		
	Tange Kavard	Enzo	Tuyeh
Apiole	16.23±1.73	20.54±2.08	3.88±1.05
Bornyl acetate	3.44±0.93	16.37±1.79	20.71±2.08
α-Pinene	0.86±0.24	11.89±1.70	16.24±1.90
cis-Cadina-1(6),4-diene	14.49±1.09	5.97±0.91	6.36±1.11
α-Gurjunene	13.81±1.65	7.86±0.74	1.97±0.56
Spathulenol	12.17±1.46	4.24±1.10	5.37±1.15
trans-Cadina-1(6),4-diene	5.19±1.15	2.64±0.52	3.22±0.87
n-Tetracosane	0.45±0.17	0.26±0.12	10.17±0.84
Italicene	1.76±0.49	2.26±0.88	3.09±1.02
β-Thujene	0.75±0.25	0.97±0.31	5.12±0.96
Caryophyllene oxide	3.31±0.94	1.16±0.97	1.55±0.52
epi-α-Bisabolol	3.89±0.91	0.41±0.14	0.15±0.06

تجزیه واریانس پارامترهای فیزیکوشیمیایی خاک نشان داد که بین هدایت الکتریکی، ماده آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهک، رطوبت اشباع، ماسه و سیلت در سطح ۰/۱ درصد و اسیدیته و ماسه در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری در سه رویشگاه وجود داشت (جدول ۷). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در رویشگاه تنگ کاورد، مقادیر اسیدیته، هدایت الکتریکی، آهک، ماسه و رس خاک نسبت به دو رویشگاه دیگر بیشتر بود (جدول ۸). ضمن اینکه مقادیر ماده آلی، پتاسیم، رطوبت اشباع و سیلت در رویشگاه انزو، و نیتروژن و فسفر در رویشگاه تویه در مقایسه با سایر رویشگاه‌ها بیشتر بود.

جدول ۷- تجزیه واریانس پارامترهای فیزیکوشیمیایی خاک *S. olivieri*.

Table 7. Variance analysis of soil physicochemical parameters of *S. olivieri*.

Sources of variations	d.f.	Mean Squares					
		pH	EC	OM	N	P	K
Habitat	2	0.025*	0.269***	6.181***	4.209***	37.800***	18540.217***
Experimental error	12	0.005	0.001	0.019	0.002	0.095	14.540
Sources of variations	d.f.	Mean Squares					
		Lime	SP	Sand	Silt	Clay	
Habitat	2	395.128***	244.845***	1340.0***	1486.667***	6.667*	
Experimental error	12	10.289	4.352	5.0	1.167	1.667	

* and ***: significant at 5 and 0.1% probability levels, respectively

جدول ۸- مقایسه میانگین (± انحراف معیار) پارامترهای فیزیکوشیمیایی خاک *S. olivieri*

Table 8. Comparison of mean (±SD) soil physicochemical parameters of *S. olivieri.*

Soil parameters	Areas		
	Tange Kavard	Enzo	Tuyeh
pH	7.64±0.03	7.59±0.05	7.50±0.11
EC (ds/m)	0.88±0.03	0.45±0.03	0.51±0.02
OM (%)	1.80±0.18	4.02±0.11	3.02±0.11
N (%)	0.10±0.02	0.23±0.03	1.75±0.06
P (mg/L)	11.20±0.25	9.40±0.22	14.80±0.41
K (mg/L)	37.60±2.99	157.20±4.79	117.30±3.42
Lime (%)	61.87±2.77	53.87±2.90	44.11±3.84
SP (%)	29.51±2.47	40.89±2.09	28.15±1.59
Sand (%)	86.0±1.58	54.0±3.16	76.0±1.58
Silt (%)	2.0±0.71	36.0±1.58	14.0±0.71
Clay (%)	12.0±1.22	10.0±1.0	10.0±1.58

در میان عوامل محیطی، ارتفاع از سطح دریا، بارندگی سالانه، دمای سالانه، حداقل دمای سردترین ماه، حداقل دمای مطلق، آهک و نیتروژن بیشترین همبستگی معنی‌دار را با صفات رویشی و ترکیب‌های اسانس *S. olivieri* داشتند. همچنین، قطر و سطح تاج‌پوشش، و مواد مؤثره اپی-آلفا-بیسابولول، بورنیل استات، آلفا-پینن، سیس-کادینا-۱(۶)،۴-دی‌ان، آلفا-گورجونن و اسپاتولنول بیشترین همبستگی معنی‌دار را با عوامل محیطی نشان دادند (جدول ۹). بین ارتفاع گیاه، قطر تاج‌پوشش، سطح تاج‌پوشش، زیتوده و سطح برگ با بورنیل استات، آلفا-پینن، ان-تتراکوزان و بتا-توجن همبستگی مثبت معنی‌داری مشاهده شد. به عبارتی با افزایش مقادیر صفات رویشی، میزان این ترکیب‌ها نیز افزایش یافته بود. درحالی‌که صفات رویشی با آپیول، سیس-کادینا-۱(۶)،۴-دی‌ان، آلفا-گورجونن، اسپاتولنول، کاریوفیلن اکسید و اپی-آلفا-بیسابولول همبستگی منفی معنی‌داری داشتند.

PCA متغیرهای محیطی مؤثر بر صفات رویشی و ترکیب‌های اسانس گونه *S. olivieri* نشان داد که ارتفاع از سطح دریا، بارندگی سالانه، نیتروژن و فسفر بیشترین تأثیر را بر مقادیر ان-تتراکوزان، بتا-توجن، ایتالیسن، بورنیل استات، آلفا-پینن، ارتفاع گیاه، قطر تاج‌پوشش، سطح تاج‌پوشش، سطح برگ و زیتوده در رویشگاه تویه داشت (شکل ۳). همچنین، رس، ماسه، هدایت الکتریکی، دمای سالانه، حداکثر دمای گرمترین ماه، حداقل دمای سردترین ماه، حداکثر و حداقل دمای مطلق و آهک بیشترین تأثیر را بر مقادیر اپی-آلفا-بیسابولول، سیس-کادینا-۱(۶)،۴-دی‌ان، اسپاتولنول، کاریوفیلن اکسید، ترانس-کادینا-۱(۶)،۴-دی‌ان و آلفا-گورجونن در رویشگاه تنگ کاورد نشان دادند. آپیول نیز در رویشگاه انزو بیشترین مقادیر را داشت. این منطقه از نظر ارتفاعی مابین دو منطقه دیگر قرار گرفته و به‌نظر می‌رسد علاوه بر رطوبت اشباع، مقادیر متوسط پارامترهای اقلیمی و ادافیکی بر کمیت آن بیشترین تاثیر را داشتند (شکل ۳).

جدول ۹- همبستگی پیرسون بین صفات رویشی و ترکیب‌های اسانس *S. olivieri* با عوامل محیطی.

Table 9. Pearson correlation between vegetative traits and essential oil compounds of *S. olivieri* with environmental factors.

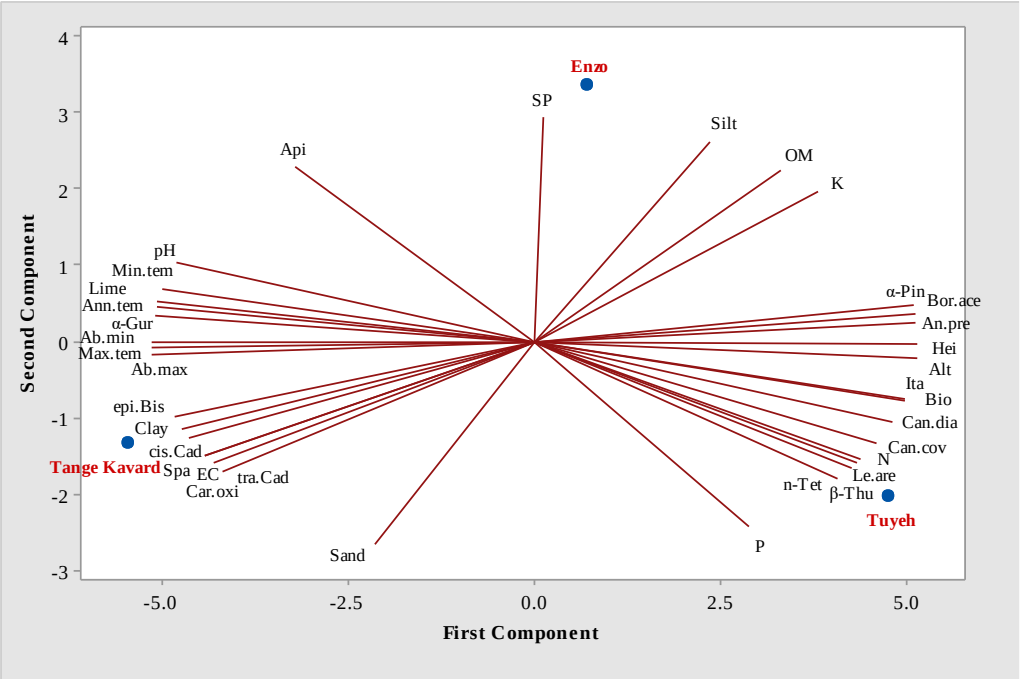
	Altitude	Annual precipitation	Annual temperature	Maximum temperature of hottest month	Minimum temperature of coldest month	Absolute maximum temperature	Absolute minimum temperature	pH
Hieght	.620*	.566*	.551*	-.522*	-.691**	.102	-.792**	-.361
Canopy diameter	.936**	.733**	-.748**	-.527*	-.918**	-.037	-.780**	-.595*
Canopy cover	.906**	.689**	-.723**	-.517*	-.894**	-.033	-.751**	-.597*
Leaf.area	.802**	.695**	-.775**	-.390	-.851**	-.217	-.723**	-.831**
Biomass	.636*	.539*	-.610*	-.222	-.663**	.125	-.537*	-.601*
Apiole	-.660**	-.482	.599*	.437	.749**	.149	.490	.554*
Bornyl acetate	.943**	.780**	-.762**	-.651**	-.843**	-.292	-.678**	-.469
α-Pinene	.960**	.814**	-.844**	-.604*	-.881**	-.352	-.722**	-.635*
cis-Cadina-1(6),4-diene	-.845**	-.864**	.676**	.617*	.779**	.194	.625*	.509
α-Gurjunene	-.954**	-.845**	.797**	.686**	.910**	.334	.735**	.725**
Spathulenol	-.764**	-.702**	.528*	.607*	.641*	.115	.616*	.343
trans-Cadina-1(6),4-diene	-.603*	-.570*	.495	.505	.463	.325	.574*	.562*
n-Tetracosane	.818**	.626*	-.712**	-.533*	-.868**	-.211	-.547*	-.578*
Italicene	.572*	.416	-.611*	-.282	-.575*	-.367	-.048	-.042
β-Thujene	.836**	.656**	-.797**	-.472	-.886**	-.281	-.613*	-.750**
Caryophyllene oxide	-.639*	-.558*	.495	.452	.468	.319	.600*	.495
epi-α-Bisabolol	-.867**	-.830**	.668**	.662**	.752**	.390	.638*	.551*

ادامه جدول ۹.

Table 9. Continued.

	EC	OM	N	P	K	Lime	SP	Sand	Silt	Clay
Hieght	-.416	.273	.590*	.531*	.364	-.517*	-.271	-.097	.128	-.285
Canopy diameter	-.677**	.438	.874**	.647**	.558*	-.869**	-.149	-.190	.246	-.415
Canopy cover	-.596*	.334	.892**	.703**	.529*	-.843**	-.228	-.089	.144	-.358
Leaf.area	-.525*	.263	.835**	.717**	.381	-.693**	-.357	-.006	.060	-.288
Biomass	-.378	.168	.648**	.551*	.254	-.657**	-.245	-.003	.030	-.358
Apiole	.147	.184	-.924**	-.962**	.052	.688**	.743**	-.429	.394	.201
Bornyl acetate	-.893**	.733**	.725**	.394	.808**	-.879**	.217	-.537*	.579*	-.559*
α-Pinene	-.896**	.721**	.756**	.441	.801**	-.866**	.142	-.499	.547*	-.522*
cis-Cadina-1(6),4-diene	.971**	-.894**	-.517*	-.151	-.938**	.756**	-.353	.755**	-.777**	.692**
α-Gurjunene	.790**	-.514*	-.881**	-.650**	-.641*	.882**	.070	.292	-.342	.586*
Spathulenol	.926**	-.882**	-.424	-.046	-.930**	.712**	-.481	.769**	-.803**	.701**
trans-Cadina-1(6),4-diene	.812**	-.755**	-.312	-.011	-.818**	.519*	-.455	.663**	-.710**	.595*
n-Tetracosane	-.371	.040	.989**	.936**	.166	-.838**	-.556*	.220	-.181	-.333
Italicene	-.403	.305	.578*	.440	.284	-.707**	-.103	-.125	.129	-.352
β-Thujene	-.428	.105	.974**	.907**	.232	-.807**	-.527*	.173	-.125	-.302
Caryophyllene oxide	.841**	-.768**	-.356	-.032	-.838**	.539*	-.522*	.662**	-.722**	.540*
epi-α-Bisabolol	.956**	-.809**	-.589*	-.252	-.877**	.738**	-.375	.667**	-.700**	.555*

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

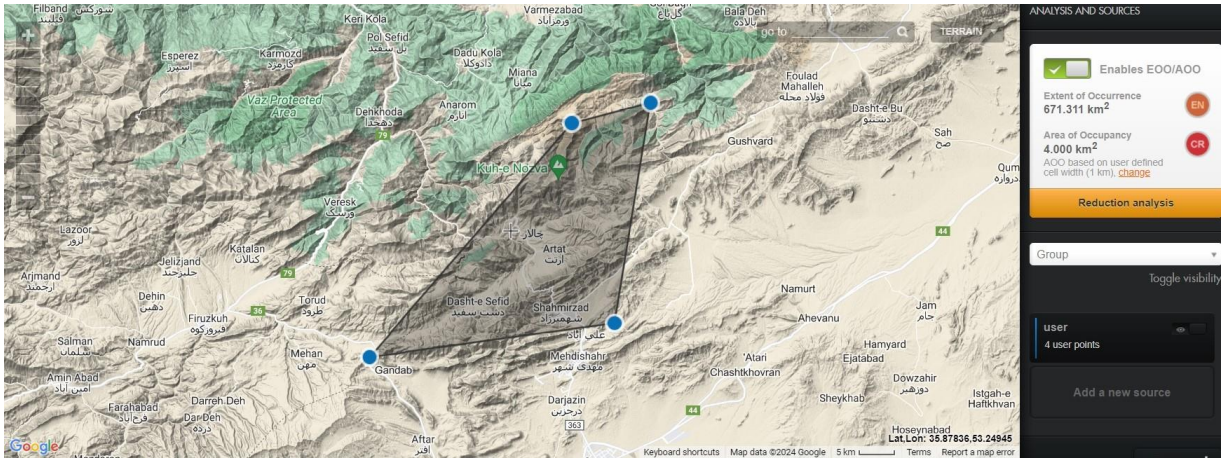


شکل ۳- نمودار رسته‌بندی متغیرهای محیطی، صفات رویشی و ترکیب‌های اسانس *S. olivieri*.

Figure 3. Ordination diagram of environmental variables, vegetative traits and essential oil compounds of *S. olivieri*.

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, Gyp= Gypsum, SP= Saturation percentage, San= Sand, Sil= Silt, Cla= Clay, Hei= Height, Can.dia= Canopy diameter, Can.cov= Canopy cover, Le.are= Leaf.area, Bio= Biomass, Api= Apiole, Bor.ace= Bornyl acetate, α-Pin= α-Pinene, cis.Cad= *cis*-Cadina-1(6),4-diene, tra.Cad= *trans*-Cadina-1(6),4-diene, α-Gu= α-Gurjunene, Spa= Spathulenol, n-Tet= *n*-Tetracosane, Ita= Italicene, β-Thu= β-Thujene, Car.oxi= Caryophyllene oxide, epi-Bis= *epi*-α-Bisabolol.

تعداد پایه‌های بالغ و دانه‌رُست *S. olivieri* در سه رویشگاه به‌ترتیب ۲۰۳ و ۲۷ شمارش شد. چرای دام و خشکسالی باعث تخریب جمعیت‌های این گونه و رویشگاه‌های آن شده است. با توجه به اینکه سطح تحت اشغال این گونه در جمعیت‌های مطالعه‌شده (AOO) ۴ کیلومترمربع و محدوده حضور آن در استان (EOO) ۶۷۱/۳۱۱ کیلومترمربع است (شکل ۴)، جایگاه حفاظتی این گونه به‌ترتیب CR و EN و بنابراین سطح حفاظتی کلی آن در بحران انقراض (CR) تعیین شد.



شکل ۴- محدوده حضور و سطح تحت اشغال گونه *Seseli olivieri*.

Figure 4. Extent of Occurrence and Area of Occupancy by *Seseli olivieri*.

بحث

ارتفاع یکی از پارامترهای مهم توپوگرافیکی است که سایر عوامل محیطی، ازجمله دما، بارندگی، شدت تابش، سرعت باد، رطوبت قابل‌دسترس و طول دوره رشد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به همین دلیل، رشد و نمو گونه‌ها براساس خصوصیات ژنتیکی و نیازهای اکولوژیکی‌شان در ارتفاع‌های مختلف تغییراتی را نشان می‌دهد. لذا گونه‌های ارتفاع‌پسند، نظیر *S. olivieri* در مناطق مرتفع‌تر شرایط مطلوبی برای رشد و گسترش خود دارند. مقایسه صفات رویشی *S. olivieri* در سه رویشگاه بررسی‌شده تأثیر شرایط محیطی را به خوبی نشان می‌دهد. در فلور ایران دامنه ارتفاعی این گونه ۳۰۰۰-۱۳۰۰ متر بالاتر از سطح دریا ذکر شده است و بیشترین پراکنش در زون ۲۶۰۰-۲۳۰۰ متر است (Mozaffarian, 2007). بنابراین رویشگاه بهینه این گونه، مناطق کوهستانی و دامنه‌های صخره‌ای و سنگی است؛ به همین دلیل مقادیر شاخص‌های رویشی آن (ارتفاع گیاه، قطر تاج‌پوشش، سطح تاج‌پوشش، سطح برگ و زیتوده) در مرتفع‌ترین رویشگاه‌های بررسی‌شده (تویه با ارتفاع ۲۳۳۰ متر بالاتر از سطح دریا) در مقایسه با دو رویشگاه کم ارتفاع‌تر (انزو با ارتفاع ۲۰۱۰ متر و تنگ کاورد با ارتفاع ۱۷۲۰ متر) بیشتر است. در جدول همبستگی نیز مشاهده می‌شود که بین ارتفاع از سطح دریا و بارندگی سالانه با ارتفاع گیاه، قطر تاج‌پوشش، سطح تاج‌پوشش، سطح برگ و زیتوده همبستگی مثبت معنی‌دار، و با سایر پارامترهای اقلیمی شامل دمای سالانه، حداکثر دمای گرمترین ماه، حداقل دمای سردترین ماه، حداکثر و حداقل دمای مطلق همبستگی منفی معنی‌دار وجود دارد. نمودار رسته‌بندی تحلیل مولفه‌های اصلی نیز نشان می‌دهد که ارتفاع از سطح دریا و بارندگی سالانه بیشترین تأثیر را بر مقادیر صفات رویشی این گونه در منطقه تویه دارد.

در بررسی تأثیر ارتفاع از سطح دریا و پارامترهای اقلیمی بر صفات رویشی گونه ارتفاع‌پسند *Chaerophyllum macropodum* Boiss. در چهار منطقه استان تهران و البرز با دامنه ارتفاعی ۲۴۰۰-۱۹۰۰ متر نیز مشاهده شد که بین ارتفاع گیاه و سطح تاج‌پوشش با ارتفاع از سطح دریا، دمای سالانه، حداقل دمای سردترین ماه و حداقل دمای مطلق همبستگی معنی‌داری وجود دارد (Rabie et al., 2018). این نتایج تا حدود زیادی همسو با یافته‌های پژوهش حاضر است. در زمینه همبستگی تراکم و سطح تاج‌پوشش *Prangos uloptera* DC. با عوامل محیطی، ازجمله ارتفاع از سطح دریا، بارندگی سالانه و دمای سالانه در چهار منطقه استان اردبیل با دامنه ارتفاعی ۲۳۰۰-۱۶۵۰ متر نتایج مشابه با پژوهش حاضر به‌دست آمد (Mirzaei Mossivand et al., 2018). در انطباق با پژوهش حاضر، سطح تاج‌پوشش گونه ارتفاع‌پسند *Kelussia*

odoratissima Mozaff. در دامنه ارتفاعی ۲۸۵۰-۲۶۰۰ در رشته کوه زاگرس همبستگی مثبت معنی‌داری با ارتفاع و میزان شیب داشت، اما تاثیر بارندگی و جهت دامنه معنی‌دار نبود (Jahantab et al., 2022). برخلاف نتایج پژوهش‌های ذکرشده، در مطالعه صفات مورفولوژیکی گونه آلپی *Achillea aucheri* Boiss. در دامنه ارتفاعی ۴۳۰۰-۳۹۰۰ متر کوه دماوند با افزایش ارتفاع از سطح دریا خصوصیاتی مانند، ارتفاع بوته، تعداد برگ در هر گره و زیتوده کاهش پیدا کرده است، اما میزان اسانس در ارتفاعات بیشتر بود (Farhang Sardrodi et al., 2015). این پژوهشگران بر این باورند که بخشی از انرژی فتوسنتزی گیاهان در ارتفاعات بالاتر صرف تولید متابولیت‌های ثانویه به‌ویژه اسانس‌ها برای غلبه بر استرس و بقا در شرایط نامناسب می‌شود.

در میان پارامترهای فیزیکوشیمیایی خاک، نیتروژن و فسفر با ارتفاع گیاه، قطر تاج‌پوشش، سطح تاج‌پوشش، سطح برگ و زیتوده *S. olivieri* همبستگی مثبت معنی‌دار و با آهک، اسیدیته و هدایت الکتریکی همبستگی منفی معنی‌داری داشتند. بر این اساس، بیشترین مقادیر نیتروژن و فسفر در خاک منطقه تویه و بیشترین مقادیر آهک، اسیدیته و هدایت الکتریکی در خاک منطقه تنگ کاورد مشاهده شد. نمودار PCA نیز موقعیت مکانی این پارامترها را در نزدیکی مناطق تویه و تنگ کاورد تأیید کرد. همبستگی معنی‌داری بین پارامترهای اقلیمی، توپوگرافیکی و ادافیکی با سطح تاج‌پوشش و تراکم گونه‌های ارتفاع‌پسند *Prangos ferulacea* (L.) Lindl. و *P. pabularia* Lindl. در استان اردبیل با دامنه ارتفاعی ۲۴۰۰-۱۷۰۰ متر نیز مشاهده شد (Mirzaei Mossivand et al., 2019). در ارتفاعات بالا، هدایت الکتریکی و ریزمغذی‌های خاک کاهش می‌یابد که ممکن است به‌دلیل کاهش میزان سیلت و رس در این مناطق باشد. گونه‌هایی که در ارتفاعات زندگی می‌کنند مکانیسم‌های دفاعی خاصی، ازجمله تجمع متابولیت‌های ثانویه را در پاسخ به تنش‌های غیرزیستی به‌عنوان یک استراتژی بقا اتخاذ می‌کنند (Ibrahim et al., 2020).

در مجموع، ۴۱ ترکیب شیمیایی در اندام هوایی جمعیت‌های تنگ کاورد، انزو و تویه *S. olivieri* شناسایی شد که از میان آنها ۲۵ ترکیب مشترک هستند. در زمینه شناسایی ترکیب‌های اسانس این گونه تا کنون فقط یک مطالعه در دو منطقه شهمیرزاد سمنان و گلاب‌دره تهران انجام شده است (Yassa & Akhani, 2016). در این مناطق به‌ترتیب ۴۹ و ۵۲ ترکیب شناسایی شد که ۲۳ ترکیب آنها مشترک بودند؛ ضمن اینکه از ۷۸ ترکیب اسانس این دو جمعیت، ۳۱ ترکیب با سه جمعیت پژوهش حاضر مشترک هستند. در سایر گونه‌های این جنس نیز تفاوت در کمیت و کیفیت اجزای اسانس به‌دلیل عوامل ژنتیکی و شرایط محیطی مختلف رویشگاه‌ها وجود دارد. به‌عنوان مثال، در گونه *S. staurophyllum* که از دو منطقه گرمسار (Sefidkon et al., 1997) و ریوش کاشمر (Sedghat et al., 2003) جمع‌آوری‌شده بود، به‌ترتیب ۱۵ و ۳۲ ترکیب شناسایی‌شد که ۱۱ ترکیب آنها مشترکند. همچنین، در گونه *S. transcaucasicum* که از دو منطقه شمال‌غرب ایران (Shahabipour et al., 2013) و یوش جاده چالوس (Masoudi et al., 2006) جمع‌آوری‌شده بود، اجزای اسانس شناسایی‌شده به‌ترتیب ۵۴ و ۲۵ بودند که ۱۵ ترکیب آنها مشترکند. متاسفانه در هیچیک از مقالات ذکرشده شرایط رویشگاهی گونه‌ها، ازجمله موقعیت جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا و اقلیم منطقه اشاره نشده و در مواردی فقط کد هرباریومی ذکر شده است. در صورتی که با استفاده از اطلاعات شرایط رویشگاهی امکان بررسی تأثیر عوامل محیطی بر کمیت و کیفیت اسانس گونه‌های دارویی وجود داشته و می‌توان شرایط مناسب را برای استحصال بهینه اسانس آنها تعیین و معرفی کرد.

نتایج همبستگی ترکیب‌های اسانس *S. olivieri* با عوامل محیطی نشان داد که هر یک از این ترکیب‌ها تحت تأثیر چند عامل محیطی قرار دارند. ضمن‌اینکه عکس‌العمل گیاه برای افزایش یا کاهش مقادیر تعدادی از ترکیب‌ها مشابه است. به‌عنوان مثال، اپی-آلفا-بیسابولول، سیس-کادینا-۱(۶)،۴-دی‌ان، ترانس-کادینا-۱(۶)،۴-دی‌ان، آلفا-گورجونن، اسپاتولنول، کاریوفیلن اکسید و آپیول با دمای سالانه، حداقل دمای سردترین ماه، حداقل دمای مطلق، آهک، هدایت الکتریکی، ماسه و رس همبستگی مثبت معنی‌دار، و با ارتفاع از سطح دریا، بارندگی سالانه، نیتروژن، پتاسیم، ماده آلی و سیلت همبستگی منفی معنی‌دار داشتند. عکس‌العمل گیاه در مورد بورنیل استات، آلفا-پینن، ان-تتراکوزان، بتا-توجن و ایتالیسن کاملاً متفاوت بود، به‌طوری که مقادیر این ترکیب‌ها تحت تأثیر ارتفاع از سطح دریا، بارندگی سالانه و نیتروژن افزایش یافته، اما دمای سالانه، حداقل دمای سردترین ماه، حداقل دمای مطلق و آهک تأثیر منفی بر مقادیر آنها داشتند. نمودار PCA نیز تأثیرپذیری این ترکیب‌ها را با پارامترهای محیطی تأیید کرد.

در زمینه تأثیر پارامترهای محیطی بر مقادیر کمی و کیفی ترکیب‌های اسانس گونه‌های *Seseli* تا کنون در ایران مطالعه‌ای انجام نشده است. در تنها پژوهشی که روی گونه *S. rigidum* در صربستان انجام شده بود، با وجود اختلاف در بازده اسانس ریشه هفت جمعیت این گونه، اما از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در

میانگین بازده اسانس وجود نداشت و تأثیر معنی‌دار اقلیم یا نوع خاک بر بازده اسانس مشاهده نشد (Marčetić et al., 2013). در تمام جمعیت‌ها، فالکارینول ترکیب اصلی بود و پس از آن اُکتانول، متیل لینولیت، آلفا-مورولن، ۳-بوتیل‌فتالید و فالکارینون اجزای اصلی را تشکیل داده‌اند. ترکیب‌های شیمیایی اصلی ریشه *S. rigidum* جمع‌آوری‌شده از بلغارستان، فالکارینول، سابینن و اِلمول؛ و از صربستان با اقلیم مرطوب و خاک سرپانتین، فالکارینول و با اقلیم نیمه‌خشک و خاک آهکی، فالکارینول و آلفا-پینن بود (Živković et al., 2016). در هیچیک از این پژوهش‌ها رابطه بین اجزای اسانس با شرایط محیطی تعیین نشده بود.

همبستگی بین برخی از عوامل محیطی و ترکیب‌های اسانس در سایر گونه‌های تیره Apiaceae نیز گزارش شده است. در بررسی اجزای اسانس بذر *Heracleum persicum* Desf. که از ۱۰ جمعیت در مناطق مختلف کشور جمع‌آوری شده بود، بین برخی از اجزای اسانس و تعدادی از ۳۲ پارامتر اقلیمی و ادافیکی همبستگی معنی‌داری مشاهده شد (Hasani et al., 2017). البته هیچیک از اجزای اصلی اسانس این گونه با ترکیب‌های *S. olivieri* مشابه نبودند. به‌رغم دامنه ارتفاعی ۲۹۰۰-۱۵۰۰ متر این مناطق، اما همبستگی معنی‌داری بین ترکیب‌های اسانس *H. persicum* و ارتفاع از سطح دریا وجود نداشت. در چهار جمعیت *Chaerophyllum macropodum* بین ترکیب‌های اصلی اسانس و برخی از عوامل محیطی همبستگی معنی‌داری مشاهده شد (Rabie et al., 2018). آلفا-پینن تنها ترکیب مشترک این گونه با *S. olivieri* است که با ارتفاع از سطح دریا، بارندگی سالانه، سیلت و رس همبستگی مثبت معنی‌دار و با دمای سالانه، حداکثر و حداقل دمای مطلق و ماسه همبستگی منفی معنی‌داری را نشان داد. این نتایج همسو با یافته‌های پژوهش حاضر است، اما برخلاف *S. olivieri* بین آلفا-پینن با اسیدیته و آهک همبستگی مثبت، و ماده آلی همبستگی منفی معنی‌داری وجود داشت. در بررسی تأثیر شرایط محیطی بر عملکرد و محتوای ترکیب‌های شیمیایی ۹ جمعیت *Ferula assa-foetida* L. در استان کرمان با دامنه ارتفاعی ۳۱۰۰-۱۸۵۰ متر، بارندگی سالانه ۲۷۰-۱۴۵ میلی‌متر و دمای سالانه ۷-۷/۱۵ درجه سانتی‌گراد، همبستگی منفی بین افزایش ارتفاع با بازده اسانس مشاهده شد، اما همبستگی معنی‌داری بین ترکیب‌های اسانس اصلی نظیر آلفا-پینن و پارامترهای توپوگرافی، اقلیمی و ادافیکی وجود نداشت (Moghaddam & Farhadi, 2015). در انطباق با نتایج پژوهش حاضر، بین آلفا-پینن و پتاسیم خاک دو جمعیت *F. assa-foetida* در استان کرمان همبستگی مثبت معنی‌داری مشاهده شد، اما همبستگی بین آلفا-پینن و آهک مثبت معنی‌دار بود (Saadatfar et al., 2020). همبستگی عوامل محیطی با ترکیب‌های اصلی اسانس ۱۰ جمعیت *F. assa-foetida* در رویشگاه‌های طبیعی ایران با دامنه ارتفاعی ۲۸۵۰-۱۲۵۰ متر، بارندگی سالانه ۵۷۳-۴۰ میلی‌متر و دمای سالانه ۲۳/۷-۱۲/۲ درجه سانتی‌گراد بررسی شد (Karimi et al., 2020). با وجود اختلاف محسوس بین شرایط رویشگاهی این جمعیت‌ها، اما همبستگی بسیار کمی بین اجزای اسانس و عوامل محیطی، به‌ویژه ارتفاع، بارندگی و دما مشاهده شد. آلفا-پینن به‌عنوان تنها ترکیب اسانس مشترک با *S. olivieri*، با اسیدیته همبستگی منفی معنی‌دار داشت، اما برخلاف *S. olivieri* با رس و پتاسیم همبستگی مثبت معنی‌داری را نشان داد. همسو با پژوهش حاضر، بین آلفا-پینن و بتا-پینن با ارتفاع از سطح دریا در ۱۴ جمعیت *F. assa-foetida* با دامنه ارتفاعی ۲۳۰۰-۷۰۰ متر همبستگی مثبت معنی‌داری مشاهده شد (Hassanabadi et al., 2019).

کیفیت داروهای گیاهی که نقش بسیار مهمی در سیستم بهداشتی ایفا می‌کند، توسط مواد مؤثره تولیدشده توسط گیاهان تعیین می‌شود. نوع، میزان و نسبت این مواد تحت تاثیر عوامل اکولوژیکی در مناطقی که گیاهان در آن رشد می‌کنند، متفاوت است (Li et al., 2020). به‌عنوان مثال، گیاه دارویی ضدسرطان *Sinopodophyllum hexandrum* (Royle) T.S.Ying در هشت رویشگاه طبیعی چین با دامنه ارتفاعی ۳۸۵۰-۱۰۰۰ متر مورد بررسی قرار گرفت (Liu et al., 2015). همبستگی بین مواد مؤثره ریشه این گونه و عوامل محیطی نشان داد که این پارامترها بر روی میزان و نوع مواد مؤثره اثر معنی‌داری دارند. عوامل اکولوژیکی تاثیرگذار بر مواد مؤثره، شامل بارندگی سالانه، میانگین دمای تیرماه، دوره بدون یخبندان، مدت تابش آفتاب، اسیدیته، ماده آلی و پتاسیم خاک بود. نتایج نشان داد که از نظر میزان و نوع متابولیت‌های ثانویه، شرایط بعضی از رویشگاه‌ها برای تولید پودوفیلوتوکسین و لیگنان‌ها، و بعضی دیگر برای تولید کورستین و کامپفرول مساعد بود. در پژوهش حاضر نیز *S. olivieri* در هر یک از رویشگاه‌ها دارای ترکیب‌های اسانس با ارزشی است. در رویشگاه تویه، بورنیل استات، آلفا-پینن، ان-تتراکوزان و بتا-توجن به‌ترتیب بیشترین اجزای اسانس را تشکیل داده‌اند. بورنیل استات به‌عنوان داروی ضد التهاب و تعدیل‌کننده سیستم ایمنی، و افزودنی غذا و طعم‌دهنده کاربرد دارد (Zhao et al., 2023). طیف گسترده‌ای از فعالیت‌های دارویی در مورد آلفا- و بتا-پینن گزارش شده است، از جمله تعدیل مقاومت آنتی‌بیوتیکی، ضد انعقاد، ضد سرطان، ضد میکروبی، ضد مالاریا،

آنتی‌اکسیدان، ضد التهاب، ضد اضطراب، ضد درد، محافظ سیستم گوارشی، ضد تشنج و محافظت سیستم عصبی (Salehi et al., 2019). ان-تتراکوزان خاصیت آنتی‌اکسیدانی دارد و در درمان بیماری آلزایمر می‌تواند موثر باشد (Lomarat et al., 2015; Bangar et al., 2022). بتا-توجن دارای فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی است (Garzoli et al., 2019). در رویشگاه تنگ کاورد، کادینا-۱(۶)،۴-دی‌ان، آلفا-گورجونن و اسپاتولنول به‌ترتیب بیشترین مقادیر ترکیب‌های اسانس را شامل می‌شوند. کادینا-۱(۶)،۴-دی‌ان به گروهی از سسکوئی‌ترپن‌های فعال بیولوژیکی تعلق دارد که خواص ضد قارچی بالایی از خود نشان می‌دهند (Salinas et al., 2020). آلفا-گورجونن فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ضد التهابی و ضد میکروبی دارد و اغلب برای تقویت عطرها و محصولات آرایشی با بوی تازه و طعم‌دهنده انواع غذاها استفاده می‌شود (Rajput et al., 2018). اسپاتولنول دارای فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی، ضد التهابی و ضد سرطان است (Passos et al., 2022). آپیول نیز به‌عنوان داروی ضد سرطان معرفی شده است و در گذشته برای درمان اختلالات قاعدگی و سقط جنین استفاده می‌شد (Wu et al., 2019). این ترکیب در رویشگاه‌های انزو و تنگ کاورد به‌ترتیب بیشترین درصد اسانس را تشکیل می‌دهد. بنابراین در سه رویشگاه بررسی‌شده، ترکیب‌های اصلی اسانس گیاه *S. olivieri* کاربرد دارویی داشته و می‌توان از آنها برای درمان بیماری‌ها استفاده کرد.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، اثرات درمانی بالینی گیاهان دارویی به کمیت و کیفیت متابولیت‌های ثانویه آنها مربوط می‌شود. این متابولیت‌ها شاخص مهمی برای ارزیابی کیفیت مواد دارویی محسوب می‌شوند. با این حال، سنتز و تجمع متابولیت‌های ثانویه بسیار پیچیده است، زیرا تحت تأثیر عوامل ژنتیکی (بیان ژن‌های تنظیم‌کننده) و عوامل محیطی (نور، دما، آب و غیره) قرار دارند. بنابراین، با توجه به هدف مورد نظر باید شرایط محیطی مناسب را برای گیاه فراهم کرد تا به عملکرد شیمیایی مطلوب دست یافت. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که با وجود تشابه نسبی اجزای اصلی اسانس این گونه در سه رویشگاه، اما درصد آنها متفاوت است. در بین خصوصیات محیطی، ارتفاع، بارندگی سالانه، دمای سالانه، حداقل دمای سردترین ماه، حداقل دمای مطلق، آهک و نیتروژن مهم‌ترین عوامل موثر بر صفات رویشی و درصد مواد موثره این گونه بودند. از این رو دامنه‌های مرتفع و کوهستانی با اقلیم نیمه‌خشک، نظیر رویشگاه تویه شرایط رویشی مناسبی را برای رشد و نمو این گونه فراهم می‌کنند. علاوه براین، مواد موثره این گونه در مناطق مرتفع در مقایسه با دامنه‌های کم‌ارتفاع خواص دارویی ارزشمندتری دارند.

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) برای اجرای این پژوهش سپاسگزاری می‌کنند.

REFERENCES

Adams, R.P. 2007. Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectrometry. 4th ed. Carol Stream, IL: Allured Publishing Corporation.

Anonymous, 2009. Guidelines for Laboratory Analysis of Soil and Water Samples, no. 467. Tehran: Vice Presidency for Planning and Supervision Publications. (In Persian)

Arzani, H. & Abedi, M. 2015. Rangeland assessment (Vegetation measurement). University of Tehran Press, Tehran. (In Persian)

Bangar, S.P., Dunno, K., Kumar, M., Mostafa, H. & Maqsood, S. 2022. A comprehensive review on lotus seeds (Nelumbo nucifera Gaertn.): Nutritional composition, health-related bioactive properties, and industrial applications. Journal of Functional Foods 89, 104937. https://doi.org/10.1016/j.jff.2022. 104937.

Chizzola, R. 2019. Chemodiversity of Essential Oils in *Seseli libanotis* (L.) W.D.J. Koch (Apiaceae) in Central Europe. Chemistry & Biodiversity 16, e1900059. https://doi.org/10.1002/cbdv.201900059

Farhang Sardrodi, A., Kheyri, A., Soleymani, A. & Zibaseresht, R. 2015. Evaluation of morphological traits and oil contents of *Achillea aucheri* from different altitudes. Journal of Medicinal Plants and By-products 2: 219-223. https://doi.org/10.22092/JMPB.2015.108912

Garzoli, S., Masci, V.L., Ovidi, E., Turchetti, G., Zago, D. & Tiezzi, A. 2019. Chemical

investigation of a biologically active *Schinus molle* L. leaf extract. Journal of Analytical Methods in Chemistry 2019, 8391263. https://doi.org/10.1155/2019/8391263

Habibi, Z., Masoudi, Sh. & Rustaiyan, A. 2003. Chemical composition of the essential oil of *Seseli tortuosum* L. ssp. *kiabii* khani. from Iran. Journal of Essential Oil Research 15(6): 412-413. https://doi.org/10.1080/10412905.2003.9698625

Hasani, R., Mehregan, I., Larijani, K., Nejadsattari, T. & Scalone, R. 2017. Survey of the impacts of soil and climatic variations on the production of essential oils in *Heracleum persicum*. BIODIVERSITAS 18(1): 365-377. https://doi.org/10.13057/ biodiv/d180148

Hassanabadi, M., Ebrahimi, M., Farajpour, M. & Dejahang, A. 2019. Variation in essential oil components among Iranian *Ferula assa-foetida* L. accessions. Industrial Crops and Products 140, 111598. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111598.

Hassler, M. 1994-2024. *World plants: synonymic checklist and distribution of the world flora.* Version 19.1; last update March 1st, 2024. Retrieved March 8, 2024, from https://www.worldplants.de/

Ibrahim, I.A., Jabbour, A.A., Abdulmajeed, A.M., Elhady, M.E., Almaroai, Y.A. & Hashim, A.M. 2022. Adaptive responses of four medicinal plants to high altitude oxidative stresses through the regulation of antioxidants and secondary metabolites. Agronomy 12(12): 3032. https://doi.org/10.3390/agronomy12123032

IUCN, 2022. Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria. Version 15. Prepared by the Standards and Petitions Committee, 116 p.

Jahantab, E., Mahmoudi, M.R., Sharafatmandrad, M., Karimian, V., Sheidai-Karkaj, E., Khademi, A., Morshedloo, M.R., Hano, C. & Lorenzo, J.M. 2022. Determining effective environmental factors in the distribution of endangered endemic medicinal plant species using the BMLR model: The example of wild celery (*Kelussia odoratissima* Mozaff., Apiaceae) in Zagros (Iran). Plants 11(21): 2965. https://doi.org/10.3390/ plants11212965

Karimi, A., Krahmer, A., Herwig, N., Hadian, J., Schulz, H. & Meiners, T. 2020. Metabolomics approaches for analyzing effects of geographic and environmental factors on the variation of root essential oils of *Ferula assa-foetida* L. Journal of Agricultural and Food Chemistry 68(37): 9940-9952. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c03681

Li, Y., Kong, D., Fu, Y., Sussman, M.R. & Wu, H. 2020. The effect of developmental and environmental factors on secondary metabolites in medicinal plants. Plant Physiology and Biochemistry 148: 80-89. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.01.006

Liu, W., Liu, J., Yin, D. & Zhao, X. 2015. Influence of ecological factors on the production of active substances in the anti-cancer plant *Sinopodophyllum hexandrum* (Royle) T.S.Ying. PLoS ONE 10(4): e0122981. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0122981

Lomarat, P., Chancharunee, S., Anantachoke, N., Kitphati, W., Sripha, K. & Bunyapraphatsara, N. 2015. Bioactivity-guided separation of the active compounds in *Acacia pennata* responsible for the prevention of Alzheimer's disease. Natural Product Communications 10(8): 1431-1434. https://doi.org/10.1177/1934578X1501000830

Marčetić, M., Kovačević, N., Lakušić, D. & Lakušić, B. 2017. Habitat-related variation in composition of the essential oil of *Seseli rigidum* Waldst. & Kit. (Apiaceae). Phytochemistry 135: 80-92. https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2016.12.004

Marčetić, M.D., Lakušić, B.S., Lakušić, D.V. & Kovačević, N.N. 2013. Variability of the root essential oils of *Seseli rigidum* Waldst. & Kit. (Apiaceae) from different populations in Serbia. Chemistry & Biodiversity 10(9): 1653-1666. https://doi.org/10.1002/cbdv.201200439

Masoudi, Sh., Esamaeili, A., Khalilzadeh, M.A., Rustaiyan, A., Moazami, N., Akhgar, M.R. & Varavipoor, M. 2006. Volatile constituents of *Dorema aucheri* Boiss., *Seseli libanotis* (L.) W.D. Koch var. *armeniacum* Bordz. and *Conium maculatum* L. three Umbelliferae herbs growing wild in Iran. Flavour and Fragrance Journal 21(5): 801-804. https://doi.org/10.1002/ffj.1722

Mirzaei Mossivand, A., Ghorbani, A., Zare Chahoki, M., Keivan Behjou, F. & Sefidi, K. 2018. Environmental factors affecting the distribution of *Prangos uloptera* in rangelands of Ardabil province. Iranian Journal of Range and Desert Research 24(4): 791-804. https://doi.org/10.22092/ijrdr.2017.114890 (In Persian)

Mirzaei Mossivand, A., Ghorbani, A., Zare Chahoki, M., Keivan Behjou, F. & Sefidi, K. 2019. Comparison of some environmental factors effecting the distribution of *Prangos ferulacea* and *P. pabularia* in rangelands of Ardabil province. Iranian Journal of Range and Desert

Research 25(2): 235-247. https://doi.org/10.22092/ijrdr.2018.116837 (In Persian)

Moghaddam, M. & Farhadi, N. 2015. Influence of environmental and genetic factors on resin yield, essential oil content and chemical composition of *Ferula assa-foetida* L. populations. Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants 2(3): 69-76. https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2015.04.001

Mozaffarian, V. 2007. *Eriocycla* Lindl., *Seseli* L., *Lomatopodium* Fisch. & C.A. Mey. and *Libanotis* J. Hill – In: Assadi, M. (ed.), Flora of Iran, Umbelliferae, no. 54: 342-353. Research Institute of Forests and Rangelands Publication, Tehran. (In Persian)

Onder, A., Nahar, L., Cinar, A.S. & Sarker, S.D. 2023. The genus *Seseli* L.: A comprehensive review on traditional uses, phytochemistry, and pharmacological properties. Journal of Herbal Medicine 38 (2023), Article 100625. https://doi.org/10.1016/j.hermed.2023.100625.

Ozturk, S. & Ercisli, S. 2006. Chemical composition and in vitro antibacterial activity of *Seseli libanotis*. World Journal of Microbiology & Biotechnology 22: 261-265. https://doi.org/10.1007/s11274-005-9029-9

Passos, B.G., de Albuquerque, R.D.D.G., Muñoz-Acevedo, A., Echeverria, J., Llaure-Mora, A.M., Ganoza-Yupanqui, M.L. & Rocha, L. 2022. Essential oils from *Ocotea* species: Chemical variety, biological activities and geographic availability. Fitoterapia 156, 105065. https://doi.org/10.1016/j.fitote. 2021.105065.

Rabdanova, N.P., Tykheev, Zh.A., Taraskin, V.V., Zhigmittsyrenova, B.M., Babinov, S.S., Goncharova, D.B., Kazakov, M.V. & Chimitov, D.G. 2024. Composition and antibacterial activity of essential oils from roots of *Seseli condensatum*. Chemistry of Natural Compounds 60(1): 171-173. https://doi.org/10.1007/s10600-024-04280-z

Rabie, M., Tabatabaei Ghomi, N.S., Asri, Y. & Bakhshi Khaniki, G. 2018. Vegetative characteristics and essential oil of *Chaerophyllum macropodum* Boiss. in different habitats. Journal of Applied Biology 31(1): 90-108. https://doi.org/10.22051/JAB.2017.7871.1022 (In Persian)

Rajput, M.S., Rathore, D. & Dahima, R. 2018. Anti-inflammatory potential of α-Fenchol and α-Gurjunene: An in vitro study. Panacea Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences 7(3): 129-135.

Rechinger, K.H. 1987. *Eriocycla* Lindl., *Seseli* L., *Lomatopodium* Fisch. & C.A. Mey. and *Libanotis* J. Hill – In: Rechinger, K.H. (ed.), Flora Iranica, Umbelliferae, no. 162: 333-355. Akad. Druck- und Verlagsanstalt, Graz.

Saadatfar, A., Hossein Jafari, S. & Tavassolian, I. 2020. Effect of edaphic conditions on phytochemical latex yield of bitter asafetida (*Ferula assa-foetida* L.) medicinal plant in two natural habitats in Kerman province. Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants 8(1): 1-16. (In Persian)

Salehi, B., Upadhyay, S., Erdogan, O.I., Kumar Jugran, A., Jayaweera, S.L.D., Dias, D., Sharopov, F., Taheri, Y., Martins, N., Baghalpour, N., Cho, W.C. & Sharifi-Rad, J. 2019. Therapeutic potential of α- and β-Pinene: A miracle gift of nature. Biomolecules 9(11): 738. https://doi.org/10.3390/biom9110738

Salinas, M., Bec, N., Calva, J., Ramírez, J., Andrade, J., Larroque, C., Vidari, G. & Armijos, C. 2020. Chemical composition and anticholinesterase activity of the essential oil from the ecuadorian plant *Salvia pichinchensis* Benth. Records of Natural Products 14(4): 276-285. https://doi.org/10.25135/rnp. 164.19.07.1342

Sedghat, S., Rustaiyan, A., Khosravi, M. & Masoudi, Sh. 2003. Chemical constituents of the essential oil of *Lomatopodium khorassanicum* Mozaffarian, a species endemic to Iran. Journal of Essential Oil Research 15(6): 416-417. https://doi.org/10.1080/10412905.2003.9698627

Sefidkon, F., Khajavi, M.S. & Mirza, M. 1997. Essential oil of *Lomatopodium staurophyllum* (Rech.f.) Rech.f. Journal of Essential Oil Research 9(4): 471-472. https://doi.org/10.1080/10412905.1997.9700753

Shahabipour, S., Firuzi, O., Asadollahi, M., Miri, M. & Javidnia, K. 2013. Essential oil composition and cytotoxic activity of *Libanotis transcaucasica* Schischk. from Iran. Natural Products Chemistry & Research 1(2): 1-3. https://doi.org/10.4172/2329-68361000108

Shishkin, B.K. 1950. *Libanotis* L. – In: Shishkin, B.K. (ed.), Flora of the U.S.S.R. vol. XVI: 472-483. Izdatel'stvo Akademii Nauk SSSR, Moskva-Leningrad.

Todorova, M., Trendafilova, A. & Dimitrov, D. 2013. Essential oil composition of *Seseli rigidum* Waldst. from Bulgaria. Comptes rendus de l'Acade'mie bulgare des Sciences 66(7): 991-996.

Wu, K.H., Lee, W.J., Cheng, T.C., Chang, H.W., Chen, L.C., Chen, C.C., Lien, H.M., Lin, T.N. & Ho, Y.S. 2019. Study of the antitumor

mechanisms of apiole derivatives (AP-02) from *Petroselinum crispum* through induction of G0/G1 phase cell cycle arrest in human COLO 205 cancer cells. BMC Complementary and Alternative Medicine 19, 188. https://doi.org/10.1186/s12906-019-2590-9

Yassa, N. & Akhani, H. 2016. The essential oils composition in two species of the genus *Eriocycla* Lindl. (Apiaceae) from Iran. https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4866.2803

Zengin, G., Stojković, D., Mahomoodally, M.F., Jugreet, B.S., Paksoy, M.Y., Ivanov, M., Gašić, U., Gallo, M. & Montesano, D. 2021. Comprehensive biological and chemical evaluation of two *Seseli* species (*S. gummiferum* and *S. transcaucasicum*). Antioxidants 10(10), 1510. https://doi.org/10.3390/ antiox10101510

Zhao, Z.-J., Sun, Y.-L. & Ruan, X.-F. 2023. Bornyl acetate: A promising agent in phytomedicine for inflammation and immune modulation. Phytomedicine 114, 154781, https://doi.org/10.1016/j.phymed. 2023.154781.

Živković, L., Čabarkapa, A., Marčetić, M., Kovačević, N., Bajić, V., Jovičić, S. & Spremo-Potparević, B. 2016. Evaluation of genotoxic and antigenotoxic properties of essential oils of *Seseli rigidum* Waldst. & Kit. (Apiaceae). Archives of Biological Sciences 68(1): 135-144. https://doi.org/10.2298/ ABS150512135Z

*****

How to cite this article:

Rabie, M., Asri, Y. & Sefidkon, F. 2024. The effect of environmental conditions on the functional traits of the endemic species *Seseli olivieri* Boiss. Nova Biologica Reperta 11: 1-18. (In Persian).

ربیعی، م.، عصری، ی. و سفیدکن، ف. ۱۴۰۳. تأثیر شرایط محیطی بر صفات عملکردی گونه اندمیک *Seseli olivieri* Boiss. یافته‌های نوین در علوم زیستی ۱۱: ۱۸-۱.