



Gonbad Kavous University  
Journal of Plant  
Ecosystem Conservation  
Volume 12, Issue 25  
<http://pec.gonbad.ac.ir>

## Investigating the relationship between ecological parameters and vegetative and phytochemical indices of *Seseli staurophyllum* Rech.f. populations

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

<sup>1</sup>Associate Professor, Botany Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

<sup>2</sup>Professor, Medicinal Plants Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

<sup>3</sup>Associate Professor, Department of Natural Resources and Environmental Engineering, University of Payame Noor, Tehran, Iran

Received: 2024/05/18; Accepted: 2024/09/02

### Abstract

*Seseli staurophyllum* (Apiaceae) is an endemic species of Iran, with a limited distribution in Semnan Province. In the current study, the vegetative characteristics and essential oil composition of this species in various habitats in 2022 were examined to determine the impact of environmental factors on its functional traits. Three areas with different elevations (1310–2013 m) were selected, and 15 plots were established in each area using a systematic random method. In each plot, the vegetative characteristics of this species were measured. Additionally, five soil samples were randomly collected from the plots, and some of their physicochemical parameters were analyzed. Flowering branches were collected from natural habitats with three replicates, and their essential oil compositions were determined. The relationship between functional characteristics and environmental factors was investigated using correlation analysis and principal component analysis. Variance analysis of vegetative characteristics, essential oil components, and soil physicochemical parameters showed significant differences among the three areas. The comparison of means for vegetative characteristics indicated that the highest values of plant height (109.7 cm), canopy diameter (56.3 cm), canopy cover (6.3%), leaf area (25.1 cm<sup>2</sup>), and biomass (132.1 g) were recorded in the Qalibaf area. The main essential oil components in the Qalibaf area were spathulenol (30.8%),  $\alpha$ -longipinene (10.8%), and cedrol (8.3%); in the After area, myrcene (19.2%), (E)- $\beta$ -ocimene (17.4%), (Z)- $\beta$ -ocimene (7.6%), and  $\alpha$ -pinene (7%); and in the Javin area, myrcene (24.1%), (Z)- $\beta$ -ocimene (20.7%),  $\beta$ -pinene (10.3%), and  $\alpha$ -pinene (10.1%). The most important factors influencing functional traits were elevation, annual precipitation, minimum temperature of the coldest month, absolute minimum temperature, gypsum, organic matter (OM), potassium (K), and clay. Furthermore, the compounds  $\alpha$ -pinene,  $\beta$ -pinene, cis-carveol, spathulenol,  $\alpha$ -longipinene, cedrol, (E)- $\beta$ -ocimene, and myrcene showed the most significant correlations with environmental factors. Based on IUCN criteria, the conservation status of *S. staurophyllum* was determined to be critically endangered. The results of this study demonstrate that this species contains valuable essential oil components in different habitats, which can be used for medicinal purposes.

**Keywords:** Apiaceae, Functional traits, Therapeutic properties, Critically endangered species, Semnan Province

---

\*Corresponding author: asri@rifr-ac.ir



دانشگاه گنبد کاووس

نشریه "حفاظت زیست بوم گیاهان"

دوره دوازدهم، شماره بیست و پنجم

<http://pec.gonbad.ac.ir>

علمی-پژوهشی

## بررسی روابط پارامترهای اکولوژیکی با شاخص‌های رویشی و فیتوشیمیایی

### جمعیت‌های *Seseli staurophyllum* Rech.f.

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

<sup>۱</sup>دانشیار بخش تحقیقات گیاهشناسی، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران

<sup>۲</sup>استاد بخش تحقیقات گیاهان دارویی، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران

<sup>۳</sup>دانشیار گروه منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه پیام نور، تهران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۱۲

#### چکیده

*Seseli staurophyllum* (از تیره چتریان) گونه انحصاری ایران است که انتشار محدودی در استان سمنان دارد. در تحقیق حاضر خصوصیات رویشی و مواد مؤثر اسانس جمعیت‌های این گونه در رویشگاه‌های مختلف در سال ۱۴۰۱ مورد بررسی قرار گرفت تا تأثیر عوامل محیطی بر صفات عملکردی آن مشخص گردد. سه منطقه با ارتفاع‌های مختلف (۲۰۱۳-۱۳۱۰ متر) انتخاب شد و در هر منطقه ۱۵ پلات به روش تصادفی سیستماتیک استقرار یافت. در هر پلات، خصوصیات رویشی این گونه اندازه‌گیری شد. همچنین پنج نمونه خاک به‌طور تصادفی از داخل پلات‌ها برداشت شد و برخی پارامترهای فیزیکوشیمیایی آن‌ها اندازه‌گیری شد. سرشاخه‌های گل‌دار این گونه نیز با سه تکرار از رویشگاه‌های طبیعی جمع‌آوری و ترکیب‌های اسانس آن‌ها تعیین شد. ارتباط بین خصوصیات عملکردی و عوامل محیطی با استفاده از آنالیز همبستگی و تجزیه مؤلفه‌های اصلی بررسی شد. تجزیه واریانس خصوصیات رویشی، اجزای اسانس و پارامترهای فیزیکوشیمیایی خاک نشان داد که بین سه منطقه تفاوت معنی‌داری وجود دارد. مقایسه میانگین خصوصیات رویشی حاکی از آن بود که بیشترین مقادیر ارتفاع (۱۰۹/۷ سانتی‌متر)، قطر تاج پوشش (۵۶/۳ سانتی‌متر)، سطح تاج پوشش (۶/۳ درصد)، سطح برگ (۲۵/۱ سانتی‌متر مربع) و زی‌توده (۱۳۲/۱ گرم) به منطقه قالیباف مربوط است. در منطقه قالیباف مواد مؤثر اصلی اسپاتولنول (۳۰/۸٪)، آلفا-لونجیبین (۱۰/۸٪) و سدرل (۸/۳٪)؛ در منطقه افتر میرسن (۱۹/۲٪)، ترانس-بتا-آسیمین (۱۷/۴٪)، سیس-بتا-آسیمین (۷/۶٪) و آلفا-پینن (۷٪)؛ و در منطقه جوین میرسن (۲۴/۱٪)، ترانس-بتا-آسیمین (۲۰/۷٪)، بتا-پینن (۱۰/۳٪) و آلفا-پینن (۱۰/۱٪) بودند. مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر صفات عملکردی، ارتفاع از سطح دریا، بارندگی سالانه، حداقل دمای سردترین ماه، حداقل دمای مطلق، گچ، ماده آلی، پتاسیم و رس بود. ضمن اینکه ترکیب‌های آلفا-پینن، بتا-پینن، سیس-کاروتول، اسپاتولنول، آلفا-لونجیبین، سدرل، ترانس-بتا-آسیمین و میرسن بیشترین همبستگی معنی‌دار را با عوامل محیطی داشتند. براساس معیار IUCN، جایگاه حفاظتی *S. staurophyllum* در بحران انقراض تعیین گردید. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که این گونه در رویشگاه‌های مختلف دارای مواد مؤثر با ارزشی است که می‌توان از آن‌ها برای مصارف دارویی استفاده کرد.

**واژه‌های کلیدی:** تیره چتریان، صفات عملکردی، خواص درمانی، گونه در بحران انقراض، استان سمنان

#### مقدمه

بسیاری دیگر از مواد مهم صنعتی هستند (Cragg and Newman, 2013). تیره چتریان (Apiaceae) یکی از بزرگترین تیره‌های گیاهی است که از ۴۶۶ جنس و نزدیک به ۳۸۰۰ گونه در سراسر جهان تشکیل شده است (Hassler, 1994-2024). بیش از ۱۵ درصد اعضای این

فرآورده‌های طبیعی، از جمله گیاهان و مواد شیمیایی گیاهی، از دیرباز برای درمان بسیاری از بیماری‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند. گیاهان دارویی و معطر مواد خام مورد استفاده در داروها، لوازم آرایشی، عطرسازی، مواد غذایی و

\*نویسنده مسئول: [asri@rifr-ac.ir](mailto:asri@rifr-ac.ir)

با توجه به تعداد کم گونه‌های *Seseli* در ایران و انتشار محدود اغلب آنها، ترکیب‌های اسانس این جنس کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. در اولین گزارش از ترکیب‌های شیمیایی این جنس، ترانس-بتا-آسیمین، میرسن و سیس-بتا-آسیمین به‌عنوان اجزای اصلی اسانس *Lomatopodium staurophyllum* (Rech.f.) Rech.f. (syn: *S. staurophyllum*) از منطقه گرمسار معرفی شد (syn: *S. kiabii*) (Sefidkon et al., 1997). در گونه *Seseli tortuosum* subsp. *kiabii* Akhani جمع‌آوری شده از گرگان، ترکیب‌های اصلی اسانس را آلفا-پینن، بتا-فلاندرن، بتا-پینن و سابینن تشکیل داده بودند (Habibi et al., 2003). اجزای اصلی اسانس *Lomatopodium khorassanicum* Mozaffarian از منطقه ریوش کاشمر، میرسن، ترانس-بتا-آسیمین و لیمونن گزارش شد (Sedghat et al., 2003). تا کنون چنین گونه‌ای به علم گیاه‌شناسی معرفی نشده است و به نظر می‌رسد باتوجه به محدوده پراکندگی *S. staurophyllum* و مشابهت ترکیب‌های آن، همین گونه باشد. آکورنون، لیمونن و آلفا-پینن به‌عنوان اجزای اصلی اسانس *Seseli libanotis* var. *armeniacum* Bordz. (syn: *S. transcaucasica*) از منطقه یوش جاده چالوس معرفی شد (Masoudi et al., 2006). ترکیب‌های اصلی اسانس *Libanotis transcaucasica* Schischk. (syn: *S. transcaucasica*) در شمال غرب ایران، جرماکرون B، ایزواسپاتولنول و جرماکرون D بودند (Shahabipour et al., 2013). اجزای اصلی اسانس *Eriocycla olivieri* (Boiss.) H.Wolff (syn: *S. olivieri*) از منطقه گلاب‌دره تهران، گاما-آلمن، جرماکرون B و دلتا-کادینن، و از منطقه شه‌میرزاد سمنان، آپپول، جرماکرون B و بی‌سیکلوجرماکرون گزارش شد (Yassa and Akhani, 2016). در گونه *Eriocycla ghafooriana* Akhani (syn: *S. ghafoorianum*) ترکیب‌های اصلی اسانس جمعیت چهارباغ گرگان، میریستیسین، بورنیل استات و گاما-آلمن، و جمعیت پارک ملی گلستان، دیل آپپول، آلفا-سلینن و میریستیسین معرفی شد (Yassa and Akhani, 2016). از دو گونه *Seseli* غیرانحصاری ایران فقط ترکیب‌های اسانس *S. libanotis* در ترکیه (Ozturk and Ercisli, 2006) و اتریش (Chizzola, 2019) شناسایی شده است. اجزای اصلی سرشاخه‌های گلدار جمعیت ترکیه،

تیره دارای خواص دارویی هستند. گونه‌های این تیره علاوه بر داروسازی در صنایع غذایی، تغذیه، ادویه‌ها، نوشیدنی‌ها و صنایع آرایشی-عطری نیز اهمیت اقتصادی قابل توجهی دارند (Thiviya et al., 2021). بعضی از جنس‌های این تیره مانند گونه‌های *Apium*, *Anthriscus* و *Anethum* برای مصارف آشپزی و دارویی کشت و استفاده می‌شوند (Amiri and Joharchi, 2016; Sayed et al., 2017). *Seseli* L. یکی از بزرگترین جنس‌ها در تیره چتریان با حدود ۱۴۰ گونه در جهان است که فقط هفت گونه از آنها در ایران انتشار دارد. از این تعداد پنج گونه *S. ghafoorianum*, *S. denudatum* Boiss., *S. kiabii* (Akhani) Pimenov & Kljuykov و *S. olivieri* Boiss. (Akhani) Akhani و *S. staurophyllum* Rech.f. اندمیک ایران هستند، و دو گونه *S. libanotis* (L.) W.D.J. Koch. subsp. *libanotis* و *S. transcaucasica* (Schischk.) و *libanotis* در سایر کشورها نیز انتشار دارند (Hassler, 1994-2024).

اسانس و عصاره گونه‌های *Seseli* دارای ویژگی‌های فیتو شیمیایی متنوعی است. اعضای این جنس می‌توانند منبع بسیار ارزشمندی در زمینه مواد غذایی، آرایشی و بهداشتی و دارویی باشند. از برگ‌های *S. libanotis* به‌منظور ایجاد عطر در نگهداری پنیر و به‌عنوان سبزی در ترکیه استفاده می‌شود (Önder et al., 2023). همچنین، گونه‌های جنس *Seseli* در طب سنتی ترکیه، صربستان، هند و چین به‌عنوان ضدباکتری، ضدقارچ، ضدالتهاب، ضدتومور و سرماخوردگی استفاده می‌شوند (Rabdanova et al., 2024). برای اعضای این جنس خواص آنتی‌اکسیدانی، اثرات ضد میکروبی، ضدقارچی، دافع حشرات، اثرات قاعدگی، ضدنفخ، ضدالتهاب، ضد درد، ضدتومور، فعالیت‌های ضدروماتیسمی، اثر محافظتی بر روی DNA لنفوسیت‌های انسانی و کنترل فشار خون ذکر شده است (Önder et al., 2020, 2021). برخی از گونه‌های این جنس در درمان اختلالات سیستم عصبی مرکزی مانند اضطراب نیز کاربرد دارند. ترکیبات اصلی فعال این گونه‌ها در درمان بیماری‌ها، محتوای بالای کومارین‌ها و همچنین ترپنوئیدها، فلاونوئیدها، پلی‌استیلن‌ها و اسانس‌ها هستند (Nersezashvili et al., 2024).

*O. decumbens* در سه استان جنوب و جنوب غرب کشور بررسی شد (Karimi et al., 2020). بازده اسانس با دما ماسه همبستگی مثبت معنی دار و با ارتفاع همبستگی منفی معنی دار داشت. در تمام نمونه‌ها، تیمول و کارواکرول اجزای اصلی اسانس بودند و پس از آنها گاما-ترپینن و پارا-سیمن قرار داشتند. علاوه بر این، تیمول با عرض جغرافیایی همبستگی منفی معنی دار، و با کارواکرول، پارا-سیمن و گاما-ترپینن همبستگی مثبت معنی داری داشت. در بررسی نقش برخی عوامل محیطی بر کیفیت و کمیت اسانس چهار جمعیت *Prangos ferulacea* (L.) Lindl. در استان‌های آذربایجان شرقی و اردبیل با دامنه ارتفاعی ۱۵۲۰-۲۲۴۰ متر مشخص گردید که هیدروکربن‌های مونوترپن بخش قابل توجهی از اسانس‌ها را تشکیل داده‌اند. علاوه بر این، محتوای آلفا-پینن و آلفا-ترپینئول با افزایش دما و ارتفاع از سطح دریا، و همچنین میزان سیس-بتا-فارنسن، جرماکرن B و تیمول با افزایش رطوبت نسبی در چهار محل نمونه‌برداری افزایش یافته بود (Torbati et al., 2023).

در رابطه با شناسایی ترکیب‌های اسانس گونه *S. staurophyllum* فقط یک گزارش وجود دارد که مربوط به حدود سه دهه گذشته است. با توجه به تأثیر عوامل محیطی بر صفات عملکردی گونه‌های دارویی، در این تحقیق نقش این عوامل در گونه *S. staurophyllum* بررسی شد. این گونه جمعیت‌های بسیار پراکنده‌ای عمدتاً در مناطق استپی و دامنه‌های کوهستانی 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 مؤثر با خواص درمانی بالا معرفی شد.

*Seseli staurophyllum* Rech.f. در فلور ایرانیکا (Rechinger, 1987) تحت نام *Lomatopodium staurophyllum* (Rech.f.) Rech.f. و با سینونیم *Eriocyclus staurophylla* (Rech.f.) Rech.f. ذکر شده است. این گیاه بیخ ساقه ضخیم و چوبی با ساقه‌های متعدد دارد (شکل ۱). ساقه‌ها ضخیم، به طول ۱۲۰-۴۰ سانتی‌متر که در بخش فوقانی دارای شاخه‌های کوتاه خوشه‌ای هستند. برگ‌ها در حالت زنده تقریباً گوشتی و در حالت خشک چرمی هستند. برگ‌های قاعده‌ای و پایین ساقه دم‌برگ‌دار، با ۱-۲ جفت برگچه، برگچه‌ها تُنک، سه قسمتی یا سه

بتا-کاریوفیلین، اسپاتولنول، کاریوفیلین اکسید و یوآسارون، و جمعیت‌های اتریش، بتا-فلاندرن، سابینن و کاروتول بود. مقایسه اجزای اصلی اسانس هر گونه در مناطق مختلف حاکی از آن است که نوع و میزان این ترکیب‌ها تحت تأثیر عوامل محیطی اختلافاتی را نشان می‌دهند. به‌طور کلی، عوامل محیطی فرآیند تولید و تجمع متابولیت‌های ثانویه گیاهی را در گیاهان دارویی و معطر و در نتیجه فعالیت دارویی و بیولوژیکی آنها را کنترل می‌کنند. میزان و ترکیب مواد مؤثر، یعنی متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی با تغییر در فصول رشد، سال‌های رشد و محیط متفاوت است. محتوای متابولیت‌های ثانویه در طی فرآیندهای رشد و نمو یا شرایط استرس در گیاهان دارویی افزایش یا کاهش می‌یابد، زیرا بیان ژن یا فعالیت پروتئین کدگذاری شده آنها در مسیرهای متابولیک ثانویه در مراحل مختلف رشد یا تحت تنش‌های مختلف تعدیل می‌شود (Li et al., 2020). تحقیقات متعددی در مورد تأثیر عوامل اکولوژیکی بر ترکیب‌های اسانس گونه‌های مختلف تیره چتریان انجام شده است که به چند مورد اشاره می‌شود. در پژوهشی ترکیب‌های شیمیایی ۱۲ جمعیت *Foeniculum vulgare* Mill. در چندین استان کشور با دامنه ارتفاعی ۱۹۰۰-۵ متر و دمای سالانه ۲۶/۷-۱۲/۹ درجه سانتی‌گراد بررسی شد. نتایج نشان داد که ترانس-آنتول، فنچون و لیمونن اجزای اصلی اسانس را تشکیل داده‌اند. ضمن اینکه بین عملکرد اسانس و میزان ترانس-آنتول با دماهای بالا به ترتیب همبستگی منفی و مثبت وجود داشت (Rahimmalek et al., 2014). مطالعه چهار جمعیت *Kundmannia anatolica* Hub.-Mor. در ترکیه با دامنه ارتفاعی ۱۵۶۰-۴۰۰ متر نشان داد که تغییر ارتفاع بر بیوسنتز ترپنوئیدها و مونوترپن‌های اکسیژن دار تأثیر می‌گذارد، به طوری که با افزایش ارتفاع مقادیر آنها کاهش یافت؛ در حالی که ترکیبات سزکوئی‌ترین در ارتفاعات بیشتر بود (Sanli and Karadoğan, 2017). ترکیب‌های اسانس ۲۵ جمعیت *Oliveria decumbens* Vent. در هشت استان جنوب و جنوب غرب کشور، تیمول، کارواکرول و گاما-ترپینن معرفی شد (Ale Omrani Nejad et al., 2019). نتایج این پژوهش نشان داد که ارتفاع، میانگین دمای روزانه و میزان تبخیر ماهانه عوامل مؤثر بر محتوای تیمول و کارواکرول بودند. در پژوهشی دیگر تأثیر عوامل محیطی بر بازده و ترکیب‌های اسانس ۱۲ جمعیت

(مظفریان، ۱۳۸۶) و تجربیات شخصی و اطلاعات افراد محلی تعیین شد. سپس به کمک بازدیدهای میدانی در سال ۱۴۰۱ از بین این مناطق، سه رویشگاه با شرایط محیطی مختلف انتخاب شد (جدول ۱). در هر یک از این رویشگاهها نمونه برداری به روش تصادفی در ۱۵ پلات ۴×۴ متری (۱۶ مترمربع) انجام شد. اندازه پلاتها باتوجه به نوع پراکندگی، تراکم و متوسط قطر تاج پوشش این گونه در رویشگاه تعیین شد؛ ضمن اینکه تعداد پلاتها به طریقی انتخاب شد که نتایج مطمئنی از جنبه آماری ارائه کند (ارزانی و عابدی، ۱۳۹۳).

بخشی؛ و برگهای منطقه گل آذین به غلاف تبدیل شده‌اند. چترها ۲-۴ شعاعی و به طول ۱۵-۶۰ میلی‌متر هستند. گل‌ها به تعداد حدود ۳۰، سرسان متراکم و هم‌اندازه هستند. میوه‌ها با پره‌های پشتی سه‌تایی مشخص و کانال‌های بین پره‌ای حاوی کانال شیرابه‌ای است (مظفریان، ۱۳۸۶).

### مواد و روش‌ها منطقه مورد مطالعه

به‌منظور انتخاب رویشگاه‌های مورد مطالعه، مناطق انتشار *S. staurophyllum* در استان سمنان براساس فلور ایران



شکل ۱- *S. staurophyllum* در رویشگاه طبیعی

جدول ۱- مشخصات مناطق نمونه برداری گونه *S. staurophyllum*

گرمسار، قالیباف	سرخه، افتر	لاسجرد، جوین	گرمسار، قالیباف	سرخه، افتر	لاسجرد، جوین
۱۶/۶	۱۴/۶	۱۳/۱	طول جغرافیایی (شرقی)	۵۳°۰۵'۲۶"	۵۲°۵۲'۴۹"
۲۳/۵	۲۰/۴	۱۸/۸	عرض جغرافیایی (شمالی)	۳۵°۲۲'۲۹"	۳۵°۲۹'۴۴"
۹/۹	۹/۱	۷/۶	ارتفاع از سطح دریا (متر)	۱۳۵۰-	۱۷۹۵- ۱۹۵۰
۴۴/۳	۳۹/۸	۳۸/۳	جهت	شرقی	شمالی
-۱۵/۳	-۱۶/۶	-۱۸/۱	شیب (°)	۱۵-۱۰	۴۵-۴۰
			بارندگی سالانه (mm)	۱۵۲/۷	۲۲۶/۱
			دمای سالانه (°C)		
			حداکثر دمای گرم‌ترین ماه (°C)		
			حداقل دمای سردترین ماه (°C)		
			حداکثر دمای مطلق (°C)		
			حداقل دمای مطلق (°C)		

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 طیف سنج 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. از هلیوم به‌عنوان گاز حامل با سرعت ۳۰/۶ سانتی‌متر بر ثانیه در طول ستون استفاده شد. برنامه‌ریزی حرارتی ستون از ۶۰ تا ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت افزایش ۳ درجه سانتی‌گراد در دقیقه و بعد افزایش به ۲۶۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت افزایش ۲۰ درجه سانتی‌گراد در دقیقه بود و در نهایت ۳ دقیقه در این دما نگه داشته شد. دمای محفظه تزریق و ترانسفرلاین به ترتیب ۲۶۰ و ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شده بود. زمان اسکن برابر یک ثانیه، انرژی یونیزاسیون ۷۰ الکترون ولت و اسکن ناحیه جرمی از ۴۰ تا ۳۴۰ بوده است.

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، نمونه‌های خاک توسط مته نمونه‌برداری چرخشی از عمق توسعه ریشه این گونه (حدود ۳۰ سانتی‌متر) برداشت شد و مهم‌ترین پارامترهای فیزیکوشیمیایی خاک شامل واکنش خاک، هدایت الکتریکی، ماده آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهک و بافت خاک اندازه‌گیری شد. واکنش خاک به‌وسیله pH متر الکتروود شیشه‌ای، هدایت الکتریکی با هدایت‌سنج الکتریکی بر حسب دسی‌زیمنس بر متر، درصد اشباع با استفاده از گل اشباع بر حسب درصد، بافت خاک به روش هیدرومتری، آهک به روش حجم‌سنجی با اسیدکلریدریک بر حسب درصد، فسفر قابل جذب به روش آلسون، پتاسیم قابل جذب به روش عصاره‌گیری با استات آمونیم، نیتروژن کل به روش کج‌لدال و ماده آلی به روش

**اندازه‌گیری خصوصیات رویشی:** در هر پلات ارتفاع گیاه، قطر تاج‌پوشش، سطح تاج‌پوشش، زی‌توده و سطح برگ هر یک از افراد *S. staurophyllum* تعیین شد. برای اندازه‌گیری ارتفاع گیاهان و دو قطر عمود برهم تاج آنها از متر نواری استفاده شد. سطح تاج‌پوشش این گونه با استفاده از رابطه مساحت دایره اندازه‌گیری شد. به‌منظور اندازه‌گیری زی‌توده، بخش هوایی آنها در داخل پلات‌ها قطع شد و سپس وزن آنها با استفاده از ترازوی Sartorius 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 گردید. سطح برگ با استفاده از دستگاه سطح برگ سنج GateHouse مدل 4cht Aok با دقت ۰/۰۱ سانتی‌مترمربع با نرم‌افزار WinDias 2.0 اندازه‌گیری شد.

برای تهیه نمونه هرباریومی، اندام هوایی گلدار *S. staurophyllum* از سه منطقه گرمسار (قالیاف)، سرخه (افتر) و لاسجرد (جوین) جمع‌آوری شد. نمونه‌های گیاهی در هرباریوم موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور (TARI) شناسایی و با کدهای ۱۱۰۰۰۲، ۱۱۰۰۰۳ و ۱۱۰۰۰۴ نگهداری می‌شوند.

**جمع‌آوری گیاه و اسانس‌گیری:** به‌منظور تعیین ترکیب‌های شیمیایی اسانس *S. staurophyllum* در مناطق مختلف، سرشاخه‌های گل‌دار جمع‌آوری شد. در هر رویشگاه نمونه‌های گیاهی طوری انتخاب شدند که برآیند مناسبی از توده‌های گیاهی آن منطقه باشند. نمونه‌ها پس از خشک‌شدن در سایه، آسیاب شده و به مدت سه ساعت با دستگاه کلونجر به روش تقطیر با آب اسانس‌گیری و سپس با استفاده از سولفات سدیم خشک آب‌گیری شدند. اسانس‌ها در شیشه‌های دربسته 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 داده پرداز با نرم‌افزار Chrom-card 2006 انجام 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 آشکار ساز ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. برنامه‌ریزی حرارتی ستون شامل افزایش دما از ۶۰ تا ۲۸۰ درجه

اسانس با استفاده از روش آنالیز همبستگی در نرم‌افزار SPSS و روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی (PCA) در نرم‌افزار Minitab ver. 17 تعیین شد. در روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی، ترکیب‌هایی از اسانس استفاده شد که مقادیر آنها حداقل در یکی از رویشگاه‌ها بیش از ۳ درصد بود.

### نتایج

**مقایسه خصوصیات رویشی در سه رویشگاه طبیعی:**  
تجزیه واریانس خصوصیات رویشی گونه *S. staurophyllum* در مناطق مورد مطالعه نشان داد که به لحاظ ارتفاع گیاه و زی‌توده در سطح ۰/۱ درصد، قطر تاج‌پوشش و سطح تاج‌پوشش در سطح ۱ درصد و سطح برگ در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین این مناطق بیشترین مقادیر ارتفاع گیاه، قطر و سطح تاج‌پوشش، سطح برگ و زی‌توده مربوط به منطقه قالیباف بود (جدول ۳).

والکی - بلاک اندازه‌گیری شد (مهندسين مشاور رویان، ۱۳۷۸).

**جایگاه حفاظتی گونه *S. staurophyllum*:** جایگاه حفاظتی این گونه 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 پراکندگی 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. staurophyllum* براساس شاخص‌های این اتحادیه تصمیم‌گیری شد.

### تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها به روش دانکن با استفاده از نرم‌افزار SPSS ver. 26 انجام شد. مهمترین عوامل محیطی اثرگذار بر صفات مورفولوژیکی و ترکیب‌های

جدول ۲- تجزیه واریانس خصوصیات رویشی *S. staurophyllum* در سه منطقه

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع گیاه	قطر تاج‌پوشش	سطح تاج‌پوشش	سطح برگ	زی‌توده
رویشگاه	۲	۲۶۳۷/۰۶۲***	۲۳۲/۰۶۲***	۸/۶۲۴**	۱۰۱/۰۶۵*	۵۶۶۴/۷۱۳***
خطا	۴۲	۲۸/۹۲۱	۳۲/۲۴۰	۱/۲۲۱	۱۶/۰۳۱	۷۳/۸۷۱

\*\*\*، \*\*، \* : به ترتیب بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۱، ۱ و ۵ درصد است.

جدول ۳- مقایسه میانگین خصوصیات رویشی *S. staurophyllum* در سه منطقه

خصوصیات رویشی	مناطق		
	قالیباف	افتر	جوین
ارتفاع گیاه (cm)	۱۰۹/۷±۴/۷ <sup>a</sup>	۷۹/۸±۵/۳ <sup>b</sup>	۶۴/۶±۶/۱ <sup>c</sup>
قطر تاج‌پوشش (cm)	۵۶/۳±۴/۹ <sup>a</sup>	۴۹/۲±۵/۳ <sup>ab</sup>	۴۲/۷±۶/۶ <sup>b</sup>
سطح تاج‌پوشش (/)	۶/۳±۱/۲ <sup>a</sup>	۴/۸±۱/۱ <sup>ab</sup>	۳/۶±۱/۱ <sup>b</sup>
سطح برگ (cm <sup>2</sup> )	۲۵/۱±۵/۴ <sup>a</sup>	۲۱/۹±۲/۷ <sup>ab</sup>	۱۶/۲±۳/۴ <sup>b</sup>
زی‌توده (g)	۱۳۲/۱±۱۱/۲ <sup>a</sup>	۹۲/۱±۸/۱ <sup>b</sup>	۶۵/۲±۵/۵ <sup>c</sup>

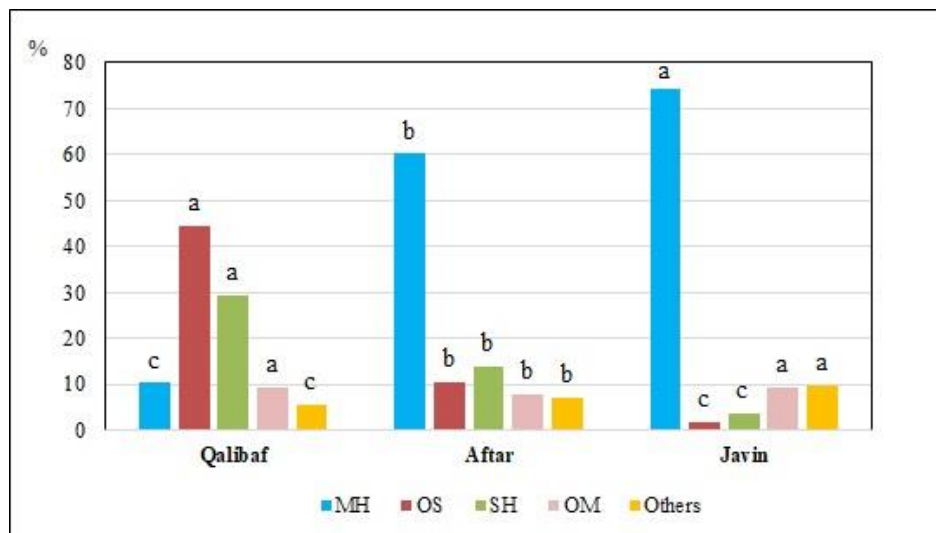
اعداد (SD±میانگین) در هر ردیف با حروف متفاوت، اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد را نشان می‌دهد.

میرسن، ترانس-بتا-آسیمین، سیس-بتا-آسیمین و آلفا-پینین به ترتیب با ۱۹/۲، ۱۷/۴، ۷/۶ و ۷ درصد؛ و در منطقه جوین میرسن، ترانس-بتا-آسیمین، بتا-پینین و آلفا-پینین به ترتیب با ۲۴/۱، ۲۰/۷، ۱۰/۳ و ۱۰/۱ درصد بودند. بیشترین ترکیب‌های شیمیایی این گونه در منطقه جوین به مونوترپن‌های هیدروکربنی با ۷۴/۱ درصد مربوط بود، در

**مقایسه ترکیب اسانس سه جمعیت *S. staurophyllum*:** تجزیه اسانس اندام‌های هوایی جمعیت‌های این گونه وجود ۴۲ ترکیب را نشان داد که از میان آنها ۲۰ ترکیب در سه رویشگاه مشترک بودند (جدول ۴). بیشترین مقادیر مواد مؤثر در منطقه قالیباف اسپاتولنول، آلفا-لونجیپینین و سدرل به ترتیب با ۳۰/۸، ۱۰/۸ و ۸/۳ درصد؛ در منطقه افتر

به ترتیب ۴۴/۶ و ۲۹/۴ درصد اجزای اسانس را تشکیل داده‌اند.

حالی که در منطقه افتر، به‌ویژه منطقه قالیباف سهم این ترکیب‌ها کاهش یافته و در عوض مقادیر سزکویی‌ترین‌های اکسیژن‌دار و سزکویی‌ترین‌های هیدروکربنی افزایش پیدا کرده بود (شکل ۲). سزکویی‌ترین‌ها در منطقه قالیباف



شکل ۲- مقایسه گروه‌های اصلی ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس *S. staurophyllum* در سه منطقه؛

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین آن‌ها در سطح احتمال ۵ درصد با

استفاده از آزمون **Duncan** است.

MH= Monoterpene Hydrocarbons, OM= Oxygenated Monoterpenes, SH= Sesquiterpene Hydrocarbons, OS= Oxygenated Sesquiterpenes

جدول ۴- ترکیب‌های اسانس *S. staurophyllum* در سه منطقه

ردیف	ترکیب‌های اسانس	شاخص بازاری	نوع ترکیب	مناطق		جوین
				قالیباف	افتر	
۱	(2E)-Hexenol	۸۶۷	AO	-	-	۱/۳۹
۲	2-Heptanol	۹۰۰	AO	۱/۱۵	۵/۹۴	۸/۱۹
۳	$\alpha$ -Pinene	۹۳۹	MH	۰/۹۱	۷/۰۲	۱۰/۱۱
۴	Camphene	۹۵۷	MH	-	-	۰/۱۵
۵	Sabinene	۹۷۴	MH	۲/۰۸	۰/۲۸	۰/۱۳
۶	$\beta$ -Pinene	۹۸۲	MH	۱/۲۲	۶/۲۹	۱۰/۲۶
۷	Myrcene	۹۸۸	MH	۳/۰۳	۱۹/۲۲	۲۴/۱۳
۸	Limonene	۱۰۳۱	MH	۰/۲۵	۱/۲۹	۰/۳۲
۹	1,8-Cineole	۱۰۳۷	OM	۰/۸۰	۲/۸۶	۰/۸۰
۱۰	(Z)- $\beta$ -Ocimene	۱۰۴۰	MH	۰/۴۸	۷/۶۳	۷/۹۹
۱۱	(E)- $\beta$ -Ocimene	۱۰۵۰	MH	۱/۸۸	۱۷/۳۷	۲۰/۷۱
۱۲	$\gamma$ -Terpinene	۱۰۶۴	MH	-	۰/۴۵	۰/۳۳
۱۳	Terpinolene	۱۰۹۴	MH	۰/۱۰	۰/۳۲	-
۱۴	Linalool	۱۰۹۹	OM	۰/۱۵	-	۰/۲۰
۱۵	<i>trans</i> -Pinene hydrate	۱۱۲۴	OM	-	۰/۴۰	۰/۵۵
۱۶	<i>allo</i> -Ocimene	۱۱۲۸	MH	۰/۳۲	۰/۲۹	-
۱۷	<i>trans</i> -Pinocarveol	۱۱۳۵	OM	۰/۱۵	۰/۳۵	۰/۱۳
۱۸	Myrtenal	۱۲۰۳	OM	۰/۲۳	۰/۳۹	-
۱۹	$\alpha$ -Fenchyl acetate	۱۲۲۰	OM	۰/۳۵	-	۰/۷۳
۲۰	<i>cis</i> -Carveol	۱۲۳۰	OM	۰/۵۵	۲/۵۶	۵/۸۳
۲۱	Carvone	۱۲۴۴	OM	۱/۵۴	-	۰/۱۳
۲۲	Piperitone	۱۲۵۴	OM	۱/۸۰	-	۰/۲۸
۲۳	Geranial	۱۲۷۰	OM	۱/۶۲	۰/۶۰	۰/۲۸
۲۴	Isobornyl acetate	۱۲۸۹	OM	-	۰/۶۳	۰/۱۹
۲۵	<i>trans</i> -Pinocarvyl acetate	۱۲۹۹	OM	-	-	۰/۲۸
۲۶	<i>n</i> -Tridecane	۱۳۰۳	AH	۴/۲۷	۱/۱۳	۰/۲۲
۲۷	Myrtenyl acetate	۱۳۱۹	OM	۲/۰۳	-	-
۲۸	$\alpha$ -Cubebene	۱۳۴۱	SH	۲/۱۶	۰/۱۰	-
۲۹	$\alpha$ -Longipinene	۱۳۶۱	SH	۱۰/۷۹	۳/۱۵	۰/۲۳
۳۰	$\alpha$ -Cedrene	۱۴۱۹	SH	۱/۶۶	۰/۱۸	-
۳۱	$\alpha$ -Santalene	۱۴۲۶	SH	۵/۴۶	۶/۷۰	۲/۲۰
۳۲	$\beta$ -Caryophyllene	۱۴۳۷	SH	۶/۰۳	۲/۱۳	۰/۵۵
۳۳	$\beta$ -Gurjunene	۱۴۴۲	SH	۳/۳۲	۰/۲۱	۰/۱۵
۳۴	Aromadendrene	۱۴۴۹	SH	-	۰/۲۲	-
۳۵	$\alpha$ -Humulene	۱۴۶۲	SH	-	۰/۸۳	۰/۴۳
۳۶	$\gamma$ -Gurjunene	۱۴۷۹	SH	-	۰/۳۳	۰/۲۳
۳۷	Spathulenol	۱۵۷۷	OS	۳۰/۸۳	۶/۵۱	۱/۱۱
۳۸	Cedrol	۱۶۰۹	OS	۸/۳۵	۲/۱۰	۰/۱۸
۳۹	<i>epi</i> -Cedrol	۱۶۱۸	OS	۵/۴۳	۱/۲۵	۰/۱۱
۴۰	Dillapiole	۱۶۲۶	OS	-	۰/۳۵	۰/۱۸
۴۱	$\beta$ -Eudesmol	۱۶۴۵	OS	-	-	۰/۱۵
۴۲	Apiole	۱۶۷۷	OS	-	۰/۳۴	-

ادامه جدول (۴)

مناطق			گروه‌های اصلی ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس
جوین	افتر	قالیباف	
۷۴/۱	۶۰/۲	۱۰/۳	مونوترپن‌های هیدروکربنی (% MH)
۹/۴	۷/۸	۹/۲	مونوترپن‌های اکسیژن‌دار (% OM)
۳/۸	۱۳/۹	۲۹/۴	سزکویی‌ترین‌های هیدروکربنی (% SH)
۱/۷	۱۰/۶	۴۴/۶	سزکویی‌ترین‌های اکسیژن‌دار (% OS)
۹/۸	۷/۱	۵/۴	سایر (%)

(جدول ۵). مقایسه میانگین‌های مواد مؤثر مشترک در سه منطقه حاکی از آن است که میرسن، ترانس-بتا-آسیمین، اسپاتولنول، آلفا-پینن، بتا-پینن و سیس-بتا-آسیمین به ترتیب با ۱۵/۵، ۱۳/۳، ۱۲/۸، ۶، ۵/۹ و ۵/۴ درصد بیشترین میانگین مقادیر را تشکیل داده‌اند (جدول ۶).

تجزیه واریانس اجزای اسانس مشترک *S. staurophyllum* در سه منطقه با مقادیر بیش از ۳ درصد حداقل در یکی از آنها نشان داد که بین میانگین مواد مؤثر در سطح ۰/۱ درصد تفاوت معنی‌داری وجود داشت

جدول ۵- تجزیه واریانس ترکیب‌های اسانس *S. staurophyllum* مشترک در سه منطقه

میانگین مربعات					درجه آزادی	منابع تغییرات
$\beta$ -Pinene	$\alpha$ -Pinene	Spathulenol	(E)- $\beta$ -Ocimene	Myrcene		
۱۰۲/۶۰۵***	۱۰۹/۶۱۰***	۱۲۵۳/۴۸۵***	۵۰۴/۲۶۳***	۶۰۹/۷۴۰***	۲	رویشگاه
۰/۵۱۷	۰/۷۲۰	۲/۳۳۱	۲/۱۱۰	۲/۴۳۰	۶	خطا
میانگین مربعات					درجه آزادی	منابع تغییرات
Cedrol	$\alpha$ -Longipinene	$\alpha$ -Santalene	2-Heptanol	(Z)- $\beta$ -Ocimene		
۹۱/۱۲۳***	۱۴۸/۶۷۵***	۲۷/۰۶۳***	۶۴/۷۹۸***	۸۹/۵۶۴***	۲	رویشگاه
۰/۲۷۲	۰/۵۳۲	۰/۹۸۱	۱/۳۳۶	۰/۸۸۰	۶	خطا
میانگین مربعات					درجه آزادی	منابع تغییرات
$\beta$ -Gurjunene	n-Tridecane	epi-Cedrol	$\beta$ -Caryophyllene	cis-Carveol		
۱۶/۴۴۷***	۲۲/۵۷۵***	۳۹/۲۰۸***	۳۹/۸۰۴***	۳۵/۵۰۵***	۲	رویشگاه
۰/۲۵۱	۰/۱۳۹	۰/۲۱۰	۰/۲۵۸	۰/۳۷۶	۶	خطا

\*\*\*: بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۱ درصد است.

جدول ۶- مقایسه میانگین ترکیب‌های اسانس *S. staurophyllum* مشترک در سه منطقه

مناطق			ترکیب‌های اسانس
جوین	افتر	قالیباف	
۲۴/۱۳±۲/۲۴ <sup>a</sup>	۱۹/۲۲±۱/۱۳ <sup>b</sup>	۳/۰۳±۰/۹۸ <sup>c</sup>	Myrcene
۲۰/۷۱±۲/۲۱ <sup>a</sup>	۱۷/۳۷±۱/۰۸ <sup>b</sup>	۱/۸۸±۰/۵۲ <sup>c</sup>	(E)- $\beta$ -Ocimene
۱/۱۱±۰/۲۷ <sup>c</sup>	۶/۵۱±۱/۲۳ <sup>b</sup>	۳۰/۸۳±۲/۳۲ <sup>a</sup>	Spathulenol
۱۰/۱۱±۰/۹۲ <sup>a</sup>	۷/۰۲±۱/۱۱ <sup>b</sup>	۰/۹۱±۰/۳۱ <sup>c</sup>	$\alpha$ -Pinene
۱۰/۳۶±۰/۸۸ <sup>a</sup>	۶/۲۹±۰/۷۹ <sup>b</sup>	۱/۲۲±۰/۳۸ <sup>c</sup>	$\beta$ -Pinene
۷/۹۹±۱/۳۴ <sup>a</sup>	۷/۶۳±۰/۸۹ <sup>a</sup>	۰/۴۸±۰/۲۱ <sup>b</sup>	(Z)- $\beta$ -Ocimene
۸/۱۹±۱/۵۷ <sup>a</sup>	۵/۹۴±۱/۱۸ <sup>b</sup>	۱/۱۵±۰/۳۷ <sup>c</sup>	2-Heptanol
۲/۲۰±۰/۵۱ <sup>b</sup>	۶/۷۰±۱/۲۵ <sup>a</sup>	۵/۴۶±۱/۰۶ <sup>a</sup>	$\alpha$ -Santalene
۰/۲۳±۰/۱۱ <sup>c</sup>	۳/۱۵±۰/۵۳ <sup>b</sup>	۱۰/۷۹±۱/۱۴ <sup>a</sup>	$\alpha$ -Longipinene

ادامه جدول (۶)

ترکیب‌های اسانس	مناطق		
	قالبیاف	افتر	جوین
$\alpha$ -Longipinene	۱۰/۷۹±۱/۱۴ <sup>a</sup>	۳/۱۵±۰/۵۳ <sup>b</sup>	۰/۲۳±۰/۱۱ <sup>c</sup>
Cedrol	۸/۳۵±۰/۷۳ <sup>a</sup>	۲/۱۰±۰/۵۲ <sup>b</sup>	۰/۱۸±۰/۰۹ <sup>c</sup>
cis-Carveol	۰/۵۵±۰/۱۷ <sup>a</sup>	۲/۵۶±۰/۵۹ <sup>b</sup>	۵/۸۳±۰/۸۷ <sup>c</sup>
$\beta$ -Caryophyllene	۶/۰۳±۰/۵۸ <sup>a</sup>	۲/۱۳±۰/۵۸ <sup>b</sup>	۰/۵۵±۰/۳۱ <sup>c</sup>
epi-Cedrol	۵/۴۳±۰/۷۰ <sup>a</sup>	۱/۲۵±۰/۳۷ <sup>b</sup>	۰/۱۱±۰/۰۳ <sup>c</sup>
n-Tridecane	۴/۲۷±۰/۵۰ <sup>a</sup>	۱/۱۳±۰/۳۸ <sup>b</sup>	۰/۲۲±۰/۱۴ <sup>c</sup>
$\beta$ -Gurjunene	۳/۳۲±۰/۸۶ <sup>a</sup>	۰/۲۱±۰/۰۷ <sup>b</sup>	۰/۱۵±۰/۰۱ <sup>b</sup>

اعداد (SD±میانگین) در هر ردیف با حروف متفاوت، اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد را نشان می‌دهد.

الکتریکی، نیتروژن و سیلت بین این مناطق اختلاف معنی‌داری نداشتند.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در منطقه جوین مقادیر ماده آلی، فسفر، پتاسیم، آهک و رس، در منطقه قالبیاف گچ و ماسه، و در منطقه افتر رطوبت اشباع نسبت به دو منطقه دیگر بیشتر بود (جدول ۸).

مقایسه پارامترهای فیزیکوشیمیایی خاک سه رویشگاه طبیعی: تجزیه واریانس پارامترهای فیزیکوشیمیایی خاک *S. staurophyllum* نشان داد که بین اسیدیته، ماده آلی، فسفر، پتاسیم، آهک، گچ، رطوبت اشباع و رس در سطح ۰/۱ درصد، و ماسه در سطح ۱ درصد تفاوت معنی‌داری در سه منطقه وجود داشت (جدول ۷). در حالی که هدایت

جدول ۷- تجزیه واریانس پارامترهای فیزیکوشیمیایی خاک *S. staurophyllum* در سه منطقه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		اسیدیته	هدایت الکتریکی	ماده آلی	نیتروژن	فسفر
رویشگاه	۲	۰/۰۲۶***	۰/۰۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۹۱***	۰/۰۰۰ <sup>ns</sup>	۱۸/۶۲۵***
خطا	۱۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰	۴/۵۰۷

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		آهک	گچ	رطوبت اشباع	ماسه	سیلت
رویشگاه	۲	۱۴۴/۰۱۳***	۲۹۹۸/۲۹۸***	۴۴۲/۸۵۱***	۸۶/۶۶۷***	۰/۰۰۰ <sup>ns</sup>
خطا	۱۲	۴/۵۷۱	۹/۷۶۱	۵/۹۱۴	۷/۵۰۰	۲/۰۰۰

\*\*\*، \*\*، \*، ns: به ترتیب بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۱ و ۱ درصد و عدم معنی‌داری است.

جدول ۸- مقایسه میانگین پارامترهای فیزیکوشیمیایی خاک *S. staurophyllum* در سه منطقه

پارامترهای فیزیکوشیمیایی	مناطق		
	قالبیاف	افتر	جوین
اسیدیته	۷/۳۸±۰/۰۲ <sup>b</sup>	۷/۵۱±۰/۰۴ <sup>a</sup>	۷/۵۰±۰/۰۳ <sup>a</sup>
هدایت الکتریکی (ds/m)	۱/۴۱±۰/۰۳ <sup>a</sup>	۱/۴۵±۰/۰۲ <sup>a</sup>	۱/۴۰±۰/۰۳ <sup>a</sup>
ماده آلی (/)	۰/۲۲±۰/۰۳ <sup>c</sup>	۰/۳۳±۰/۰۴ <sup>b</sup>	۰/۴۹±۰/۰۵ <sup>a</sup>
نیتروژن (/)	۰/۰۱±۰/۰۰۵ <sup>a</sup>	۰/۰۱±۰/۰۰۵ <sup>a</sup>	۰/۰۲±۰/۰۱ <sup>a</sup>
فسفر (mg/L)	۰/۱۰±۰/۰۵ <sup>b</sup>	۰/۱۰±۰/۰۴ <sup>b</sup>	۳/۴۰±۰/۲۵ <sup>a</sup>
پتاسیم (mg/L)	۶/۶۰±۰/۴۹ <sup>c</sup>	۱۶/۶۰±۰/۳۴ <sup>b</sup>	۶۷/۲۰±۲/۶۳ <sup>a</sup>
آهک (/)	۱۲/۱۲±۲/۵۰ <sup>b</sup>	۱۱/۱۲±۱/۶۴ <sup>b</sup>	۲۰/۸۷±۲/۱۸ <sup>a</sup>
گچ (/)	۷۱/۷۲±۳/۸۵ <sup>a</sup>	۶۵/۱۵±۳/۰۹ <sup>b</sup>	۲۶/۴۰±۲/۲۱ <sup>c</sup>
رطوبت اشباع (/)	۵۴/۷۹±۲/۸۲ <sup>b</sup>	۶۰/۶۲±۲/۵۱ <sup>a</sup>	۴۲/۲۰±۱/۸۶ <sup>c</sup>

ادامه جدول (۸)

مناطق	پارامترهای فیزیکی شیمیایی		
	قالبیاف	افترا	جوین
ماسه (/.)	۸۸±۳/۱۶ <sup>a</sup>	۸۶±۱/۵۸ <sup>a</sup>	۸۰±۳/۱۶ <sup>b</sup>
سیلت (/.)	۶±۱/۵۸ <sup>a</sup>	۶±۱/۵۸ <sup>a</sup>	۶±۱/۵۸ <sup>a</sup>
رس (/.)	۶±۱/۵۸ <sup>b</sup>	۸±۰/۷۱ <sup>b</sup>	۱۴±۱/۵۸ <sup>a</sup>

اعداد (SD± میانگین) در هر ردیف با حروف متفاوت، اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد و حروف مشترک بدون اختلاف معنی دار هستند.

همبستگی عوامل محیطی با متغیرهای اندازه گیری شده:

بین ارتفاع گیاه، قطر تاج پوشش، سطح تاج پوشش، زی توده و سطح برگ با اسپاتولنول، آلفا-سانتالین، آلفا-لونجیپینین، سدرل، بتا-کاروفیلین، اپی-سدرل، ان-تری دکان و بتا-گورجون همبستگی مثبت معنی داری مشاهده شد. به عبارتی با افزایش مقادیر خصوصیات رویشی، میزان این ترکیبها نیز افزایش یافته بود. در حالی که خصوصیات رویشی با سیس-کاروفیلین، آلفا-پینین، بتا-پینین، میرسن، ترانس-بتا-آسیمین، سیس-بتا-آسیمین و ۲-هیپتانول همبستگی منفی معنی داری داشتند.

در میان عوامل محیطی، ارتفاع، بارندگی سالانه، حداقل دمای سردترین ماه، حداقل دمای مطلق، گچ، ماده آلی، پتاسیم و رس بیشترین همبستگی معنی دار را با خصوصیات رویشی و ترکیبهای اسانس *S. staurophyllum* داشتند. ضمن اینکه ترکیبهای آلفا-پینین، بتا-پینین، سیس-کاروفیلین، اسپاتولنول، آلفا-لونجیپینین، سدرل، ترانس-بتا-آسیمین و میرسن بیشترین همبستگی معنی دار را با عوامل محیطی داشتند (جدول ۹).

جدول ۹- همبستگی پیرسون بین خصوصیات رویشی و ترکیبهای اسانس *S. staurophyllum* با پارامترهای محیطی

اهدایت الکتریکی	اسیدینه	حداقل دمای مطلق	حداقل دمای مطلق	حداکثر دمای سردترین ماه	حداکثر دمای گرمترین ماه	دمای سالانه	بارندگی سالانه	ارتفاع از سطح دریا	خصوصیات
-۰/۰۵۲	-۰/۸۲۸**	-۰/۷۴۷**	۰/۵۷۸*	۰/۸۰۷**	۰/۵۶۵*	۰/۷۵۵**	-۰/۸۸۶**	-۰/۹۵۷**	ارتفاع گیاه
-۰/۱۲۴	-۰/۵۵۰*	۰/۵۱۹*	۰/۵۳۳*	۰/۶۸۲**	۰/۴۲۶	۰/۶۸۵**	-۰/۶۵۵**	-۰/۷۶۲**	قطر تاج پوشش
-۰/۱۳۸	-۰/۵۷۰*	۰/۵۱۴*	۰/۵۱۴*	۰/۶۸۴**	۰/۴۳۵	۰/۷۰۰**	-۰/۶۶۰**	-۰/۷۶۴**	سطح تاج پوشش
۰/۲۷۱	-۰/۵۹۹*	۰/۵۴۶*	۰/۲۴۶	۰/۷۳۷**	۰/۵۸۴*	۰/۴۷۷	-۰/۶۴۴**	-۰/۶۴۵**	سطح برگ
-۰/۱۰۶	-۰/۷۲۰**	۰/۷۳۰**	۰/۵۶۲*	۰/۷۲۲**	۰/۵۲۷*	۰/۷۷۰**	-۰/۸۴۶**	-۰/۹۵۹**	زی توده
۰/۱۴۶	۰/۸۱۵**	-۰/۷۰۶**	-۰/۶۷۵**	-۰/۷۵۲**	-۰/۴۹۰	-۰/۷۵۸**	۰/۹۰۴**	۰/۹۷۷**	Myrcene
۰/۲۱۷	۰/۸۵۰**	-۰/۷۱۹**	-۰/۶۸۴**	-۰/۷۵۳**	-۰/۵۳۲*	-۰/۷۴۰**	۰/۹۰۵**	۰/۹۷۰**	(E)-β-Ocimene
-۰/۱۰۱	-۰/۸۵۷**	۰/۷۳۶**	۰/۶۰۷*	۰/۷۳۹**	۰/۵۴۰*	۰/۷۲۰**	-۰/۸۹۴**	-۰/۹۶۶**	Spathulenol
۰/۰۴۸	۰/۸۰۱**	-۰/۷۱۰**	-۰/۶۴۸**	-۰/۸۰۴**	-۰/۴۸۰	-۰/۷۵۹**	۰/۹۰۱**	۰/۹۸۱**	α-Pinene
۰/۰۶۳	۰/۷۸۳**	-۰/۷۸۴**	-۰/۶۴۷**	-۰/۸۴۲**	-۰/۵۸۱*	-۰/۷۶۰**	۰/۹۲۴**	۰/۹۷۷**	β-Pinene
۰/۳۱۵	۰/۸۶۴**	-۰/۶۱۲*	-۰/۶۶۹**	-۰/۷۰۰**	-۰/۵۳۲*	-۰/۷۱۵**	۰/۸۶۹**	۰/۹۲۷**	(Z)-β-Ocimene
۰/۰۳۷	۰/۷۸۲**	-۰/۷۱۵**	-۴۰۷	-۰/۷۳۲**	-۰/۶۴۹**	-۰/۸۲۸**	۰/۸۶۴**	۰/۹۲۵**	2-Heptanol
۰/۵۱۹*	-۰/۱۷۸	۰/۵۶۵*	۰/۵۰۶	۰/۶۵۲**	۰/۲۲۱	۰/۴۹۸	-۰/۵۴۵*	-۰/۵۴۱*	α-Santalene
-۰/۰۴۱	-۰/۸۳۲**	۰/۷۵۹**	۰/۵۹۰*	۰/۷۹۰**	۰/۵۹۳*	۰/۷۴۵**	-۰/۹۰۲**	-۰/۹۷۴**	α-Longipinene
-۰/۱۶۶	-۰/۸۱۱**	۰/۷۶۲**	۰/۶۴۰*	۰/۷۴۳**	۰/۵۵۶*	۰/۷۷۴**	-۰/۹۱۱**	-۰/۹۷۸**	Cedrol
-۰/۱۱۸	۰/۶۵۳**	-۰/۶۶۶**	-۰/۵۷۸*	-۰/۸۴۰**	-۰/۵۴۵*	-۰/۷۹۹**	۰/۸۵۴**	۰/۹۲۳**	cis-Carveol
-۰/۰۴۳	-۰/۸۱۷**	۰/۷۴۸**	۰/۵۷۱*	۰/۷۵۴**	۰/۶۱۶*	۰/۷۶۰**	-۰/۸۹۷**	-۰/۹۶۳**	β-Caryophyllene
-۰/۱۸۸	-۰/۸۰۵**	۰/۷۶۳**	۰/۶۶۴**	۰/۷۲۳**	۰/۵۴۳*	۰/۷۷۰**	-۰/۹۱۱**	-۰/۹۷۰**	epi-Cedrol
-۰/۱۷۹	-۰/۷۹۸**	۰/۷۳۱**	۰/۵۵۴*	۰/۷۰۴**	۰/۵۳۳*	۰/۷۸۷**	-۰/۸۷۳**	-۰/۹۶۵**	n-Tridecane
-۰/۳۳۸	-۰/۸۷۵**	۰/۵۵۱*	۰/۴۲۲	۰/۶۶۴**	۰/۶۳۳*	۰/۷۹۵**	-۰/۸۱۰**	-۰/۸۹۴**	β-Gurjunene

ادامه جدول (۹)

خصوصیات	ماده آلی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	آهک	گچ	رطوبت اشباع	ماسه	سیلت	رس
ارتفاع گیاه	-۰/۹۱۴**	-۰/۴۸۷	-۰/۷۴۶**	-۰/۸۲۱**	-۰/۶۶۳**	۰/۸۱۲**	۰/۵۱۵*	۰/۷۲۸**	-۰/۰۶۷	-۰/۸۳۴**
قطر تاج پوشش	-۰/۷۵۷**	-۰/۵۳۳*	-۰/۶۱۳*	-۰/۶۹۱**	-۰/۶۵۱**	۰/۷۲۳**	۰/۴۷۸	۰/۶۰۸*	-۰/۰۴۱	-۰/۶۹۱**
سطح تاج پوشش	-۰/۷۵۲**	-۰/۵۳۲*	-۰/۵۹۶*	-۰/۶۷۳**	-۰/۶۳۳*	۰/۷۰۸**	۰/۴۵۲	۰/۶۲۰*	-۰/۰۸۱	-۰/۶۹۱**
سطح برگ	-۰/۶۳۹**	-۰/۴۸۰	-۰/۶۸۶**	-۰/۶۹۴**	-۰/۵۸۲*	۰/۶۲۷*	۰/۵۵۶*	۰/۴۸۵	۰/۱۶۸	-۰/۶۲۱*
زی توده	-۰/۸۷۶**	-۰/۵۱۹*	-۰/۷۸۵**	-۰/۸۵۱**	-۰/۶۶۹**	۰/۸۴۵**	۰/۵۶۰*	۰/۷۵۲**	-۰/۰۶۰*	-۰/۸۵۲**
Myrcene	۰/۸۶۴**	۰/۵۰۷*	۰/۶۷۶**	۰/۷۸۰**	۰/۵۶۶*	-۰/۷۷۱**	-۰/۴۱۵	-۰/۶۴۱*	-۰/۰۴۷	۰/۷۶۰**
(E)-β-Ocimene	۰/۸۲۶**	۰/۳۰۴	۰/۶۴۱*	۰/۷۳۷**	۰/۵۴۰*	-۰/۷۳۱**	-۰/۳۶۳	-۰/۶۵۱**	۰/۰۰۹	۰/۷۵۳**
Spathulenol	-۰/۸۲۹**	-۰/۳۳۱	-۰/۶۵۲**	-۰/۷۴۵**	-۰/۵۲۴*	۰/۷۱۹**	۰/۳۶۹	۰/۶۳۱*	۰/۰۲۵	-۰/۷۴۲**
α-Pinene	۰/۸۷۶**	۰/۵۱۹*	۰/۷۴۵**	۰/۸۳۵**	۰/۶۷۲**	-۰/۸۳۳**	-۰/۵۳۲*	-۰/۷۰۵**	-۰/۰۰۱	۰/۸۱۹**
β-Pinene	۰/۸۸۳**	۰/۳۵۳	۰/۸۳۱**	۰/۸۸۵**	۰/۷۰۶**	-۰/۸۷۲**	-۰/۶۰۶*	-۰/۷۵۹**	۰/۰۰۸	۰/۸۷۸**
(Z)-β-Ocimene	۰/۷۴۶**	۰/۲۴۱	۰/۵۳۰*	۰/۶۴۳**	۰/۴۵۷	-۰/۶۳۷*	-۰/۲۴۲	-۰/۵۶۶*	-۰/۰۱۷	۰/۶۶۴**
2-Heptanol	۰/۸۷۶**	۰/۵۱۳*	۰/۷۲۳**	۰/۷۸۸**	۰/۵۱۳*	-۰/۷۵۲**	-۰/۴۷۴	-۰/۶۷۶**	-۰/۰۰۴	۰/۷۸۷**
α-Santalene	-۰/۶۸۵**	-۰/۵۳۲*	-۰/۸۵۳**	-۰/۸۳۱**	-۰/۷۴۲**	۰/۸۳۳**	۰/۹۰۵**	۰/۵۳۰*	۰/۲۱۰	-۰/۶۸۸**
α-Longipinene	-۰/۸۶۷**	-۰/۳۴۲	-۰/۷۲۰**	-۰/۸۰۴**	-۰/۵۷۰*	۰/۷۶۸**	۰/۴۵۷	۰/۶۳۸*	۰/۰۹۱	-۰/۷۷۳**
Cedrol	-۰/۸۵۸**	-۰/۳۵۹	-۰/۶۹۱**	-۰/۷۷۸**	-۰/۵۱۹*	۰/۷۵۹**	۰/۴۱۹	۰/۶۵۵**	۰/۰۳۵	-۰/۷۷۲**
cis-Carveol	۰/۹۴۶**	۰/۵۴۷*	۰/۸۸۷**	۰/۹۵۵**	۰/۷۷۷**	-۰/۹۳۴**	-۰/۷۴۰**	-۰/۶۸۴**	-۰/۱۷۶	۰/۸۵۶**
β-Caryophyllene	-۰/۸۶۶**	-۰/۳۵۵	-۰/۷۲۳**	-۰/۸۰۴**	-۰/۵۴۲*	۰/۷۶۲**	۰/۴۶۳	۰/۶۲۴*	۰/۱۱۷	-۰/۷۶۶**
epi-Cedrol	-۰/۸۴۷**	-۰/۳۴۹	-۰/۶۷۱**	-۰/۷۵۹**	-۰/۴۸۷	۰/۷۴۲**	۰/۳۹۶	۰/۶۳۷*	۰/۰۴۲	-۰/۷۵۵**
n-Tridecane	-۰/۸۶۶**	-۰/۴۳۱	-۰/۶۷۶**	-۰/۷۶۳**	-۰/۵۲۳*	۰/۷۵۵**	۰/۴۰۵	۰/۷۰۲**	-۰/۰۷۸	-۰/۷۸۸**
β-Gurjunene	-۰/۷۸۴**	-۰/۳۴۷	-۰/۵۰۷	-۰/۶۱۲*	-۰/۴۳۷	۰/۶۰۷*	۰/۲۱۳	۰/۶۳۵*	-۰/۱۴۴	-۰/۶۸۷**

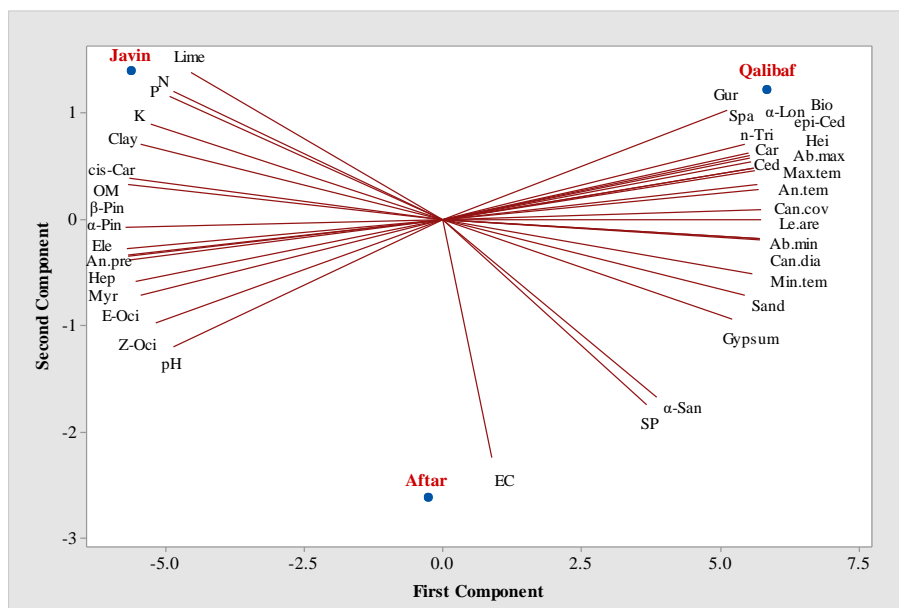
\*\*\*: به ترتیب بیانگر تفاوت معنی دار در سطح ۱ و ۵ درصد است.

قالیباغ نشان دادند. آلفا-سانتالین نیز با بیشترین مقادیر در منطقه افتر تحت تأثیر رطوبت اشباع، و تا حدودی گچ و هدایت الکتریکی قرار داشت.

تعیین جایگاه حفاظتی *S. staurophyllum* در ایران: در سه منطقه بررسی شده تعداد ۷۵ پایه بالغ *S. staurophyllum* شمارش شد، اما دانه رُست این گونه مشاهده نشد. چرای دام، خشکسالی، توسعه معادن گچ و جاده سازی باعث تخریب جمعیت های این گونه و رویشگاه های آن شده است. با توجه به اینکه سطح تحت اشغال این گونه در جمعیت های مطالعه شده (AOO) ۰/۷۵ کیلومتر مربع و محدوده حضور آن در استان (EOO) ۶۵/۲۱۰ کیلومتر مربع است، جایگاه حفاظتی این گونه در ایران در بحران انقراض (CR) تعیین گردید (شکل ۴).

رسته بندی متغیرهای محیطی، خصوصیات رویشی و ترکیب های اسانس: تجزیه مؤلفه های اصلی تأثیر متغیرهای محیطی را بر خصوصیات رویشی و ترکیب های اسانس گونه *S. staurophyllum* نشان داد. بر این اساس ارتفاع از سطح دریا، بارندگی سالانه، ماده آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، رس، آهک و اسیدیتته بیشترین تأثیر را بر مقادیر آلفا-پینن، بتا-پینن، سیس-کارونول، ۲-هپتانول، میرسن، سیس-بتا-آسیمین و ترانس-بتا-آسیمین در منطقه جوین داشتند (شکل ۳).

همچنین، دمای سالانه، حداقل دمای سردترین ماه، حداکثر دمای گرمترین ماه، حداقل دمای مطلق، حداکثر دمای مطلق، ماسه و گچ بیشترین تأثیر را بر مقادیر ارتفاع گیاه، قطر تاج پوشش، سطح تاج پوشش، سطح برگ، زی توده، بتا-گورجونن، اسپانتونول، آلفا-لونجیپینن، اپی-سدرل، ان-تری دکان، بتا-کاریوفیلین و سدرل در منطقه



شکل ۳- نمودار رسته‌بندی متغیرهای محیطی، خصوصیات رویشی و ترکیب‌های اسانس *S. staurophyllum*

Ele= Elevation, An.pre= Annual precipitation, An.tem= Annual temperature, Max.tem= Maximum temperature of the hottest month, Min.tem= Minimum temperature of the coldest month, Ab.max= Absolute maximum temperature, Ab.min= Absolute minimum temperature, pH= potential of Hydrogen, EC= Electrical conductivity, OM= Organic matter, N= Nitrogen, P= Phosphorus, K= Potassium, Lime= Calcium oxide, SP= Saturation percentage, San= Sand, Sil= Silt, Cla= Clay, Hei= Height, Can.dia= Canopy diameter, Can.cov= Canopy cover, Le.are= Leaf.area, Bio= Biomass, Ced= Cedrol, epi-Ced= *epi*-Cedrol, cis-Car= *cis*-Carveol Hep= 2-Heptanol, Myr= Myrcene, n-Tri= *n*-Tridecane, Spa= Spathulenol, α-Pin= α-Pinene, β-Pin= β-Pinene, α-Lon= α-Longipinene, α-San= α-Santalene, β-Gur= β-Gurjunene, Car= β-Caryophyllene, E-Oci= (*E*)-β-Ocimene, Z-Oci=(*Z*)-β-Ocimene.



شکل ۴- محدوده حضور و سطح تحت اشغال گونه *S. staurophyllum*

### بحث

کم‌ارتفاع‌ترین رویشگاه‌های بررسی‌شده (قالیباف) در مقایسه با دو رویشگاه مرتفع‌تر (افتار و جوبین) بیشتر بود. در جدول همبستگی نیز مشاهده شد که بین ارتفاع از سطح دریا و بارندگی سالانه با خصوصیات رویشی گیاه همبستگی منفی معنی‌دار، و با سایر پارامترهای اقلیمی شامل دمای سالانه، حداکثر دمای گرم‌ترین ماه، حداقل دمای سردترین ماه، حداکثر و حداقل دمای مطلق همبستگی مثبت معنی‌دار وجود دارد. در منطقه قالیباف مقادیر این پارامترهای اقلیمی به ترتیب ۱۶/۶، ۲۳/۵، ۹/۹،

مقایسه خصوصیات رویشی *S. staurophyllum* در سه رویشگاه بررسی‌شده تأثیر شرایط محیطی را به خوبی نشان داد. طبق فلور ایران (مظفریان، ۱۳۸۶)، محدوده ارتفاعی این گونه در کشور ۱۶۰۰-۱۲۵۰ متر بالاتر از سطح دریا است، و بیشترین پراکندگی را در زون ۱۵۰۰-۱۴۰۰ متر دارد. به عبارتی این گونه مناطق استپی و دامنه‌های کوهستانی را برای رشد و استقرار خود ترجیح می‌دهد. به همین دلیل مقادیر شاخص‌های رویشی آن در

حداکثر دمای گرمترین ماه و حداقل دمای سردترین ماه همبستگی مثبت معنی‌داری داشتند.

نتایج پژوهش حاضر حاکی از آن است که شاخص‌های رویشی *S. staurophyllum* با اسیدپیت، ماده آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن و رس همبستگی منفی معنی‌دار، و با گچ، ماسه و رطوبت اشباع همبستگی مثبت معنی‌داری داشتند. بیشترین مقادیر این خصوصیات اداکیکی به ترتیب در رویشگاه جوبین و قالیباف وجود دارد. در بررسی ویژگی‌های اکولوژیکی *Capparis spinosa* در استان قم، ارتفاع، سطح پوشش، قطر ساقه و تراکم گیاه همسو با نتایج پژوهش حاضر با ارتفاع از سطح دریا و بارندگی سالانه همبستگی منفی و با دمای سالانه، حداکثر دمای گرم‌ترین ماه و حداکثر دمای مطلق همبستگی مثبت داشتند، اما برخلاف پژوهش حاضر با ماده آلی، ازت، فسفر و پتاسیم همبستگی مثبتی داشتند (خوش‌سیما و هم‌کاران، ۱۳۹۶). همچنین، در گیاه گچ‌دوست *Dorema ammoniacum* D. Don در منطقه‌ای از سمنان با دامنه ارتفاعی ۲۰۰۰-۱۲۵۰ متر، پراکندگی (فراوانی) این گونه استپی با ارتفاع از سطح دریا و آهن همبستگی مثبت نشان داد (Rabizadeh, 2020). این نتایج برخلاف یافته‌های پژوهش حاضر است که با افزایش ارتفاع، میزان آهن نیز افزایش یافته بود و در نتیجه بین این پارامترها و شاخص‌های رویشی گیاه همبستگی منفی معنی‌داری وجود داشت.

در زمینه شناسایی ترکیب‌های اسانس *S. staurophyllum* تا کنون یک مطالعه در منطقه گرم‌سار (Sefidkon et al., 1997) انجام شده است. در این گزارش ۱۵ ترکیب معرفی شد که در ۱۰ ترکیب با اجزای اسانس پژوهش حاضر مشترک بودند. در سایر گونه‌های این جنس نیز تفاوت در کمیت و کیفیت اجزای اسانس وجود دارد. به‌عنوان مثال، در گونه *S. transcaucasicum* که از دو منطقه یوش جاده چالوس (Masoudi et al., 2006) و منطقه شمال‌غرب ایران (Shahabipour et al., 2013) جمع‌آوری شده بودند، به ترتیب ۲۵ و ۵۴ ترکیب شناسایی شد که ۱۵ ترکیب آن‌ها مشترکند. همچنین، در اسانس *S. libanotis* از ترکیه (Ozturk and Ercisli, 2006) و اتریش (Chizzola, 2019) به ترتیب ۱۳ و ۲۷ ترکیب شناسایی شد که ۸ ترکیب آن‌ها مشترک بودند. مقایسه اجزای اصلی

۴۴/۳ و ۱۵/۳- درجه سانتی‌گراد و بارندگی سالانه ۱۵۲/۷ میلی‌متر و در منطقه جوبین به ترتیب ۱۳/۱، ۱۸/۸، ۷/۶، ۳۸/۳ و ۱۸/۱- درجه سانتی‌گراد و بارندگی سالانه ۲۲۶/۱ میلی‌متر است. نمودار PCA نیز تأثیر منفی ارتفاع از سطح دریا بر صفات رویشی این گونه را تأیید کرد. به‌طور کلی، گرادیان ارتفاعی با تأثیر بر سایر عوامل محیطی، از جمله میزان بارندگی، دما، وزش باد، تابش خورشید و نور فرابنفش تغییراتی را در خصوصیات رویشی و تولید متابولیت‌های ثانویه ایجاد می‌کند (Nowak et al., 2016; Aissi et al., 2010). لذا گونه‌های رویشگاه‌های استپی و دامنه‌های کوهستانی، نظیر *S. staurophyllum* در ارتفاعات پایین شرایط مطلوبی برای رشد و گسترش خود دارند.

در بررسی جمعیت‌های مختلف گیاه دارویی کور *Capparis spinosa* L.) در ۱۳ استان کشور با دامنه ارتفاعی ۱۷۳۰-۱۰ متر مشخص گردید که صفات مورفولوژیکی این گونه با ارتفاع، بارندگی سالانه، دمای سالانه، حداکثر دمای مطلق، میانگین دمای گرم‌ترین ماه، رطوبت نسبی و پتانسیل تبخیر بیش‌ترین همبستگی معنی‌دار را داشتند (Najafian et al., 2021). نتایج این پژوهش تا حدود زیادی همسو با یافته‌های تحقیق حاضر است. تأثیر ارتفاع و عوامل اقلیمی بر صفات رویشی سه جمعیت عناب (*Ziziphus jujuba* Miller) در استان خراسان جنوبی با دامنه ارتفاعی ۱۹۰۰-۹۵۰ متر نشان داد که ارتفاع درخت، قطر برابر سینه، قطر و سطح تاج‌پوشش، طول و عرض برگ و میوه با ارتفاع از سطح دریا و بارندگی سالانه همبستگی منفی معنی‌دار، و با سایر پارامترهای اقلیمی شامل دمای سالانه، حداکثر دمای گرم‌ترین ماه، حداقل دمای سردترین ماه، حداکثر و حداقل دمای مطلق همبستگی مثبت معنی‌داری داشتند (ریبعی و هم‌کاران، ۱۳۹۹). این نتایج کاملاً با یافته‌های پژوهش حاضر منطبق است. در زمینه همبستگی صفات مورفولوژیکی گونه دارویی *Vaccinium uliginosum* L. در ارتفاع ۲۱۰۰-۶۸۰ متر در شمال‌شرقی چین با عوامل محیطی نتایج مشابه با پژوهش حاضر بدست آمد (Fan et al., 2024). یافته‌های این تحقیق حاکی از آن بود که ارتفاع گیاه، و طول و عرض برگ با ارتفاع از سطح دریا و بارندگی سالانه همبستگی منفی معنی‌دار و با دمای سالانه،

*Zanthoxylum armatum* DC. با هفت پارامتر اقلیمی در ۲۴ منطقه چین نیز مشخص گردید که لینالول و دی-لیمون به عنوان ترکیبات اصلی طعم‌دهنده دانه فلافل به ترتیب با بارندگی همبستگی منفی و مثبت معنی‌دار و با دما همبستگی مثبت و منفی معنی‌دار داشتند (Qian et al., 2024). کاروفیلین نیز به عنوان سومین ترکیب اصلی اسانس این گونه همسو با نتایج پژوهش حاضر با پارامترهای دمایی همبستگی مثبت داشت، اما برخلاف گونه *S. staurophyllum* با بارندگی سالانه همبستگی مثبت نشان داد.

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر، بین پارامترهای فیزیکیوشیمیایی خاک شامل اسیدیت، ماده آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن و رس با مؤثر آلفا-پینن، بتا-پینن، میرسن، سیس-بتا-آسیمین و ترانس-بتا-آسیمین همبستگی مثبت معنی‌داری وجود دارد. به‌علاوه گچ و ماسه نیز با ترکیب‌های اسپاتونول، آلفا-لونجیپینن، سدرل، اپی-سدرل، آلفا-سانتالین، بتا-گورجونن و بتا-کاروفیلین همبستگی مثبت معنی‌داری را نشان دادند. مشابه با نتایج این تحقیق، برخی گزارش‌ها حکایت از همبستگی معنی‌دار بین پارامترهای خاک نظیر ماده آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، اسیدیت، هدایت الکتریکی و بافت خاک با ترکیب‌های مختلف اسانس دارد (Rapposelli et al., 2015; Feng et al., 2021; Tursun, 2022; محمدیان و همکاران، ۱۳۹۳؛ Valkovszki et al., 2023).

به‌طور کلی، عوامل ژنتیکی و محیطی فرآیند تولید و تجمع متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی و معطر و در نتیجه فعالیت بیولوژیکی و دارویی آنها را کنترل می‌کنند. کیفیت داروهای گیاهی به مواد مؤثر تولیدشده توسط گیاهان تحت تأثیر شرایط اکولوژیکی رویشگاه‌های مختلف بستگی دارد (Li et al., 2020). به‌عنوان مثال، تأثیر عوامل محیطی بر محتوای مواد مؤثر و فعالیت آنتی‌اکسیدانی *Potentilla fruticosa* L. در هشت رویشگاه طبیعی چین با دامنه ارتفاعی ۳۹۰۰-۱۰۰۰ متر بررسی شد (Liu et al., 2016). نتایج نشان داد که ارتفاع از سطح دریا با میزان تانن همبستگی منفی معنی‌دار، ولی با فنل کل، فلاونوئیدها و فعالیت آنتی‌اکسیدانی همبستگی مثبت معنی‌داری داشت. دمای سالانه با میزان فنل کل همبستگی منفی معنی‌دار، و طول مدت تابش آفتاب با فلاونوئیدها و فعالیت آنتی‌اکسیدانی همبستگی مثبت

اسانس هر گونه در مناطق مختلف نشان می‌دهد که نوع این ترکیب‌ها تقریباً مشابهند، اما مقادیر آنها اختلافاتی را دارند که ناشی از عوامل ژنتیکی و شرایط محیطی مختلف رویشگاه‌ها است.

ارتفاع از سطح دریا و پارامترهای اقلیمی مقادیر اجزای اصلی اسانس *S. staurophyllum* را تحت تأثیر قرار داده‌اند. نتایج نشان داد که بین ترکیب‌های سیس-کاروئول، آلفا-پینن، بتا-پینن، میرسن، سیس-بتا-آسیمین، ترانس-بتا-آسیمین و ۲-هپتانول با ارتفاع و بارندگی همبستگی مثبت معنی‌دار، و با پارامترهای دمایی شامل دمای سالانه، حداکثر دمای گرم‌ترین ماه، حداقل دمای سردترین ماه، و حداکثر و حداقل دمای مطلق همبستگی منفی معنی‌دار وجود دارد. عکس‌العمل گیاه در مورد ترکیب‌های اسپاتونول، آلفا-لونجیپینن، سدرل، اپی-سدرل، ان-تری‌دکان، آلفا-سانتالین، بتا-گورجونن و بتا-کاروفیلین کاملاً متفاوت بود، به‌طوری که مقادیر این ترکیب‌ها تحت تأثیر ارتفاع از سطح دریا و بارندگی سالانه کاهش یافته، اما پارامترهای دمایی تأثیر مثبت بر مقادیر آنها داشتند. نمودار PCA نیز تأثیرپذیری این ترکیب‌ها را با پارامترهای اقلیمی و ارتفاع تأیید کرد. مشابه با نتایج این تحقیق، در گزارش‌های زیادی همبستگی معنی‌داری بین عوامل توپوگرافی و اقلیمی با مواد مؤثر اسانس گیاهان دارویی مشاهده شده است. به‌عنوان مثال، در بررسی ترکیب‌های اسانس سه جمعیت *Hymenocrater calycinus* (Boiss.) Benth. در استان مازندران با افزایش ارتفاع مقادیر اسپاتونول و کاروفیلین اکسید افزایش یافته، اما هگزادکانوئیک اسید کاهش پیدا کرده است (Asri et al., 2017). اسپاتونول برخلاف یافته پژوهش حاضر همبستگی مثبتی با ارتفاع نشان داد. نتایج آنالیز ترکیب‌های اسانس *Hypericum gaitii* Haines در هفت رویشگاه طبیعی شرق هند با دامنه ارتفاعی ۱۳۹۰-۷۷۰ متر نشان داد که پارامترهای محیطی، نظیر ارتفاع، بارندگی و دما، و عوامل ژنتیکی عملکرد و تغییرات کمی و کیفی اجزای اسانس را تحت تأثیر قرار دادند (Kamila et al., 2022). برخلاف یافته‌های پژوهش حاضر با افزایش ارتفاع و بارندگی، مقادیر آلفا-پینن، بتا-پینن و میرسن کاهش یافته بود، اما مشابه با گونه *S. staurophyllum* مقادیر بتا-کاروفیلین کاهش پیدا کرده بود. در بررسی همبستگی اجزای اصلی اسانس

محسوب شود (Rahman et al., 2021). در منطقه افتر نیز میر سن، ترانس-بتا-اسیمن، سیس-بتا-اسیمن، آلفا-پینن، بتا-پینن و آلفا-سانتالین بیشترین محتوای اسانس را شامل شده‌اند. بنابراین در سه منطقه بررسی شده، ترکیب‌های اصلی اسانس گیاه *S. staurophyllum* کاربرد دارویی داشته و می‌توان از آنها برای درمان بیماری‌ها استفاده کرد.

### نتیجه‌گیری

یافته‌ها نشان داد که ارتفاع از سطح دریا تأثیر مهمی بر صفات مورفولوژیکی *S. staurophyllum* داشت، به طوری که با افزایش ارتفاع، مقادیر این خصوصیات کاهش یافته بود. همچنین، بارندگی سالانه، حداقل دمای سردترین ماه، حداقل دمای مطلق، گج، ماده آلی، پتا سیم و رس نیز به‌عنوان عوامل اثرگذار بر صفات عملکردی این گونه نقش مهمی داشتند. بنابراین به‌منظور بهره‌برداری اقتصادی از گیاه *S. staurophyllum* جهت برنامه‌های توسعه‌ای در عرصه‌های طبیعی تخریب‌یافته یا اراضی کم‌بازده می‌توان این گونه را برای استتپ‌ها و دامنه‌های کوهستانی با خاک گچی تو صیه نمود. نتایج بدست آمده حاکی از آن است که با افزایش ارتفاع از سطح دریا محتوای مونوترپن‌های هیدروکربنی به‌طور قابل توجهی افزایش یافته بود. این ترکیب‌ها (میرسن، بتا-اسیمن، آلفا-پینن و بتا-پینن) با خواص درمانی بالا در منطقه جویین ۷۳/۲ درصد اسانس را تشکیل داده بودند. در ارتفاع پایین بیشترین سهم به سزکویی‌ترین‌های اکسیژن‌دار (اسپاتولنول و سدرل) و سزکویی‌ترین‌های هیدروکربنی (آلفا-لونجیپینن، بتا-کاریوفیلین و آلفا-سانتالین) تعلق داشت. این ترکیب‌ها با خواص درمانی بالا ۶۱/۴ درصد اجزای اسانس را تشکیل داده بودند. از آنجاکه متابولیت‌های ثانویه شاخص مهمی برای ارزیابی کیفیت مواد دارویی محسوب می‌شوند، بنابراین با توجه به هدف مورد نظر باید شرایط محیطی مناسب را برای گیاه فراهم کرد تا به عملکرد شیمیایی مطلوب دست یافت.

### سپاسگزاری

نگارندگان از صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (INSF) بابت حمایت مالی این پژوهش و از

معنی‌داری را نشان داد. بر این اساس منطقه کانگدینگ استان سیچوان شرایط محیطی مطلوبی را برای تولید مواد مؤثر با کیفیت بالا فراهم کرده است.

گونه *S. staurophyllum* نیز در هر یک از رویشگاه‌ها دارای ترکیب‌های اسانس با ارزشی است. در منطقه قالبیاف، اسپاتولنول، آلفا-لونجیپینن، سدرل، بتا-کاریوفیلین و آلفا-سانتالین به ترتیب بیشترین اجزای اسانس را تشکیل داده‌اند. اسپاتولنول دارای فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی و ضدتوموری است (Passos et al., 2022). آلفا-لونجیپینن دارای فعالیت‌های ضد میکروبی، و ضد تغذیه‌ای و سیتوتوکسیک در برابر حشرات گیاهخوار است (Cerda-García-Rojas et al., 2010; Manoharan et al., 2017). سدرل به‌عنوان تعدیل‌کننده سیستم ایمنی، خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدسرطانی شناخته شده است (Özek et al., 2021). چندین فعالیت بیولوژیکی مانند، ضدباکتری، آنتی‌اکسیدان، محافظ گوارش، ضداضطراب، ضدالتهاب، پتانسیل ضدپیری و محافظت سیستم عصبی برای بتا-کاریوفیلین گزارش شده است (Gupta and Phulara, 2021). آلفا-سانتالین کاربردهای مختلفی، از جمله در زمینه سنتز اسید نوکلئیک دارد و به‌دلیل داشتن رایحه مطبوع، معمولاً در تولید اسانس‌ها و عطرها استفاده می‌شود (Wang et al., 2021). در منطقه جویین بیشترین ترکیب‌های اسانس به ترتیب به میرسن، ترانس-بتا-اسیمن، بتا-پینن، آلفا-پینن، سیس-بتا-اسیمن و سیس-کاروئول مربوط است. فعالیت‌های بیولوژیکی متعددی، از جمله ضداضطراب، آنتی‌اکسیدانی، ضدپیری، ضدالتهابی، ضد درد و ضدسرطان برای میرسن گزارش شده است (Fitsiou and Pappa, 2019; Surendran et al., 2021). از خواص درمانی بتا-اسیمن می‌توان به اثرات ضد تشنج، ضدالتهاب، ضد ویروسی و ضدقارچی، ضدتومور و ضدافسردگی اشاره کرد (Sousa et al., 2023). طیف گسترده‌ای از فعالیت‌های دارویی در مورد آلفا- و بتا-پینن، از جمله تعدیل مقاومت آنتی‌بیوتیکی، ضدانعقاد، ضدسرطان، ضد میکروبی، ضد مالاریا، آنتی‌اکسیدان، ضدالتهاب، ضداضطراب، ضد درد، محافظ سیستم گوارشی، ضد تشنج و محافظت سیستم عصبی گزارش شده است (Fitsiou and Pappa, 2019; Salehi et al., 2019). کاروئول می‌تواند یک آنتی‌اکسیدان و عامل ضدالتهابی قوی برای محافظت از سمیت کبدی

- antiacetylcholinesterase activities. *Industrial Crops and Products*, 91: 56-65.
- Ale Omrani Nejad, S.M.H., Naghdi Badi, H., Mehrafarin, A., Abdossi, V., Khalighi-Sigaroodi, F. 2019. The impact of macro environmental factors on essential oils of *Oliveria decumbens* Vent. from different regions of Iran. *Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products*, 14(2): e59456.
- Amiri M.S., Joharchi M.R. 2016. Ethnobotanical knowledge of Apiaceae family in Iran: A review. *Avicenna Journal of Phytomedicine*, 6: 621-635.
- Asri, Y., Sadeh-Hoseinabad Ghaini, F., Vaziri, A., Akbarzadeh, M. 2017. Essential oil composition from *Hymenocrater calycinus* (Boiss.) Benth. in Iran. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 20(3): 712-719.
- Cerda-García-Rojas, C.M., Burgueño-Tapia, E., Román-Marín, L.U., Hernández-Hernández, J.D., Agulló-Ortuño, T., González-Coloma, A., Joseph-Nathan, P. 2010. Antifeedant and cytotoxic activity of longipinane derivatives. *Planta Medica*, 76(03): 297e302.
- Chizzola, R. 2019. Chemodiversity of essential oils in *Seseli libanotis* (L.) W.D.J.Koch (Apiaceae) in Central Europe. *Chemistry & Biodiversity*, 16, e1900059.
- Cragg, G.M., Newman, D.J. 2013. Natural products: A continuing source of novel drug leads. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1830(6): 3670-3695.
- Fan, C., Guo, Z., Zheng, J. 2024. Study on morphological traits of natural populations of *Vaccinium uliginosum* at different altitudinal gradients on Changbai Mountain. *Horticulturae*, 10(3): 224.
- Feng, X., Zhang, W., Wu, W., Bai, R., Kuang, S., Shi, B., Li, D., 2021. Chemical composition and diversity of the essential oils of *Juniperus rigida* along the elevations in Helan and Changbai Mountains and correlation with the soil characteristics. *Industrial Crops and Products*, 159, 113032.
- Fitsiou, E., Pappa, A. 2019. Anticancer activity of essential oils and other extracts from aromatic plants grown in Greece. *Antioxidants (Basel)*, 8(8): 290.
- Gupta, P., Phulara, S. 2021. Terpenoids: Types and their application. In: Gupta, P. & Phulara, S. (eds.), *Biotechnology of Terpenoid Production from Microbial Cell*
- مساعادت مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور (RIFR) برای اجرای این پژوهش سپاسگزاری می‌کنند.
- ### منابع
- ارزانی، ح.، عابدی، م. ۱۳۹۳. ارزیابی مرتع: اندازه‌گیری پوشش گیاهی، جلد دوم. انتشارات دانشگاه تهران، ۳۰۶ صفحه.
- خوش‌سیما، ا.، عصری، ی.، بخشی‌خانیک، غ.، ادنانی، س.م. ۱۳۹۶. مطالعه ویژگی‌های اکولوژیکی گونه کور (*Capparis spinosa* L.) در برخی از رویشگاه‌های استان قم. *مجله پژوهش‌های گیاهی*، ۳۰(۳): ۵۸۰-۵۷۱.
- ربیعی، م.، بیجاری، ن.، عصری، ی.، بخشی‌خانیک، غ. ۱۳۹۹. تأثیر برخی عوامل محیطی بر صفت‌های مورفولوژیکی، آناتومیکی و فیتوشیمی عنب (*Ziziphus jujuba* Miller) در استان خراسان جنوبی. *مجله زیست‌شناسی گیاهی ایران*، ۱۲(۲): ۹۷-۱۱۶.
- محمدیان، ع.، کرمان، ر.، میرزا، م.، سپهوند، ع. ۱۳۹۳. اثر ارتفاع از سطح دریا و خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک بر مواد مؤثره گیاه آویشن (*Thymus fallax* Fisch. et C.A. Mey. در رویشگاه‌های طبیعی لرستان. *تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*، ۳۰(۴): ۵۲۸-۵۱۹.
- مظفریان، و. ۱۳۸۶. *Lomatopodium* Fisch. & C.A.Mey. در: اسدی، م. (ویراستار)، فلور ایران: تیره چتریان، شماره ۵۴: ۳۵۱-۳۵۰. انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران.
- مهندسین مشاور رویان. ۱۳۷۸. دستورالعمل تجزیه‌های آزمایشگاهی نمونه‌های خاک و آب، نشریه شماره ۴۶۷. معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور، ۲۵۵ صفحه.
- Adams, R.P. 2007. Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectrometry. 4th ed. Carol Stream, IL: Allured Publishing Corporation.
- Aissi, O., Boussaid, M., Messaoud, C. 2016. Essential oil composition in natural populations of *Pistacia lentiscus* L. from Tunisia: Effect of ecological factors and incidence on antioxidant and

- of Iran. Journal of Genetic Resources, 7(2): 156-165.
- Nersezashvili, M., Berashvili, D., Skalicka-Wozniak, K. 2024. Phytochemical and pharmaceutical characterization of *Seseli* L. species from Georgia. Acta Poloniae Pharmaceutica - Drug Research, 81(1): 35-51.
- Nowak, M., Manderscheid, R., Weigel, H.-J., Kleinwachter, M., 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.
- Önder, A., Çınar, A.S., Ateş, F.B., Artiaga, L.N., Carbobonell-Barrachina, A.A. 2021. Chemical composition and cytotoxic potency of essential oil from *Seseli petraeum* M. Bieb. (Apiaceae). Journal of Research in Pharmacy, 25(3): 249-257.
- Önder, A., Çınar, A.S., Yilmaz Sarialtin, S., İzgi, M.N., Çoban, T. 2020. Evaluation of the antioxidant potency of *Seseli* L. species (Apiaceae). Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences, 17(2): 197-202.
- Önder, A., Nahar, L., Çınar, A.S., Sarker, S. 2023. The genus *Seseli* L.: A comprehensive review on traditional uses, phytochemistry, and pharmacological properties. Journal of Herbal Medicine, 38, 100625.
- Özek, G., Schepetkin, I.A., Yermagambetova, M., Özek, T., Kirpotina, L.N., Almerikova, S.S., Abugaliev, S.I., Khlebnikov, A.I., Quinn, M.T. 2021. Innate immunomodulatory activity of cedrol, a component of essential oils isolated from *Juniperus* species. Molecules, 26, 7644.
- Ozturk, S., Ercisli, S. 2006. Chemical composition and in vitro antibacterial activity of *Seseli libanotis*. World Journal of Microbiology & Biotechnology, 22: 261-265.
- 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.
- Qian, Q., Zhuo, Z., Peng, Y., Xu, D. 2024. Chemical composition variation in essential oil and their correlation with climate factors in Chinese prickly ash peels (*Zanthoxylum* Factories, Chapter 3: pp. 47-78. Academic Press.
- Habibi, Z., Masoudi, Sh., Rustaiyan, A. 2003. Chemical composition of the essential oil of *Seseli tortuosum* L. ssp. *kiabii* Akhani from Iran. Journal of Essential Oil Research, 15(6): 412-413.
- Hassler, M. 1994-2024. World Plants: synonymic checklist and distribution of the world flora. Version 19.2; last update April 17th, 2024. - www.worldplants.de. Last accessed 28/04/2024
- Kamila, P.K., Ray, A., Jena, S., Sahoo, A., Kar, S.K., Nayak, S., Panda, P.C. 2022. Intraspecific variability in yield and chemical composition of essential oil of the endemic species *Hypericum gaitii* from different natural habitats of Eastern India. Plant Biosystems, 156(5): 1167-1176.
- Karami, A., Khoushbakht, T., Esmaeili, H., Maggi, F. 2020. Essential oil chemical variability in *Oliveria decumbens* (Apiaceae) from different regions of Iran and its relationship with environmental factors. Plants (Basel), 9(6): 680.
- 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.
- Liu, W., Yin, D., Li, N., Hou, X., Wang, D., Li, D., 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.
- Manoharan, R.K., Lee, J.-H., Kim, Y.-G., Kim, S.-I., Lee, J. 2017. Inhibitory effects of the essential oils  $\alpha$ -longipinene and linalool on biofilm formation and hyphal growth of *Candida albicans*. Biofouling, 33(2): 143-155.
- 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.
- Najafian, S., Mehregan, I., Iranbakhsh, A., Assadi, M., Fici, S. 2021. *Capparis spinosa* (Capparaceae); a survey on morpho-ecologic variation for different populations

- Merah, O. 2017. The Apiaceae: Ethnomedicinal family as source for industrial uses. *Industrial Crops and Products*, 109: 661-671.
- 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.
- 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.
- 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.
- Sousa, J.M.S.d., Nunes, T.A.d.L., Rodrigues, R.R.L., Sousa, J.P.A.d., Val, M.d.C.A., Coelho, F.A.d.R., Santos, A.L.S.d., Maciel, N.B., Souza, V.M.R.d., Machado, Y.A.A., Sousa, P.S.d.A., Araújo, A.R.d., Rocha, J.A., Sousa, D.P.d., Silva, M.V.d., Arcanjo, D.D.R., Rodrigues, K.A.d.F. 2023. Cytotoxic and antileishmanial effects of the monoterpene  $\beta$ -Ocimene. *Pharmaceuticals*, 16(2): 183.
- Surendran, S., Qassadi, F., Surendran, G., Lilley, D., Heinrich, M. 2021. Myrcene-what are the potential health benefits of this flavouring and aroma agent? *Frontiers in Nutrition*, 8: 699666.
- Thiviya, P., Gamage, A., Piumali, D., Merah, O., Madhujith, T. 2021. Apiaceae as an important source of antioxidants and their applications. *Cosmetics*, 8(4): 111.
- Torbati, S., Dehghan, Gh., Hassanpour, A. 2023. Evaluation of the effects of different environmental factors on the quality and quantity of the essential oil of *Prangos ferulacea* (L.) Lindl. *Trends in Phytochemical Research*, 7(1): 66-75.
- Tursun, A.O. 2022. Impact of soil types on chemical composition of essential oil of purple basil. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(7): 103314.
- Valkovszki, N.J., Szalóki, T., Székely, Á., Kun, Á., Kolozsvári, I., Szalókiné Zima, I., Tavaszi-Sárosi, S., Jancsó, M. 2023. Influence of soil types on the morphology, yield, and essential oil composition of *armatum* DC.) from different habitats. *Molecules*, 29, 1343.
- Rabdanova, N.P., Tykheev, Z.A., Taraskin, V.V., Zhigmitstyrenova, 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.
- Rabizadeh, F. 2020. Investigation of the effect of ecological factors on phytochemical, anatomical and physiological characteristics of the medicinal plant of Vashagh (*Dorema ammoniacum*). *Archive of Pharmacy Practice*, 11(S1): 6-13.
- Rahimmalek, M., Maghsoudi, H., Sabzalian, M.R., Ghasemi Pirbalouti, A. 2014. Variability of essential oil content and composition of different Iranian fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) accessions in relation to some morphological and climatic factors. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 16(6): 1365-1374.
- Rahman, Z.U., Kury, L.T., Alattar, A., Tan, Z., Alshaman, R., Malik, I., Badshah, H., Uddin, Z., Khan Khalil, A.A., Muhammad, N., Khan, S., Ali, A., Shah, F.A., Li, J.B., Li, S. 2021. Carveol a naturally derived potent and emerging Nrf2 activator protects against acetaminophen-induced hepatotoxicity. *Frontiers in Pharmacology*, 11: 621538.
- Rapposelli, E., Melito, S., Barmina, G.G., Foddai, M., Azara, E., Scarpa, G.M. 2015. Relationship between soil and essential oil profiles in *Salvia desoleana* populations: preliminary results. *Natural Product Communications*, 10(9): 1615-1618.
- Rechinger, K.H. 1987. *Lomatopodium* Fisch. & C.A.Mey. - In: Rechinger, K.H. (ed.), *Flora Iranica, Umbelliferae*, no. 162: 349-350. Akad. Druck- und Verlagsanstalt, Graz.
- 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  $\alpha$ - and  $\beta$ -Pinene: A miracle gift of nature. *Biomolecules*, 9(11): 738.
- Şanlı, A., Karadoğan, T. 2017. 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.
- Sayed, B., Talou, T., Saad, Z., Hijazi, A.,

- Journal of Agricultural and Food Chemistry, 69(44): 13135-13142.
- Yassa, N., Akhane, 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>
- common sage (*Salvia officinalis* L.). Horticulturae, 9, 1037.
- Wang, Y., Zhou, S., Liu, Q., Jeong, S.-H., Zhu, L., Yu, X., Zheng, X., Wei, G., Kim, S.-W., Wang, C. 2021. Metabolic engineering of *Escherichia coli* for production of  $\alpha$ -Santalene, a precursor of sandalwood oil.