

بررسی تأثیر عوامل اکولوژیک بر ترکیب‌های اسانس ژنوتیپ‌های مختلف آویشن دنايي (*Thymus daenensis* Celak) با استفاده از تکنیک رج‌بندی

بابک بحرینی‌نژاد^{۱*} و مهدی میرزا^۲

۱- نویسنده مسئول، استادیار، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران، پست الکترونیک: bahreini@ag.iut.ac.ir

۲- استاد، بخش تحقیقات گیاهان دارویی و محصولات فرعی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: خرداد ۱۳۹۷

تاریخ اصلاح نهایی: آبان ۱۳۹۷

تاریخ پذیرش: آبان ۱۳۹۷

چکیده

آویشن دنايي با نام علمی *Thymus daenensis* Celak یکی از گونه‌های انحصاری کشور ایران می‌باشد. از آنجا که این گونه یکی از باارزش‌ترین گیاهان دارویی منطقه زاگرس مرکزی است، بهره‌برداری بی‌رویه آن را در معرض خطر انقراض قرار داده است. تکنیک رج‌بندی (Ordination) از جمله روش‌هایی می‌باشد که ارتباط بین گیاه و متغیرهای محیطی را بررسی می‌کند. به‌منظور بررسی تأثیر عوامل اکولوژیک بر ترکیب‌های اسانس، تعداد ۸ رویشگاه آویشن دنايي در استان اصفهان شناسایی و پس از جمع‌آوری اندام‌های هوایی گیاه و اسانس‌گیری، ترکیب‌های آن شناسایی گردید. ۲۴ عامل بیواقلیمی، خاک و توپوگرافی در رویشگاه‌ها برای آنالیز رج‌بندی تعیین شد. نتایج نشان داد عوامل ارتفاع، متوسط دما در مرطوب‌ترین فصل، همدمایی، میزان بارندگی در مرطوب‌ترین فصل، میزان بارندگی سالانه، میزان بارندگی در خشک‌ترین فصل و دامنه درجه حرارت سالانه، درصد رس، سنگریزه، ماده آلی، نیتروژن و پتاسیم قابل جذب از تأثیرگذارترین عوامل بر ترکیب‌های اسانس بودند. تیمول به‌عنوان ترکیب اصلی این گونه تحت تأثیر تغییرات دامنه درجه حرارت سالانه، ارتفاع و شیب قرار گرفت. درصد شن خاک و متوسط دما در مرطوب‌ترین فصل از جمله مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر تولید کارواکرول بودند. یافته‌های حاصل از این مطالعه می‌تواند نقش ارزشمندی در مدیریت کشت و توسعه آویشن در عرصه‌های منابع طبیعی و کشاورزی به‌ویژه با توجه به نوع ترکیب‌های مورد نیاز در صنایع دارویی و بهداشتی داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: مواد مؤثره، رج‌بندی، عوامل محیطی، اسانس، آویشن دنايي (*Thymus daenensis* Celak).

مقدمه

می‌باشد. فرآورده‌های دارویی حاصل از این گیاه در درمان بیماری‌های متعددی از جمله بیماری‌های قارچی و میکروبی و التهاب معده کاربرد دارد. همچنین به‌عنوان ادویه در تهیه برخی از غذاها و از اسانس آن در بسیاری از فرآورده‌های غذایی استفاده می‌شود (Lattaoui & Tantaoui-Elaraki,)

آویشن دنايي با نام علمی *Thymus daenensis* Cleak بومی کشور ایران بوده و از دیرباز از آن به‌عنوان یک گیاه دارویی پرمصرف استفاده می‌گردد. بیشترین کاربرد این گونه به علت داشتن ترکیب‌های فنلی مانند تیمول و کارواکرول

می‌یابد و بعکس افزایش هدایت الکتریکی و میزان نیتروژن خاک موجب کاهش در میزان تیمول می‌شود. همچنین مقدار کارواکرول با افزایش میزان مواد آلی، درصد رس و هدایت الکتریکی رابطه مستقیم داشت، در حالیکه اسیدپته خاک و میزان پتاسیم موجب کاهش آن شد.

تکنیک رج‌بندی (Ordination) از جمله روش‌هایی می‌باشد که ارتباط بین خصوصیات پوشش گیاهی و متغیرهای محیطی را بررسی می‌کند. Curado و همکاران (۲۰۰۶) به منظور بررسی تأثیر عوامل محیطی بر ترکیب‌های شیمیایی گیاه *Lychnophora ericoides* با استفاده از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) نشان دادند که بین ترکیب‌های شیمیایی گیاه مورد نظر و فاکتورهای خاک ارتباط معنی‌داری وجود دارد و اسیدپته، ظرفیت تبادل کاتیونی، درصد سیلت و شن از عوامل مهم بودند. Sanchez و همکاران (۲۰۱۲) تأثیر متغیرهای بیواقلیمی را بر ترکیب‌های اسانس گونه *Thymus zygis* با استفاده از آنالیز تطبیقی متعارفی (CCA) بررسی نمودند. نتایج آنان نشان داد که ترکیبی از عوامل اقلیمی شامل میانگین دمای سالانه، متوسط حداقل دما در سردترین ماه، میانگین حداکثر دما در سردترین ماه، دامنه میانگین دمای گرمترین و سردترین ماه سال، میانگین تبخیر و تعرق سالانه و میانگین بارندگی سالانه از عوامل مهم و مؤثر بر ترکیب‌های اسانس شامل ترپینیل استات، کارواکرول، تیمول، پارا-سیمن و گاما-ترپین می‌باشند.

در این مطالعه روابط بین عوامل اکولوژیک با ترکیب‌های موجود در گیاه و نقش هر یک از عوامل محیطی (اقلیم، توپوگرافی و خاک) در رویشگاه بر ترکیب‌های مهم اسانس موجود در ژنوتیپ‌های مختلف آویشن دنیایی با استفاده از تکنیک رج‌بندی و خوشه‌بندی تعیین می‌گردد. بنابراین می‌توان با بهره‌گیری از نقش عوامل محیطی بر میزان ترکیب‌های مؤثره آویشن به‌طور مؤثرتری نسبت به کشت و توسعه آن تصمیم‌گیری نمود.

Alvandi, 1996؛ Bahreininejad, 2006؛ 1994. روغن‌های فرّار یا اسانس‌های گیاهان دارویی هم از نظر مقدار و هم از نظر نوع ترکیب‌های سازنده تحت تأثیر عوامل مختلف محیطی شامل خصوصیات اقلیمی، توپوگرافی و خاک هستند. در این زمینه تحقیقات متعددی انجام شده است. Bakhshi Khaniki و همکاران (۲۰۱۱) تأثیر شرایط رویشگاهی را بر کمیت و کیفیت اسانس کاکوتی کوهی (*Ziziphora clinopodioides*) بررسی کردند. در مطالعه آنان شش ترکیب بتا-پینن، ساینن، ۸،۱-سینثول، پولگون، پیریتنون و آلفا-تریپیتول در همه مناطق به صورت مشترک وجود داشت. نتایج حاصل از مطالعه Jamshidi و همکاران (۲۰۰۶) بر روی اسانس آویشن در ارتفاعات مختلف نشان داد که با افزایش ارتفاع میزان درصد اسانس و درصد کارواکرول کاهش می‌یابد؛ بنابراین بهترین محل برای رویش گیاه برای دستیابی به بهترین عملکرد کمی و کیفی اسانس ارتفاع ۲۴۰۰ متر توصیه شد. Hosseinzadegan و Bakhshi Khaniki (۲۰۱۴) اثر برخی عوامل اکولوژیکی را بر اسانس گیاه مریم نخودی (*Teucrium polium* L.) بررسی کردند. نتایج آنان نشان داد همبستگی بین ارتفاع، دما و رطوبت با آلفا-پینن، بتا-پینن، لیمونن، آلفا-کوپا-ان و بازده اسانس معنی‌دار بود. همچنین همبستگی معنی‌داری بین بارندگی با ساینن مشاهده شد. از بین خصوصیات خاک، همبستگی معنی‌داری بین هدایت الکتریکی خاک با آلفا-پینن، لیمونن و ای-بتا-فارنزن و همچنین یک همبستگی معنی‌دار بین سدیم و نیز منیزیم محلول در خاک با لیمونن دیده شد. براساس مطالعات Aminzadeh و همکاران (۲۰۱۰) در رابطه با گونه *Thymus kotschyanus* در ایران، از میان فاکتورهای محیطی ارتفاع منطقه، درصد کربن آلی، پتاسیم و اسیدپته خاک با درصد اسانس ارتباط خطی داشت. Mohammadian و همکاران (۲۰۱۴) در بررسی تأثیر ارتفاع و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک بر مواد مؤثره *Thymus fallax* نشان دادند که مقدار تیمول با افزایش مقادیر فسفر خاک و درصد رس و شن افزایش

مواد و روش‌ها

مناطق مورد بررسی

جنگلها و مراتع کشور انجام گردید. در این تحقیق ترکیب‌های اصلی اسانس شامل تیمول، کارواکرول، آلفا-توجن، آلفا-پینن، میرسن، لیمونن، لینالول، آلفا-ترپینن، بتا-کاروفیلن، گاما-ترپینن، ۸،۱-سینئول و پارا-سیمن در آنالیز رج‌بندی مورد استفاده قرار گرفتند.

عوامل محیطی

پارامترهای اقلیمی بکار برده شده در این مطالعه با استفاده از آمار و اطلاعات اقلیمی ۳۰ ساله ایستگاه‌های سینوپتیک و کلیماتولوژی موجود در استان و اطراف آن محاسبه و بعد نقشه‌های پراکنش مکانی آنها با استفاده از روش‌های زمین‌آمار ترسیم شد. در پایان مقادیر مربوط به پارامترهای اقلیمی هر یک از مکانهای ژئوتیپ‌های مورد مطالعه استخراج گردید. داده‌های توپوگرافی شامل ارتفاع (Elevation) و شیب (Slope) نیز برای مناطق مورد مطالعه از نقشه رقومی ارتفاع با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS ۱۰/۱ استخراج گردید (جدول ۲).

در این مطالعه ۸ رویشگاه طبیعی آویشن دنايي در استان اصفهان (عرض جغرافیایی بین ۳۰ درجه و ۴۳ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۲۷ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۳۱ دقیقه شرقی) شناسایی و نمونه‌های آن برای اندازه‌گیری ترکیب‌های شیمیایی اسانس جمع‌آوری گردید (جدول ۱).

استخراج و شناسایی ترکیب‌های اسانس

سرشاخه‌های گیاه پس از برداشت داخل پاکت‌های کاغذی و برای خشک شدن در شرایط سایه قرار داده شد. استخراج اسانس از نمونه‌های مذکور به روش تقطیر با آب و با استفاده از دستگاه کلونجر انجام شد (Stahl & Schild, 1981). شناسایی ترکیب‌های اسانس با دستگاه گاز کروماتوگراف مدل شیمادزو- سری 9A ساخت کشور ژاپن در آزمایشگاه بخش گیاهان دارویی مؤسسه تحقیقات

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی ژئوتیپ‌های آویشن دنايي مورد مطالعه در استان اصفهان

نام منطقه	نشانه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)
اورگان	Th1	۵۰°۱۶'۱۱"	۳۲°۳۶'۴۵"	۲۳۱۰
حنا	Th2	۵۱°۳۵'۳۰"	۳۱°۱۲'۱۹"	۲۳۴۰
کهرویه	Th3	۵۱°۴۱'۴۲"	۳۱°۴۲'۵۶"	۱۸۵۰
یحیی‌آباد	Th4	۵۱°۴۰'۴۸"	۳۳°۲۵'۱۰"	۲۱۰۰
پشتکوه	Th5	۴۹°۵۵'۴۲"	۳۲°۵۱'۵۵"	۲۴۰۰
چادگان	Th6	۵۰°۲۰'۰۰"	۳۲°۵۵'۴۲"	۲۱۰۰
قهیز	Th7	۵۰°۳۱'۱۴"	۳۳°۰۲'۰۲"	۲۳۰۰
خوانسار	Th8	۵۰°۹'۱۱"	۳۳°۱۲'۴۶"	۲۲۰۰

گردید. مهمترین متغیرهای مورد بررسی در آنالیز رج‌بندی شامل هدایت الکتریکی، اسیدیته، درصد مواد آلی، درصد شن، سیلت و رس، درصد کربنات کلسیم، درصد سنگریزه،

در هر رویشگاه طبیعی آویشن دنايي یک پروفیل به‌عنوان پروفیل معرف در نظر گرفته شد و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های خاک برداشت شده اندازه‌گیری

درصد گچ، ازت کل، فسفر قابل جذب و پتاسیم قابل جذب بود (جدول ۲).

خوشه‌بندی ژنوتیپ‌های آویشن دناپی و آنالیز رج‌بندی برای مطالعه تشابه موجود بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه و گروه بندی آنها به ژنوتیپ‌های مشابه به لحاظ عوامل محیطی اقدام به آنالیز خوشه‌ای شد. بر این اساس

خوشه‌بندی با استفاده از شاخص تشابه Bray-Curtis و روش معدل گروهی با نرم‌افزار PAST و با استفاده از داده‌های کمی ۲۴ متغیر محیطی (شامل ۱۲ متغیر خاک، دو متغیر توپوگرافی و ۱۰ متغیر اقلیمی) انجام شد. به‌منظور بررسی عوامل محیطی مؤثر بر ترکیب‌های اسانس گونه آویشن دناپی از آنالیز رج‌بندی استفاده گردید.

جدول ۲- مشخصات متغیرهای محیطی (اقلیمی، خاک و توپوگرافی) مورد استفاده در آنالیز رج‌بندی

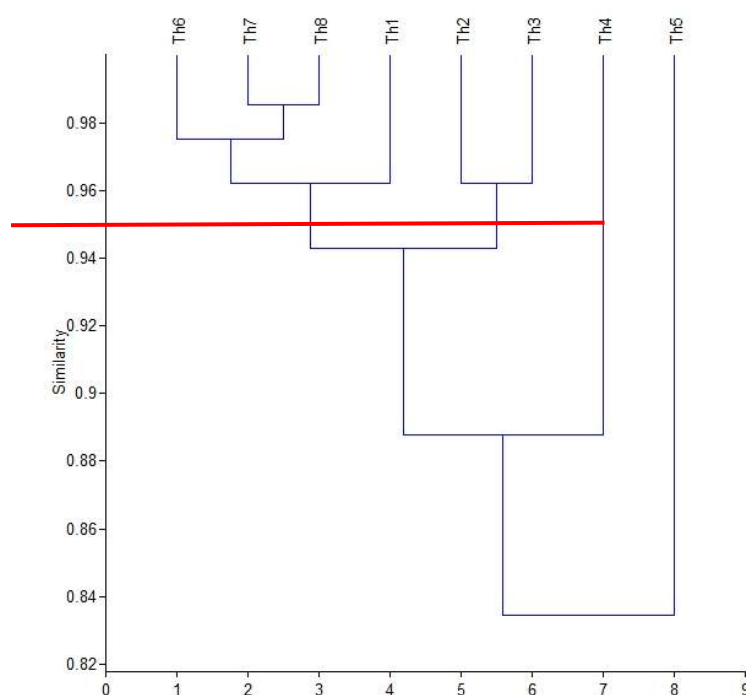
نشانه اختصاری	واحد اندازه‌گیری	متغیر محیطی
B1	درجه سانتی‌گراد	میانگین دمای سالانه
B3	-	۱۰۰* (دامنه درجه حرارت سالانه/متوسط درجه حرارت حداقل و حداکثر ماهانه) همدامی
B6	درجه سانتی‌گراد	حداقل دما در سردترین ماه
B7	درجه سانتی‌گراد	دامنه درجه حرارت سالانه
B8	درجه سانتی‌گراد	متوسط دما در مرطوب‌ترین فصل
B12	میلی‌متر	بارندگی سالانه
B13	میلی‌متر	بارندگی در مرطوب‌ترین ماه
B16	میلی‌متر	بارندگی در مرطوب‌ترین فصل
B17	میلی‌متر	بارندگی در خشک‌ترین فصل
B18	میلی‌متر	بارندگی در گرم‌ترین فصل
Silt	درصد	سیلت
Sand	درصد	شن
pH	-	اسیدیته
P	میلی‌گرم در کیلوگرم	فسفر قابل جذب
Om	درصد	ماده آلی
N	درصد	ازت کل
K	میلی‌گرم در کیلوگرم	پتاسیم قابل جذب
Gypsum	درصد	گچ
Gravel	درصد	سنگ و سنگریزه
EC	دسی‌زیمنس بر متر	هدایت الکتریکی
Clay	درصد	رس
CaCO ₃	درصد	کربنات کلسیم
Elev	متر	ارتفاع
Slope	درصد	شیب

نتایج

آنالیز خوشه‌ای ژنوتیپ‌های مورد مطالعه

آنالیز خوشه‌ای انجام شده براساس داده‌های کمی ۲۴ متغیر محیطی شامل اقلیم، خاک و توپوگرافی (جدول ۳) نشان داد که ژنوتیپ‌های آویشن دنايي در سطح تشابه ۹۵٪ به چهار گروه مشخص تفکیک می‌شوند. گروه اول شامل ژنوتیپ‌های اورگان (Th1)، خوانسار (Th8)، قهیز (Th7) و چادگان (Th6)، گروه دوم شامل ژنوتیپ‌های حنا (Th2) و کهرویه (Th3) و گروه سوم و چهارم به ترتیب هر یک شامل ژنوتیپ یحیی‌آباد (Th4) و پشتکوه (Th5) بودند (شکل ۱).

برای انتخاب روش مناسب برای رج‌بندی، در ابتدا رج‌بندی با روش تجزیه و تحلیل تطبیقی ناریب (DCA) انجام شد و اندازه طول گرادیان محاسبه گردید (جدول ۴). در این بررسی چون مقدار طول گرادیان کمتر از ۳ بدست آمد از روش رج‌بندی خطی مستقیم و آنالیز افزونگی (RDA) استفاده شد (Ter Braak, 1991). آنالیز رج‌بندی با استفاده از نرم‌افزار CANOCO 4.5 انجام شد و نمودار سه پلاتی عوامل محیطی، ترکیب‌های اسانس و ژنوتیپ‌ها بدست آمد. همبستگی بین عوامل محیطی و محورهای اول تا چهارم RDA به منظور تعیین مهمترین عوامل تأثیرگذار محاسبه و برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌های آویشن دنايي نتایج روش‌های رج‌بندی و خوشه‌بندی با یکدیگر مقایسه شد.



شکل ۱- آنالیز خوشه‌ای ژنوتیپ‌های آویشن دنايي براساس عوامل محیطی مورد مطالعه

جدول ۳- عوامل محیطی تأثیرگذار بر ترکیب‌های اسانس ژنوتیپ‌های آویشن دنايي مورد استفاده در آنالیز خوشه‌ای

ژنوتیپ	ارتفاع (متر)	B3 -	B6 (درجه سانتی‌گراد)	B7 (درجه سانتی‌گراد)	B12 (میلی‌متر)	B16 (میلی‌متر)	B18 (میلی‌متر)	سیلت (%)	شن (%)	رس (%)	اسیدیته -	فسفر			پتاسیم			هدایت		
												میلی‌گرم در کیلوگرم	ماده آلی (%)	ازت (%)	(میلی‌گرم در کیلوگرم)	گچ (%)	سنگریزه (%)	الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	آهک (%)	
اورگان	۲۲۵۸	۳/۹	-۷/۸	۴۰/۴	۲۶۴	۱۳۸	۴	۳۹	۳۵/۲	۲۵/۸	۷/۸	۸/۹	۰/۴	۰/۰۷	۰/۰۴	۳۲۰/۸	۰/۰۴	۱۷/۳	۰/۹	۲۴/۶
حنا	۲۵۱۹	۳/۹	-۸/۷	۴۱/۸	۲۴۹	۱۳۳	۵	۵۱/۱	۱۷/۵	۳۱/۴	۷/۵	۷/۹	۰/۸	۰/۰۹	۰/۰۶	۴۶۰/۷	۰/۰۹	۱۳/۵	۰/۵	۲۹/۸
کهرویه	۲۵۵۸	۳/۹	-۱۰/۳	۴۲/۶	۲۱۸	۱۱۲	۵	۴۰/۲	۲۶/۱	۳۳/۶	۷/۸	۷/۸	۰/۵	۰/۰۸	۰/۰۸	۳۴۱/۷	۰/۰۸	۱۵/۵	۰/۸	۳۷/۲
یحیی‌آباد	۲۸۸۱	۳/۷	-۱۲/۳	۴۳/۶	۱۴۷	۷۶	۴	۲۲/۲	۵۶/۵	۲۱/۳	۷/۶	۵	۰/۲	۰/۰۳	۰/۰۳	۲۶۱/۱	۰/۰۳	۱۵/۷	۲/۲	۲۵/۴
پشتکوه	۳۳۸۴	۳/۸	-۱۶/۳	۴۲/۵	۳۲۰	۱۵۹	۱۱	۳۸/۳	۳۵/۳	۲۶/۴	۷/۸	۵/۵	۰/۴	۰/۰۶	۰/۰۶	۳۸۵/۵	۰/۰۶	۱۷/۳	۱	۲۰/۲
چادگان	۲۴۱۰	۳/۹	-۸/۱	۴۰	۲۲۸	۱۱۸	۴	۴۵/۷	۲۳/۲	۳۱	۸/۷	۱۲/۴	۰/۷	۰/۰۹	۰/۰۵	۳۱۳/۶	۰/۰۹	۱۹/۵	۰/۶	۲۳
قهییز	۲۳۴۱	۳/۹	-۸/۵	۴۰/۳	۲۰۷	۱۰۸	۳	۳۴/۴	۳۷/۸	۲۷/۸	۷/۳	۴	۰/۸	۰/۱۲	۰/۰۱	۲۷۲/۴	۰/۱۲	۱۰/۹	۳/۸	۲۸/۱
خوانسار	۲۳۵۲	۳/۹	-۸/۲	۳۹/۶	۲۱۸	۱۱۲	۳	۴۳/۲	۲۹/۳	۲۷/۵	۷/۸	۸/۹	۰/۶	۰/۰۷	۰/۰۷	۲۸۶/۶	۰/۰۷	۱۴/۴	۰/۵	۱۹/۷

آنالیز رج‌بندی

بیشترین مقادیر ویژه متعلق به دو محور اول RDA بود که در مجموع ۷۶/۸٪ از تغییرات را توجیه نمود (جدول ۴).

نتایج حاصل از رج‌بندی عوامل محیطی با ترکیب‌های اسانس ژنوتیپ‌های مختلف آویشن دنايي نشان داد که

جدول ۴- نتایج حاصل از رج‌بندی DCA و RDA (عوامل محیطی و ترکیب‌های اسانس)

محور	۱	۲	۳	۴	جمع جبری
مقادیر ویژه	۰/۵۹۳	۰/۱۷۵	۰/۱۳۶	۰/۰۷۴	۱
طول گرادبان	۰/۴۶۶	۰/۲۶۳	۰/۱۹۴	۰/۲۰۷	
واریانس توجیه شده (%)	۵۹/۳	۱۷/۵	۱۳/۶	۷/۳	۹۷/۷

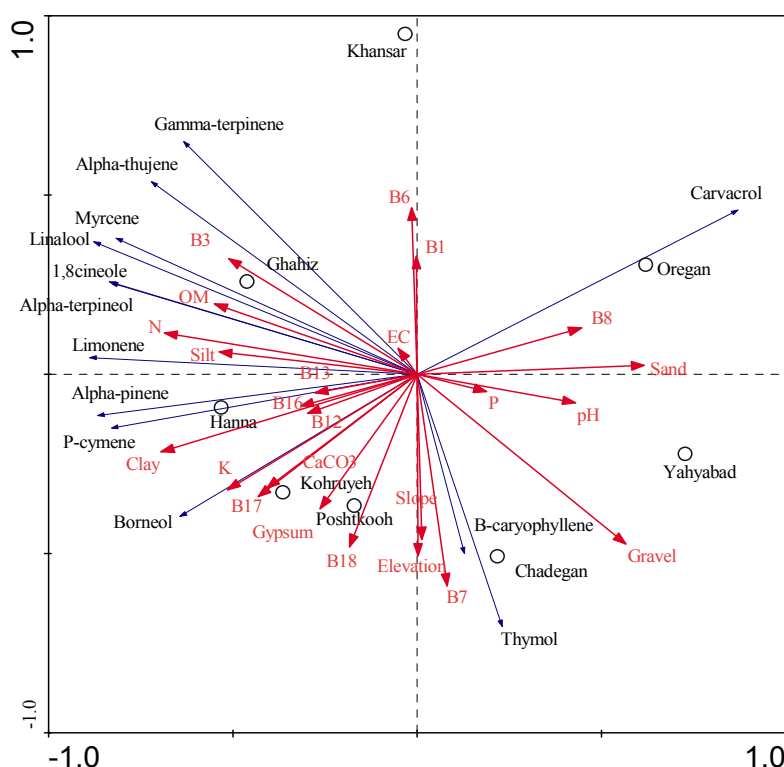
ترکیب‌ها در تفکیک ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نشان‌دهنده سهم به‌سزایی از ترکیب تیمول در تفکیک ژنوتیپ چادگان، کارواکرول در تفکیک ژنوتیپ اورگان، آلفا-پینین و پارا-سیمن در تفکیک ژنوتیپ حنا، برنثول در تفکیک ژنوتیپ کهرویه و آلفا-توجن و گاما-تریپین در تفکیک ژنوتیپ قهیز بود (شکل ۲). همچنین همدمايي (B3)، حداقل دما در سردترین ماه (B6) و عوامل خاک شامل درصد ماده آلی، ازت کل و درصد سیلت از تأثیرگذارترین عوامل بر ترکیب‌های اسانس به‌ویژه گاما-تریپین، آلفا-توجن، میرسن، لینالول، ۱، ۸-سینثول و لیمونن بودند (شکل ۲).

بارندگی سالانه (B12)، بارندگی در مرطوب‌ترین فصل (B16) و بارندگی در مرطوب‌ترین ماه (B13) و درصد رس بیشترین تأثیر را بر ترکیب‌های آلفا-پینین و پارا-سیمن داشتند. در رابطه با برنثول بارندگی در خشک‌ترین فصل (B17) و پتاسیم قابل جذب از تأثیر بیشتری برخوردار بودند. دامنه درجه حرارت سالانه (B7)، ارتفاع و درصد سنگریزه از مؤثرترین عوامل محیطی بر ترکیب‌های اسانس به‌ویژه بتا-کاریوفیلین و تیمول بودند (شکل ۲).

در دیاگرام سه پلاتی (عوامل محیطی-ترکیب‌های اسانس-ژنوتیپ‌ها) حاصل از تجزیه RDA متغیرهای محیطی به‌صورت بردار نشان داده شده است (شکل ۲). از آنجا که نوک بردار نمایانگر برای حداکثر تغییرات و طول آن مبین میزان تغییرات است (Jangman *et al.*, 1987)، آن دسته از متغیرهای محیطی که در رج‌بندی دارای بردار بزرگتر و هم‌جهت بودند در مقایسه با بردارهای کوتاه، همبستگی بیشتری با ترکیب‌های اسانس نشان دادند؛ بنابراین دارای تأثیر بیشتری بر تغییرات اسانس می‌باشند. نتایج حاصل از بررسی همبستگی متغیرهای محیطی با محورهای رج‌بندی نشان داد که عوامل خاک شامل رس، ازت کل و ماده آلی بیشترین همبستگی منفی و شن و سنگریزه بیشترین همبستگی مثبت را با محور اول نشان دادند. ارتفاع از سطح دریا بیشترین همبستگی منفی را با محور دوم نشان داد. بارندگی در خشک‌ترین فصل، بارندگی سالیانه و بارندگی در مرطوب‌ترین ماه، بارندگی در مرطوب‌ترین فصل و اسیدیته بیشترین همبستگی مثبت و هدایت الکتریکی بیشترین همبستگی منفی را با محور سوم نشان دادند (جدول ۵). نتایج حاصل از آنالیز رج‌بندی در بررسی نقش

جدول ۵- میزان همبستگی بین متغیرهای محیطی و محورهای رج بندی RDA

متغیرهای محیطی	محور اول	محور دوم	محور سوم	محور چهارم
میانگین دمای سالانه (B1)	-۰/۰۰	۰/۳۳	-۰/۲۸	۰/۲۴
همدمایی (B3)	-۰/۵۱	۰/۳۲	۰/۱۹	۰/۶۴
حداقل دما در سردترین ماه (B6)	-۰/۰۱	۰/۴۶	-۰/۲۷	۰/۴۵
دامنه درجه حرارت سالانه (B7)	۰/۰۸	-۰/۵۹	۰/۱۲	-۰/۷۵
متوسط دما در مرطوبترین فصل (B8)	۰/۴۴	۰/۱۳	-۰/۵۰	-۰/۲۲
بارندگی سالانه (B12)	-۰/۳۰	-۰/۱۱	۰/۷۲	۰/۲۴
بارندگی در مرطوبترین ماه (B13)	-۰/۲۸	-۰/۰۵	۰/۷۲	۰/۳۰
بارندگی در مرطوبترین فصل (B16)	-۰/۳۱	-۰/۰۹	۰/۷۱	۰/۲۴
بارندگی در خشکترین فصل (B17)	-۰/۴۳	-۰/۳۴	۰/۷۳	-۰/۰۴
بارندگی در گرمترین فصل (B18)	-۰/۱۸	-۰/۴۸	۰/۵۴	-۰/۱۹
ارتفاع از سطح دریا	۰/۰۰	-۰/۵۱	۰/۲۳	-۰/۴۶
شیب	۰/۰۱	-۰/۴۶	۰/۵۰	-۰/۱۹
پتاسیم قابل جذب	-۰/۵۱	-۰/۳۲	۰/۴۷	-۰/۲۰
ازت کل	-۰/۶۸	۰/۱۱	-۰/۲۳	۰/۵۱
ماده آلی	-۰/۵۵	۰/۲۰	-۰/۵۱	۰/۱۹
فسفر قابل جذب	۰/۱۹	-۰/۰۵	۰/۱۶	۰/۶۹
اسیدپته	۰/۴۳	-۰/۰۸	۰/۶۵	۰/۲۷
شن	۰/۶۱	۰/۰۲	-۰/۲۷	-۰/۴۶
سیلت	-۰/۵۴	۰/۰۶	۰/۲۹	۰/۴۴
گیج	-۰/۲۶	-۰/۳۷	۰/۰۸	-۰/۵۲
سنگریزه	۰/۵۶	-۰/۴۷	۰/۳۸	۰/۴۳
هدایت الکتریکی	-۰/۰۵	۰/۰۷	-۰/۵۹	-۰/۲۰
رس	-۰/۶۹	-۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۴۴
کربنات کلسیم	-۰/۴۱	-۰/۳۲	۰/۰۳	-۰/۲۰

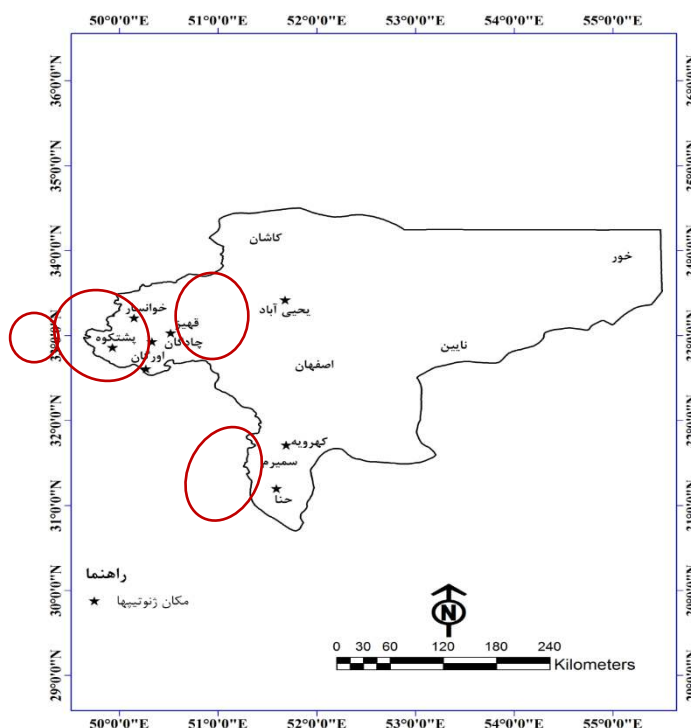


شکل ۲- نمودار سه پلاتی گونه، محیط و ترکیب‌های (ترکیب‌های اسانس با خصوصیات اقلیمی و توپوگرافی) حاصل از آنالیز افزونگی (RDA)

بحث

۳) می‌تواند تأییدی بر نتایج حاصل از آنالیز خوشه‌ای باشد. نتایج نشان داد که بیشترین مقادیر ویژه مربوط به متغیرهای خاک متعلق به محور اول بخوبی توانست ارتباط عوامل خاک و ترکیب‌های اسانس را نشان دهد. همچنین عوامل اقلیمی بیشترین همبستگی را با محور سوم RDA نشان دادند. ارتفاع از جمله مهمترین عوامل مؤثر بر میزان ترکیب‌های اسانس گیاه آویشن دناپی و از میان عوامل اقلیمی متوسط دما در مرطوب‌ترین فصل (B8)، همدمای (B3)، میزان بارندگی در مرطوب‌ترین فصل (B16)، میزان بارندگی سالانه (B12)، میزان بارندگی در خشک‌ترین فصل (B17) و دامنه درجه حرارت سالانه (B7) مهمترین عوامل بودند (شکل ۲).

نتایج حاصل از رج‌بندی نشان داد که در منطقه مورد مطالعه ترکیب‌های اسانس ژنوتیپ‌های مختلف آویشن دناپی تحت تأثیر عوامل فیزیوگرافی، اقلیمی و خاک قرار گرفت، به طوری که ترکیب‌های اسانس براساس تأثیرات عوامل محیطی بخوبی در گروه‌های مشخص تفکیک گردیدند. با توجه به نتایج خوشه‌بندی ژنوتیپ‌های آویشن دناپی براساس عوامل محیطی مشاهده می‌شود که مناطقی که عمدتاً از نظر جغرافیایی و عوامل ارتفاع، حداقل دما در سردترین ماه، دامنه درجه حرارت سالانه و بارندگی در گرمترین فصل شباهت بیشتری با یکدیگر داشتند در یک گروه قرار گرفتند. به طوری که پراکنش جغرافیایی گیاه آویشن در این مناطق در نقشه استان اصفهان (شکل



شکل ۳- نقشه پراکنش ژنوتیپ‌های آویشن دنايي در استان اصفهان

شد. از سوی دیگر Mohammadian و همکاران (۲۰۱۴) نیز در بررسی اثر ارتفاع بر میزان تیمول در گونه گیاهی *T. fallax* نشان دادند که افزایش ارتفاع باعث افزایش میزان تیمول در اسانس می‌شود.

Bigdeloo و همکاران (۲۰۱۳) بالا بودن میانگین دمایی در رویشگاه *Thymus caramanicus* را به‌عنوان عاملی تأثیرگذار در افزایش تولید اسانس برشمردند. به‌طور کلی افزایش دما در اغلب گونه‌های گیاهی باعث افزایش بیوسنتز اسانس‌ها می‌شود. در چنین شرایطی گیاه تحت تنش ملایم گرمایی و خشکی قرار می‌گیرد و برای مقابله با این تنش تولید ترکیب‌های محافظت‌کننده گیاه مانند مونوترپن‌ها افزایش می‌یابد (Lusia et al., 2006).

در نتایج حاصل از بررسی تأثیر خصوصیات خاک بر ترکیب‌های اسانس مشاهده شد که درصد سنگریزه، درصد شن، ازت کل، درصد ماده آلی، درصد رس و میزان پتاسیم قابل جذب از اهمیت ویژه‌ای در جداسازی ترکیب‌های اسانس در ژنوتیپ‌های آویشن دنايي برخوردار بودند. در همین رابطه

با توجه به نتایج بدست‌آمده در رابطه با تیمول می‌توان مشاهده نمود که دامنه درجه حرارت سالانه (B7)، ارتفاع و شیب بر روی این ترکیب تأثیر مثبت داشته است. از آنجا که دامنه درجه حرارت سالانه می‌تواند ارتباط مستقیمی با اثر تنش خشکی بر روی گیاه داشته باشد و از سوی دیگر با افزایش ارتفاع و به تبع آن افزایش شیب و میزان سنگریزه در خاک میزان رطوبت خاک کاهش می‌یابد؛ از این رو این یافته‌ها با نتایج بدست‌آمده توسط Bahreininejad و همکاران (۲۰۱۳) که بیانگر اثر افزایشی تنش خشکی بر روی مقادیر تیمول در اسانس گیاه آویشن دنايي است، همخوانی دارد. بنابراین چنین به نظر می‌رسد که تغییر محتوای تیمول روند منظمی را در ارتباط با تغییرات رطوبت در خاک داشته باشد. به‌طوری که همزمان با افزایش میزان رطوبت در خاک از محتوای تیمول کاسته می‌شود. Aziz و همکاران (۲۰۰۸) در پژوهشی روی آویشن باغی با بکارگیری تیمارهای آبیاری با فواصل ۳، ۵، ۷ و ۱۰ روز مشاهده نمودند که با افزایش فواصل آبیاری و کاهش میزان آب در خاک بر محتوای تیمول اسانس افزوده

در شیب‌های شمالی به دلیل بالا بودن میزان نیتروژن و فسفر خاک همچنین بالا بودن درصد ماده آلی و رطوبت خاک و پایین بودن اسیدیتته بیشتر است. در خاک‌های آهکی (قلیایی) که در آنها اغلب میزان پتاسیم نیز به مقدار قابل توجهی وجود دارد میزان اسانس بورتول در گیاه افزایش نشان داد.

با توجه به عوامل اقلیمی بارندگی سالانه (B12)، بارندگی در مرطوب‌ترین فصل (B16) و بارندگی در مرطوب‌ترین ماه (B13) که همگی بیانگر میزان بارندگی در بازه‌های زمانی مختلف می‌باشند؛ مشخص شد که ترکیب‌های آلفا-پینن و پارا-سیمن با رطوبت همبستگی بالایی داشته و از سوی دیگر وجود رس به عنوان یکی از عوامل مؤثر بر حفظ رطوبت خاک همراستا با عوامل مذکور می‌باشد.

در این تحقیق درصد شن از جمله مهمترین عوامل تأثیرگذار بر تولید کارواکرول بود. Corticchiato و همکاران (۱۹۹۸) بافت خاک را از جمله فاکتورهای مهم در رشد و عملکرد اسانس گونه *T. piperella* در شرق اسپانیا گزارش نمودند. نتایج حاصل از بررسی تأثیر عوامل مرتبط با خاک بر میزان تولید اسانس آویشن کرمانی حکایت از آن داشت که بازده تولید اسانس با میزان شن موجود در بافت خاک همبستگی مثبت و با میزان رس موجود در بافت خاک همبستگی منفی دارد (Bigdeloo et al., 2013).

شناسایی رویشگاه‌های مختلف و ارزیابی تأثیر عوامل محیطی بر عملکرد کمی و کیفی مواد مؤثره گیاهان دارویی می‌تواند کمکی اساسی برای اهلی کردن و حفظ تنوع ژنتیکی این گیاهان به حساب آید. از این رو یافته‌های حاصل از این مطالعه می‌تواند نقش بسیار ارزشمندی در مدیریت احیا و توسعه آویشن در عرصه‌های منابع طبیعی با تأکید بر نوع ترکیب‌های مورد نیاز در صنایع دارویی و بهداشتی داشته باشد. به طوری که با آگاهی از نقش اثرهای محیطی اعم از اقلیم، خاک و توپوگرافی می‌توان تصمیم‌گیری صحیح‌تر و مطمئن‌تری نسبت به کشت و توسعه آویشن اتخاذ نمود. به نحوی که بتوان با بهره‌گیری از نقش عوامل محیطی بر میزان ترکیب‌های مؤثره آویشن به طور مؤثرتری نسبت به تولید آنها اقدام کرد.

Figueiredo و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند که میزان عناصر غذایی موجود در خاک به‌ویژه نیتروژن، فسفر، پتاسیم و مواد آلی، عامل تعیین‌کننده‌ای در رشد و نمو گیاه و تولید متابولیت‌های ثانوی بوده و اسیدیتته نیز با تأثیر بر جذب عناصر غذایی عامل مهمی در سنتز ترکیب‌های فرار است.

توجه به مقادیر اندک هدایت الکتریکی (جدول ۳) بیانگر آن است که این عامل نسبت به سایر عوامل محیطی از تأثیر کمتری بر میزان ترکیب‌های اسانس برخوردار بود. علت این امر را می‌توان چنین بیان نمود که در رویشگاه‌های آویشن که اغلب دارای بارندگی مناسب و خاک‌های سبک می‌باشند شوری از اهمیت ناچیزی برخوردار بوده و نمی‌تواند به عنوان یک عامل مهم و مؤثر بر ترکیب‌های اسانس در آنالیز رج بندی مطرح باشد. در این رابطه اگرچه Safaei و همکاران (۲۰۱۷) با بررسی ترکیب‌های اسانس در دو محیط مزرعه و رویشگاه آویشن دناپی نشان دادند که درصد کارواکرول با افزایش شوری خاک کاهش یافت اما دلیل اهمیت شوری را در مطالعه آنان می‌توان به دخالت محیط‌های مزرعه‌ای در بررسی عوامل محیطی مؤثر بر ترکیب‌ها نسبت داد که با ماهیت محیط‌های طبیعی رویشگاه‌های آویشن نامتجانس می‌باشد.

در مورد همراستایی مواد آلی در خاک با ترکیب گاما-ترپینن می‌توان چنین بیان کرد که در خاک‌های غنی از مواد آلی عمدتاً ظرفیت نگهداری آب در خاک بیشتر بوده، از این رو تنش رطوبتی در آنها در مقایسه با خاک‌های شنی و تهی از مواد آلی تأثیر کمتری بر گیاهان می‌گذارد. با توجه به اینکه گاما-ترپینن پیش‌ساز تیمول در تولید متابولیت‌های گیاهی می‌باشد؛ بنابراین با توجه به جهت معکوس بردارهای مربوط به گاما-ترپینن و تیمول با یکدیگر در آنالیز رج بندی، می‌توان گفت که افزایش تنش خشکی باعث افزایش میزان تیمول و در نتیجه کاهش میزان گاما-ترپینن می‌شود (شکل ۲). در همین رابطه Ghavam arabian (۲۰۰۷) تأثیر محیطی را بر کمیّت و کیفیت اسانس *Achillea millefolium* بررسی کرد و به این نتیجه رسید که از بین ویژگی‌های خاک تنها میزان نیتروژن خاک با میزان اسانس رابطه معنی‌داری را نشان داد. Alipour و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که بازده اسانس *Stachys laxa*

- and essential oils. *Flavour and Fragrance Journal*, 23(4): 213-226.
- Ghavam arabian, M., 2007. Effect of some ecological characteristics on quality and quantity of essential oil of *Achillea millefolium*. MS. thesis, Department of natural resources, Tehran University, Tehran.
 - Hosseinzadegan, R. and Bakhshi Khaniki, Gh., 2014. The effect of some ecological factors on the essential oil of *Teucrium polium* L. *New Cellular & Molecular Biotechnology Journal*, 4(13): 65-70.
 - Jamshidi, A., Aminzadeh, M., Azarnivand, H. and Abedi, M., 2006. Effect of elevation on the quality and quantity of essential oil of *Thymus kotschyanus* Boiss (Damavand-Tar). *Journal of Medicinal Plants*, 2(18): 17-22.
 - Jangman, R.H.G., Ter Braak, C.J.F. and Van Tanageren, O.F.R., 1987. *Data Analysis in Community and Landscape Ecology*. Agricultural University, Wageningen, The Netherlands, 300p.
 - Lattaoui, N. and Tantaoui-Elaraki, A., 1994. Comparative kinetics of microbial destruction by the essential oils of *Thymus broussonettii*, *T. zygis* and *T. satureioides*. *Journal of Essential Oil Research*, 6: 165-171.
 - Lusía, J., Peñuelas, J., Alessio, G.A. and Estiarte, M., 2006. Seasonal contrasting changes of foliar concentrations of terpenes and other volatile organic compound in four dominant species of a Mediterranean shrubland submitted to a field experimental drought and warming. *Physiologia Plantarum*, 127(4): 632-649.
 - Mohammadian, A., Karamian, R., Mirza, M. and Sepahvand, A., 2014. Effects of altitude and soil characteristics on essential of *Thymus fallax* Fisch. et C.A. Mey. in different habitats of Lorestan province. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 30(4): 519-528.
 - Safaei, L., Sharifi Ashoor Abadi, E. and Afiuni, D., 2017. Study of environmental factors effects on thyme quality and quantity in field and habitat conditions. *Journal of Plant Ecophysiology*, 9(29): 195-203.
 - Sanchez, R.P., Galvez, C. and Ubera, J.L., 2012. Bioclimatic influence on essential oil composition in South Iberian Peninsular populations of *Thymus zygis*. *The Journal of Essential Oil Research*, 24(1): 71-81.
 - Stahl, E. and Schild, W., 1981. *Pharmazeutische Biologie 4: Drogenanalyse II*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 232p.
 - Ter Braak, C.J.F. 1991. CANOCO A Fortran Program for Canonical Community Ordination by [Detrended] [Canonical] Correspondence Analysis. *Agro. Mathe. Group, Wageningen*, 122p.
- ### منابع مورد استفاده
- Alipour, N., Mahdavi, Kh., Mahmoudi, J. and Ghelichnia, H., 2016. Investigation into the effect of environmental conditions on the quality and quantity of essential oil of *Stachys laxa*. *Journal of Plant Researches*, 28(3): 561-572.
 - Alvandi, M., 1996. The investigation of morphological and phytochemical traits in *Thymus daenensis*. PhD thesis, Department of Pharmacy, Isfahan University, Isfahan.
 - Aminzadeh, M., Amiri, F. and Sharifi Ashor Abadi, E., 2010. Factors affecting on essential chemical oils from *Thymus kotschyanus* and *Thymus persicus*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(8): 2200-2205.
 - Aziz, E., Hendawy, S., El-Din, A.A.E. and Omer, E., 2008. Effect of soil type and irrigation intervals on plant growth, essential oil yield and constituents of *Thymus vulgaris* plant. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 4: 443-450.
 - Bahreinejad, B., 2006. Collection and Identification of *Thymus daenensis* from different localities in Central Region of Iran and Determination of its Chemical Components. Scientific Report, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran.
 - Bahreinejad, B., Razmjoo, J. and Mirza, M., 2013. Influence of water stress on morpho-physiological and phytochemical traits in *Thymus daenensis*. *International Journal of Plant Production*, 7(1): 151-166.
 - Bakhshi Khaniki, GH., Sefidkon, F. and Dehghan, Z., 2011. The effects of some ecological factors on essential oil yield and composition of *Ziziphora clinopodioides* Lam. *Journal of Herbal Drugs*, 1(1): 11-20.
 - Bigdeloo, M., Nazeri, V. and Hadian, J., 2013. Study on effect of some environmental factors on morphological traits and essential oil productivity of *Thymus caramanicus* Jalas. *Iranian Journal of Medical and Aromatic Plants*, 28(4): 756-766.
 - Corticchiato, M., Tomi, F., Bernardini, A.F. and Casanova, J., 1998. Composition and infraspecific variability of essential oil from *Thymus herba barona* lois. *Biochemical Systematics and Ecology*, 26: 915-932.
 - Curado, M.A., Oliveira, B.A.C., Jesus, J.G., Santos, S.C., Seraphin, J.C. and Ferri, P.H., 2006. Environmental factors influence on chemical polymorphism of the essential oils of *Lychnophora ericoides*. *Phytochemistry*, 67(21): 2363-2369.
 - Figueiredo, A.C., Barroso, J.G., Pedro, L.G. and Scheffer, J.J.C., 2008. Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile components

Effects of ecological factors on essential oil components of several genotypes of *Thymus daenensis* Celak using ordination technique

B. Bahreininejad^{1*} and M. Mirza²

1*- Corresponding author, Research Division of Natural Resources, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Isfahan, Iran

E-mail: bahreini@ag.iut.ac.ir

2- Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Received: June 2018

Revised: November 2018

Accepted: November 2018

Abstract

Thymus daenensis Celak is one of the Iranian endemic plants. Since this species is one of the most valuable medicinal plants in the central Zagros region, extra-human exploitation has put it at risk of extinction. Ordination technique is one of the methods showing the relationship between plant and environmental variables. In order to study the effects of ecological variables on essential oil components, eight growing regions of *Thymus daenensis* in Isfahan province were identified and after collecting the aerial parts of plant materials, the essential oil was extracted and their components were detected. Twenty four bio-climatical, edaphical and topographical factors in each habitate were collected for ordination analysis. Results showed that elevation, mean temperature of the wettest season, isothermality, precipitation of the wettest season, annual precipitation, precipitation of the driest season and annual temperature range, clay, gravel, organic matter, available nitrogen and potassium were the most effective variables on the essential oil components. Thymol content as the main component in the essential oil was affected by annual temperature range, elevation, and slope. Soil sand percentage and the mean temperature of wettest quarter were the most effective variables on carvacrol. The result of this study could have valuable role in *Thymus daenensis* cultivation management in nature or farm regarding to its chemical components needed in the medicinal and hygienic industries.

Keywords: Ordination, environmental variables, essential oil, *Thymus daenensis* Celak.