صفات رویشی و ترکیب‌های اسانس *Chaerophyllum macropodum* Boiss. در رویشگاه‌های مختلف

مینا ربیعی [۱*]، نجمه سادات طباطبایی قمی[۲]، یونس عصری[۳]، غلامرضا بخشی خانیکی [۴]

تاریخ دریافت: ۹٤/۰۹/۳۰
تاریخ تصویب: ۹۵/۱۲/۱۱

چکیده

Chaerophyllum macropodom* از تیره *Apiaceae* دارای خواص آنتی‌اکسیدانی و آنتی‌باکتریایی است. صفات رویشی این گونه در ۴۸ پلات استقرار یافته در چهار رویشگاه استان‌های تهران و البرز ثبت گردید. اندام‌های هوایی این گیاه در مرحله گل‌دهی جمع‌آوری گردید و پس از خشک‌نمودن آن‌ها در سایه به مدت دو هفته، به روش تقطیر با آب در دستگاه کلونجر اسانس‌گیری شد. اسانس حاصل با استفاده از دستگاه‌های GC و GC/MS تجزیه و شناسایی گردید. سه نمونه خاک از هر رویشگاه برداشت شد و بعضی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین چهار رویشگاه از نظر صفات رویشی، خصوصیات خاک و ترکیب‌های اسانس مشترک اختلاف معنی‌داری وجود دارد. ترکیب‌های ترانس- بتا - اوسیمن، سیس- بتا - اوسیمن، فنچیل استات، آلفا - پینن، میرسن، گاما - ترپینن و بتا - پینن ترکیب‌های اصلی اسانس در

*۱-دانشیار، گروه منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
نویسنده مسئول: minarabie@pnu.ac.ir)
۲-دانش آموخته، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
۳-دانشیار، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
٤-استاد، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

هر چهار رویشگاه بودند. به منظور تعیین مهم‌ترین عوامل در تمایز رویشگاه‌ها از روش PCA استفاده شد. نتایج نشان داد که در تمایز رویشگاه‌ها خصوصیات زیر بیشترین تأثیر را دارند. رویشگاه مبارک‌آباد: تعداد بوته، آلفا - پینن، فنچیل استات، آهک، رس و اسیدیته؛ رویشگاه چنار شرق: ترپینولون، میرسن، میانگین حداکثر دمای گرمترین ماه، ماده آلی و رطوبت اشباع؛ رویشگاه گاجره: گاما - ترپینن، پارا - سیمن، سیس- بتا - اوسیمن، ترانس- بتا - اوسیمن، حداکثر مطلق دما و ماسه؛ رویشگاه سیجان: بتا - پینن، حداقل مطلق دما، دمای سالانه و میانگین حداقل دمای سردترین ماه.

واژه‌های کلیدی: تیره چتریان، گیاه دارویی، عوامل محیطی، همبستگی، ترانس- بتا - اوسیمن، سیس- بتا - اوسیمن

مقدمه

Chaerophyllum (جعفری فرنگی) یکی از جنس‌های تیره Apiaceae (چتریان) است که در دنیا ٤٧ گونه دارد و در مناطق معتدل و نیمه معتدل آسیا، آفریقا، اروپا، شمال آمریکا و جنوب حاشیه اقیانوس آرام پراکنش دارند (IPNI, 2016). این جنس در ایران ۸ گونه دارد که گونه *Ch. nivale* Hedge & Lamond انحصاری ایران است و سایر گونه‌ها شامل *Ch. aureum* L.، *Ch. bulbosum* L.، *Ch. crinitum* Boiss.، *Ch. khorassanicum* Czerniake. ex Schischk.، *Ch. macropodum* Boiss.، *Ch. macrospermum* (Willd. ex Spreng.) Fisch. & C.A. Mey. ex Hohen. و *Ch. meyeri* Boiss. & Buhse در سایر کشورها نیز انتشار دارند.

گونه‌های *Chaerophyllum* که در ایران یافت می‌شوند از جنبه‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته‌اند، از جمله شناسایی ترکیب‌های اسانس (Rustaiyan et al., 2002; Nematollahi et al., 2005; Sefidkon and Abdoli-Senejani, 2005; Razavi and Nejad-Ebrahimi, 2010; Kiliç, 2014; Hayta and Celikezen, 2016) و فعالیت‌های ضدمیکروبی و آنتی‌اکسیدانی (Lakušić et al., 2009; Taherkhani et al., 2012; Stamenković et al., 2016).

Ch. macropodum بیشترین پراکنش را در ایران (شمال، شمال غرب، غرب، جنوب

غـرب و مرکـز) دارد و در مراتـع کوهسـتانی، دامنه‌هـا و رویشـگاه‌های صخـره‌ای در ارتفـاع ۳۵۰۰-۱۲۰۰ متـر از سـطح دریـا اسـتقرار یافتـه اسـت (Mozaffarian, 2007). از مطالعـات انجـام شـده در مـورد ایـن گونـه می‌تـوان بـه شناسـایی ترکیب‌هـای اسـانس (Nematollahi et al., 2005; Başer et al., 2006; Shafaghat et al., 2008, 2010; Shafaghat, 2009; Haghi et al., 2010; Ghannadi et al., 2011; Amiri, 2014) و فعالیت‌هـای ضدمیکروبـی و آنتی‌اکسـیدانی (Durmaz et al., 2006, 2015; Çoruh et al., 2007; Shafaghat, 2009; Ebrahimabadi et al., 2010; Shafaghat et al., 2012; Mahmoodi et al., 2014; Jabari et al., 2015) اشـاره کـرد.

شـناخت گیاهـان دارویـی بومـی کشـور و تعییـن شـرایط بهینـه رشـد و بازدهـی بیشـتر اسـانس آن‌هـا می‌توانـد بـرای بهره‌بـرداری پایـدار ایـن گیاهـان نقـش مهمـی ایفـا کنـد. بـا توجـه بـه اینکـه عوامـل محیطـی تأثیـر مهمـی بـر اسـتقرار، پراکنـش و مقادیـر کمـی و کیفـی اسـانس گونه‌هـای دارویـی دارنـد، در ایـن تحقیـق سـعی شـده اسـت نقـش ایـن عوامـل بـر صفـات رویشـی و مـواد مؤثـر *Ch. macropodom* بـا نمونه‌بـرداری از ایـن گونـه در چهـار رویشـگاهی کـه از نظـر ویژگی‌هـای محیطـی تفـاوت قابل‌توجهـی دارنـد، مطالعـه شـود تـا رویشـگاهی بـا شـرایط بهینـه رشـد و ترکیب‌هـای مؤثـر معرفـی شـود.

تاکنـون در زمینـه تأثیر شـرایط رویشـگاهی بر کمیـت و کیفیت ماده مؤثـره *Ch. macropodom* هیـچ مطالعـه‌ای انجـام نشـده اسـت، امـا در مـورد سـایر جنس‌هـای تیـره چتریـان مطالعاتـی انجـام شـده اسـت کـه می‌تـوان بـه گونه‌هـای *Ducrosia assadii* (Assadipour et al., 2013)، *Coriandrum sativum* (Priyadarshi and Borse, 2014)، *Foeniculum vulgare* (Rahimmalek et al., 2014)، *Heracleum pastinasifolium* (Mirza et al., 2014)، *Heracleum persicum* (Hasani et al., 2017) و *Pimpinella anisum* (Acimovic et al., 2014) اشـاره کـرد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌بـرداری از جمعیت‌هـای *Ch. macropodom* در چهـار رویشـگاه اسـتان‌های تهـران و البـرز انجـام شـد (جـدول ۱). در هـر رویشـگاه سـه ترانسـکت بـه طـول ۲۰ متـر در جهـت شـیب کلـی و بـا فاصله‌هـای حـدود ۱۰ متـر از یکدیگـر مسـتقر گردیـد و روی هـر ترانسـکت تعـداد چهـار نقطـه بـرای پلات‌گـذاری انتخـاب شـد. انـدازه پـلات بـه روش سـطح حداقـل (Asri, 2005) تعییـن شـد. در هـر پـلات ٤ مترمربعـی، سـطح پوشـش، ارتفـاع و طـول بلندتریـن سـاقه *Ch. macropodom* اندازه‌گیـری شـد و تعـداد پایه‌هـای بالـغ و دانه‌رسـته‌های آن شـمارش گردیـد. طـرح آمـاری مـورد اسـتفاده در ایـن پژوهـش تجزیـه واریانـس یک‌طرفـه بـود. از هـر

رویشگاه سه نمونه خاک از عمق تجمع ریشه (۳۰-۰ سانتی‌متر) برداشت گردید و پس از انتقال به آزمایشگاه برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن‌ها تعیین شد. اسیدیته در گل اشباع با pH متر، هدایت الکتریکی در عصاره اشباع با هدایت‌سنج الکتریکی، ماده آلی با روش سوزاندن در اسید سولفوریک غلیظ، آهک به روش کلسیمتری، بافت به روش هیدرومتری بایکاس و رطوبت اشباع به روش وزنی اندازه‌گیری شد (Zarrinkafsh, 1993). در هر رویشگاه نمونه‌های گیاهی طوری انتخاب شدند که برآیند مناسبی از توده‌های گیاهی آن منطقه باشند. اندام‌های هوایی گیاه (برگ و گل‌آذین) پس از جمع‌آوری از مناطق مورد نظر به مدت دو هفته در سایه خشک شدند و سپس در آزمایشگاه آسیاب و به‌صورت پودر در آمدند. ۱۰۰ گرم از پودر خشک‌شده جهت استخراج اسانس به روش تقطیر با آب توسط دستگاه کلونجر اسانس‌گیری شد و با استفاده از سولفات‌سدیم خشک آب‌گیری گردید. اسانس به‌دست آمده توسط دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC) و کروماتوگرافی گازی متصل به طیف نگار جرمی (GC/MS) آنالیز و اجزای مختلف موجود در آن به روش مقایسه طیف‌های جرمی تک‌تک اجزا با طیف‌های شاهد شناسایی و تعیین گردید.

جدول ۱: موقعیت جغرافیایی و ویژگی‌های اقلیمی رویشگاه‌های *Ch. macropodom*

منطقه	سیجان (البرز)	چنار شرق (تهران)	گاجره (البرز)	مبارک‌آباد (تهران)
طول جغرافیایی	۵۱° ۰۸ ′ ۴۶ ″	۵۲° ۰۵ ′ ۳۶ ″	۵۱° ۱۹ ′ ۲۶ ″	۵۱° ۵۸ ′ ۱۵ ″
عرض جغرافیایی	۳۵° ۵۶ ′ ۴۳ ″	۳۵° ۴۲ ′ ۰۳ ″	۳۶° ۰۵ ′ ۲۵ ″	۳۵° ۴۶ ′ ۲۹ ″
ارتفاع از سطح دریا (m)	۱۹۰۰	۲۱۰۰	۲۲۵۰	۲۴۰۰
دمای سالانه ($°C$)	۱۰/۷	۹	۱۰/۲	۸/۶
میانگین حداقل دمای سردترین ماه ($°C$)	-۳/۱	-۱۱/۲	-۹/۶	-۷/۶
میانگین حداکثر دمای گرمترین ماه ($°C$)	۲۴/۵	۲۹	۲۷/۵	۲۶/۳
حداقل مطلق دما ($°C$)	-۱۷	-۲۸	-۲۱	-۲۶/۶
حداکثر مطلق دما ($°C$)	۳۴/۴	۳۶/۲	۳۵/۶	۳۲/۲
بارندگی سالانه (mm)	۵۰۸/۵	۲۸۷/۵	۳۲۸	۵۳۲/۴
تعداد روزهای یخبندان	۴۷	۱۳۰	۱۲۹	۱۳۳
اقلیم به روش دومارتُن گسترش داده شده	نیمه مرطوب سرد	نیمه خشک بسیار سرد	نیمه خشک بسیار سرد	مرطوب بسیار سرد

اطلاعات اقلیمی مناطق سیجان، گاجره، چنار شرق و مبارک‌آباد به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های هواشناسی سیاه‌بیشه (۲۰۱۰-۱۹۹۹)، بلده (۲۰۱۰-۲۰۰۱)، فیروزکوه (۲۰۱۰-۱۹۹۳) و آبعلی (۲۰۱۰-۱۹۸۳) می‌باشد.

دستگاه کروماتوگرافی گازی استفاده شده از نوع Agilent 6890 با ستون به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه ۰/۲۵ میکرومتر از نوع BPX۵ بود. برای شناسایی ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس نمونه که توسط n- هگزان رقیق شده بود به مقدار ۱ میکرولیتر به دستگاه GC/MS تزریق شد. برنامه دمایی ستون به صورت ذیل تنظیم گردید: دمای ابتدایی آون ۵۰ درجه سانتی‌گراد و توقف در این دما به مدت ۵ دقیقه، گرادیان حرارتی ۳ درجه سانتی‌گراد در هر دقیقه، افزایش دما تا ۲۴۰ درجه سانتی‌گراد و سپس با سرعت ۱۵ درجه در هر دقیقه افزایش دما تا ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد در هر دقیقه و ۳ دقیقه توقف در این دما و زمان پاسخ ۷۵ دقیقه بود. دمای اتاقک تزریق ۲۹۰ درجه سانتی‌گراد به صورت split ۱ به ۵۰ بود و از گاز هلیوم به عنوان گاز حامل با سرعت جریان (فلو) ۰/۵ میلی‌متر در دقیقه استفاده گردید. طیف‌نگار جرمی مورد استفاده مدل Agilent 5973 با ولتاژ یونیزاسیون ۷۰ الکترون ولت، روش یونیزاسیون EI و دمای منبع یونیزاسیون ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد بود. محدوده اسکن مس‌ها از ۴۰ تا ۵۰۰ تنظیم گردید. نرم‌افزار مورد استفاده chemstation بود. شناسایی طیف‌ها به کمک شاخص بازداری آن‌ها براساس سه تکرار و مقایسه آن‌ها با شاخص‌های موجود در کتاب مرجع و مقالات و با استفاده از طیف‌های جرمی ترکیبات استاندارد و استفاده از اطلاعات موجود در کتابخانه کامپیوتری صورت گرفت (Adams, 2007).

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن با استفاده از نرم‌افزار SPSS ver. 17 انجام شد. برای تعیین مهم‌ترین متغیرهای اثرگذار بر تمایز رویشگاه‌ها از روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی (PCA) در نرم‌افزار Minitab ver. 17 استفاده شد. در تحلیل مؤلفه‌های اصلی، ترکیب‌هایی از اسانس استفاده شد که مقادیر آن‌ها حداقل در یکی از رویشگاه‌ها بیش از چهار درصد بود. همبستگی بین صفات مورد اندازه‌گیری و عوامل محیطی با استفاده از ضریب پیرسون تعیین شد. به منظور مقایسه ترکیب‌های اسانس این گونه در مناطق مورد مطالعه و مطالعات مشابه در سایر مناطق، ترکیب‌های مشترک این چهار منطقه با ترکیب‌های اسانس مناطق دیگر با استفاده از شاخص تشابه سورنسون (Asri, 2005) مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج

تجزیه واریانس صفات

تجزیه واریانس مقادیر صفات رویشی و مقایسه میانگین این صفات با آزمون چند دامنه‌ای نشان می‌دهد که بین چهار رویشگاه از نظر تعداد بوته و تعداد دانه‌رست

اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد و از نظر سطح پوشش، ارتفاع گیاه و طول بلندترین ساقه اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود دارد (جدول ۲). بیشترین مقادیر سطح پوشش، ارتفاع گیاه، طول بلندترین ساقه، تعداد بوته و تعداد دانه‌رست به رویشگاه مبارک‌آباد و کمترین آن‌ها به رویشگاه سیجان مربوط است (جدول ۲).

جدول ۲: تجزیه واریانس و مقایسه میانگین مقادیر صفات رویشی *Ch.macropodom* در چهار رویشگاه

منطقه	سطح پوشش (درصد)	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	طول بلندترین ساقه (سانتی‌متر)	تعداد بوته	تعداد دانه‌رست
سیجان	۲۷/۵ *b**	۸۹/۶ *b**	۵۷/۱ *b**	۱/۴ *b***	۲/۳ *b***
چنار شرق	۳۳/۷ *ab*	۱۰۲/۹ *ab*	۷۲/۳ *ab*	۱/۵ *b*	۴/۵ *a*
گاجره	۴۲/۷ *a*	۱۱۱/۲ *a*	۶۹/۹ *a*	۳/۰ *a*	۴/۱ *a*
مبارک‌آباد	۴۵/۶ *a*	۱۱۵/۴ *a*	۷۳/۶ *a*	۳/۵ *a*	۴/۸ *a*

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

تجزیه واریانس مقادیر خصوصیات خاک رویشگاه‌ها و مقایسه میانگین این خصوصیات با آزمون چند دامنه‌ای نشان می‌دهد که بین این خصوصیات در مناطق مختلف از نظر ماده آلی، آهک، ماسه و سیلت اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۱ درصد و از نظر هدایت الکتریکی، رطوبت اشباع و رس اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد وجود دارد، اما از نظر اسیدیته اختلاف معنی‌داری ندارند (جدول ۳).

جدول ۳: تجزیه واریانس و مقایسه میانگین مقادیر خصوصیات خاک رویشگاه‌های *Ch. macropodom*

منطقه	اسیدیته	هدایت الکتریکی	رطوبت اشباع (درصد)	ماده آلی (درصد)	آهک (درصد)	ماسه (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)
سیجان	۷/۹ b^{ns}	۰/۵۳ *c***	۲۸/۴ *c***	۰/۷ *c****	۹/۶ *b****	۶۰/ *b****	۲۱/ *c****	۱۹/ *c***
چنار شرق	۷/۷ *b*	۱/۰۴ *a*	۴۳/۲ *a*	۲/۵۷ *a*	۹/۹ *b*	۳۸/۰ *c*	۴۱/۰ *b*	۲۱/۰ *b*
گاجره	۸/۱ *a*	۰/۹۳ *b*	۲۴/۹ *d*	۱/۹۳ *b*	۸/۱ *c*	۷۶/۰ *a*	۱۳/۰ *d*	۱۱/۰ *d*
مبارک‌آباد	۸/۲ *a*	۰/۹۵ *b*	۳۰/۵ *b*	۰/۴۷ *d*	۳۹/۵ *a*	۲۴/۰ *d*	۴۳/۰ *a*	۳۳/۰ *a*

*** معنی‌داری در سطح ۰/۱ درصد، ** معنی‌داری در سطح ۱ درصد؛ *ns* عدم معنی‌داری

نتایج تجزیه اسانس به‌دست آمده از قسمت‌های هوایی *Ch. macropodom* در چهار منطقه نشان می‌دهد، اسانس این گیاه در منطقه گاجره دارای ۳٤ ترکیب است که در مجموع ۹۸/۸۵ درصد از کل اسانس را تشکیل می‌دهند (جدول ٤). ترکیب‌های اصلی اسانس این گیاه در منطقه گاجره عبارتند از: سیس- بتا - اوسیمن، ترانس- بتا - اوسیمن، بتا - پینن، گاما - ترپینن و ترپینولون. اسانس این گیاه در منطقه سیجان دارای

۳۰ ترکیب است که در مجموع ۹۸/۲٤ درصد از کل اسانس را تشکیل می‌دهند. ترکیب‌های ترانس- بتا - اوسیمن، سیس- بتا - اوسیمن، بتا - پینن، فنچیل استات، لیمونن و میرسن دارای بیشترین مقدار هستند. اسانس این گیاه در منطقه چنار شرق دارای ۲۸ ترکیب است که در مجموع ۹۸/۰۷ درصد از کل اسانس را تشکیل می‌دهند. ترکیب‌های ترانس- بتا - اوسیمن، فنیچل استات، گاما - ترپینن و میرسن اجزاء اصلی اسانس گیاه در منطقه چنار شرق می‌باشند. اسانس این گیاه در منطقه مبارک‌آباد دارای ۲٦ ترکیب است که در مجموع ۹۸/۳۲ درصد از کل اسانس را تشکیل می‌دهند. ترکیب‌های اصلی اسانس این گیاه در منطقه مبارک‌آباد عبارتند از: ترانس- بتا - اوسیمن، آلفا - پینن، فنچیل استات، لیمونن، میرسن و سیس- بتا - اوسیمن.

مقایسه ترکیب‌های اسانس این گیاه در چهار رویشگاه نشان می‌دهد که ۲۱ ترکیب در این رویشگاه‌ها مشترک هستند که به ترتیب بیشترین مجموع درصد ترکیب‌ها در این مناطق عبارتند از (جدول ٤): ترانس- بتا - اوسیمن، سیس- بتا - اوسیمن، فنچیل استات، آلفا - پینن، میرسن، گاما - ترپینن، بتا - پینن، ترپینولون، لیمونن، پارا - سیمن، فنچول، سیس- بتا - فارنسن، جرماکرن - دی، ترانس- کاریوفیلن، اللو - اوسیمن، کامفن، بی‌سیکلوجرماکرن، اسپاتولنول، سابینن، آلفا - فلاندرن و آلفا - توجن.

جدول ٤: ترکیب‌های شیمیایی اسانس اندام‌های هوایی گیاه *Ch. macropodom* در چهار منطقه مورد مطالعه

ردیف	نام ترکیب	شاخص بازداری (*RI*)	سیجان	چنار شرق	گاجره	مبارک‌آباد
			(درصد ترکیب)			
۱	*(۲E)-۲-Hexenal*	۸۴۶	۰/۱۹	-	۰/۱۲	۰/۲۹
۲	*α-Thujene*	۹۲۶	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۷
۳	*α-Pinene*	۹۳۴	۴/۲۹	۲/۰۸	۲/۶۸	۲۱/۳۹
۴	*Camphene*	۹۵۲	۰/۲۵	۰/۲۳	۰/۰۸	۰/۴۴
۵	*Sabinene*	۹۷۵	۰/۲۴	۰/۲	۰/۲۲	۰/۱۵
۶	*β-Pinene*	۹۸۰	۷/۹۳	۱/۲۷	۱۰/۳۵	۱/۰۸
۷	*Myrcene*	۹۹۲	۵/۴۳	۸/۹۵	۳/۳۴	۵/۸۶
۸	*α-Phellandrene*	۱۰۱۰	۰/۰۹	۰/۱۹	۰/۱۵	۰/۲
۹	*α-Terpinene*	۱۰۲۰	-	۰/۰۶	۰/۰۷	-
۱۰	*p-Cymene*	۱۰۳۰	۳/۹۶	۴/۲۲	۳/۸	۱/۸
۱۱	*Limonene*	۱۰۳۳	۵/۹۸	۱/۹۲	۲/۵۲	۶/۰۵
۱۲	*β-Phellanderen*	۱۰۳۵	-	۰/۰۹	۰/۳۳	-
۱۳	*cis-β-Ocimene*	۱۰۴۰	۱۰/۷۵	۳/۷۳	۲۶/۱۸	۵/۴۴
۱۴	*trans-β-Ocimene*	۱۰۵۱	۳۷	۴۰/۳	۲۵/۳	۲۵/۸۶
۱۵	*γ-Terpinene*	۱۰۶۳	۴/۷۹	۹/۶۸	۷/۶۳	۱/۲۷
۱۶	*Terpinolene*	۱۰۸۹	۱/۷۵	۴/۳۷	۷/۴	۳
۱۷	*Linalool*	۱۱۰۵	۰/۰۸	-	۰/۱۵	۰/۵۲
۱۸	*Fenchol*	۱۱۲۸	۲/۱۴	۱/۷۸	۰/۵۳	۳/۴۹

۱۹	*allo-Ocimene*	۱۱۳۳	۰/۶۸	۰/۲۳	۱/۸۸	۰/۳۴
۲۰	*Terpinene-۴-ol*	۱۱۸۹	۰/۱	–	–	–
۲۱	*Fenchyl acetate*	۱۲۲۳	۷/۰۳	۹/۹۲	۱/۳۳	۱۷/۴
۲۲	*Bornyl acetate*	۱۲۸۵	–	۰/۲۲	–	۱/۳۹
۲۳	*۴-Isopropylbenzaldehyde*	۱۲۹۱	۰/۱۲	–	۰/۱۳	۰/۰۹
۲۴	*α-Copaene*	۱۳۸۰	۰/۱	–	۰/۰۶	۰/۰۷
۲۵	*β-Caryophyllene*	۱۴۲۶	۰/۸۵	۱/۰۲	۰/۶۵	۰/۵۹
۲۶	*γ-Elemene*	۱۴۳۴	–	۰/۲۶	۰/۱۷	–
۲۷	*۲-Methyl buthyl benzoate*	۱۴۵۰	–	–	۰/۱۵	–
۲۸	*cis-β-Farnesene*	۱۴۵۵	۱/۳	۳/۶۱	۱/۲	۰/۰۵
۲۹	*α-Humulene*	۱۴۶۳	۰/۰۸	۰/۱۱	۰/۰۸	–
۳۰	*Germacrene D*	۱۴۸۹	۱/۴۶	۱/۶۷	۱/۰۷	۱/۲۵
۳۱	*Bicyclogermacrene*	۱۵۰۳	۰/۳۵	۰/۹۵	۰/۲۶	۰/۱۹
۳۲	*Myristicin*	۱۵۳۷	۰/۵۶	–	۰/۴۶	–
۳۳	*Germacrene B*	۱۵۶۹	–	۰/۳	۰/۲۳	–
۳۴	*Spathulenol*	۱۵۸۹	۰/۵	۰/۵۴	۰/۱۴	۰/۰۴
۳۵	*Mint sulfide*	۱۵۹۴	۰/۰۷	–	۰/۱۳	–
۳۶	*Caryophyllene oxide*	۱۵۹۴	۰/۱۱	۰/۱	–	–
	کل		۹۸/۲۴	۹۸/۰۷	۹۸/۸۵	۹۸/۳۲

تجزیه واریانس مقادیر ترکیب‌های اسانس مشترک در چهار رویشگاه (حداقل با مقادیر بیش از ٤ درصد در یکی از رویشگاه‌ها) و مقایسه میانگین این ترکیب‌ها با آزمون چند دامنه ای دانکن نشان می‌دهد که بین این ترکیب‌ها در مناطق مختلف از نظر آلفا - پینن، بتا - پینن، میرسن، پارا - سیمن، لیمونن، سیس- بتا - اوسیمن، ترانس- بتا - اوسیمن، گاما - ترپینن، ترپینولون و فنچیل استات اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۱ درصد وجود دارد (جدول ٥).

جدول ٥: تجزیه واریانس و مقایسه میانگین درصد ترکیب‌های شیمیایی *Ch. macropodom*

منطقه	آلفا - پینن	بتا - پینن	میرسن	پارا - سیمن	لیمونن
سیجان	۴/۲۹ *b****	۷/۹۳ *b* ***	۵/۴۳ *c* ***	۳/۹۶ *b* ***	۵/۹۸ *a* ***
چنار شرق	۲/۰۸ *d*	۱/۲۷ *c*	۸/۹۵ *a*	۴/۲۲ *a*	۱/۹۲ *c*
گاجره	۲/۶۸ *c*	۱۰/۳۵ *a*	۳/۳۴ *d*	۳/۸ *c*	۲/۵۲ *b*
مبارک‌آباد	۲۱/۳۹ *a*	۱/۰۸ *d*	۵/۸۶ *b*	۰/۸ *d*	۶/۰۵ *a*

*** معنی‌داری در سطح ۰/۱ درصد

منطقه	سیس- بتا - اوسیمن	ترانس- بتا - اوسیمن	گاما - ترپینن	ترپینولون	فنچیل استات
سیجان	۱۰/۷۵ *b****	۳۷/۰ *b* ***	۴/۷۹ *c* ***	۱/۷۵ *d* ***	۷/۰۳ *c* ***
چنار شرق	۳/۷۳ *d*	۴۰/۳ *a*	۹/۶۸ *a*	۴/۳۷ *b*	۹/۹۲ *b*
گاجره	۲۶/۱۸ *a*	۲۵/۳ *c*	۷/۶۳ *b*	۷/۴ *a*	۱/۳۳ *d*
مبارک‌آباد	۵/۴۴ *c*	۲۵/۸۶ *c*	۱/۲۷ *d*	۳/۰ *c*	۱۷/۴ *a*

همبستگی صفات رویشی و ترکیب‌های اسانس با بعضی از عوامل محیطی

نتایج همبستگی بین صفات رویشی و ترکیب‌های اسانس *Ch. macropodom* با بعضی از عوامل محیطی رویشگاه‌های این گونه در جدول ٦ ارائه شده است. بر طبق این جدول بعضی از عوامل محیطی بیشترین همبستگی را با خصوصیات مورد سنجش این گیاه دارند. در بین عوامل محیطی ارتفاع از سطح دریا و تعداد روزهای یخبندان بیشترین همبستگی معنی‌دار را با صفات رویشی نشان می‌دهند و دمای سالانه، آهک، حداقل مطلق دما و میانگین حداقل دمای سردترین ماه در مرتبه پس از آن قرار دارند. سایر عوامل محیطی همبستگی معنی‌داری با این صفات ندارند. در میان صفات رویشی، سطح پوشش بیشترین همبستگی معنی‌دار و تعداد بوته کمترین همبستگی معنی‌دار را با عوامل محیطی نشان می‌دهند.

همچنین بررسی همبستگی بین ترکیب‌های اسانس *Ch. macropodom* با عوامل محیطی نشان می‌دهد که آهک، رس، حداکثر مطلق دما، ماده آلی و ماسه بیشترین همبستگی معنی‌دار را با ترکیب‌های اسانس دارند و حداقل مطلق دما، ارتفاع از سطح دریا، رطوبت اشباع و سیلت در مرتبه بعدی قرار دارند. هدایت الکتریکی، میانگین حداقل دمای سردترین ماه، میانگین حداکثر دمای گرمترین ماه و تعداد روزهای یخبندان نیز کمترین همبستگی معنی‌دار را با ترکیب‌های اسانس نشان می‌دهند. در میان ترکیب‌ها، بتا – پینن، پارا – سیمن، گاما – ترپینن، ترپینولون و فنچیل استات بیشترین همبستگی معنی‌دار و سیس- بتا – اوسیمن و ترانس- بتا – اوسیمن کمترین همبستگی معنی‌دار را با عوامل محیطی نشان می‌دهند (جدول ٦).

جدول ٦: همبستگی پیرسون بین صفات رویشی و ترکیب‌های شیمیایی *Ch. macropodom* با ویژگی‌های محیطی

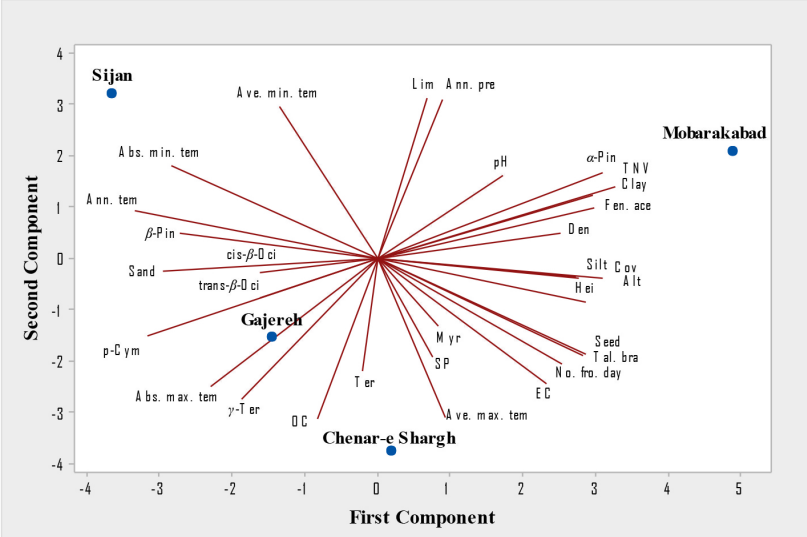
	ویژگی‌های محیطی							
صفات رویشی و ترکیب‌های شیمیایی	دمای سالانه	حداقل مطلق دما	حداکثر مطلق دما	میانگین حداقل دما	میانگین حداکثر دما	بارندگی سالانه	روزهای یخبندان	ارتفاع از سطح دریا
سطح پوشش	۰/۳۹۱*	۰/۳۶۴*	-۰/۲۱۰	۰/۳۸۰*	۰/۱۳۷	۰/۰۰۵	۰/۳۹۱*	۰/۴۸۰**
ارتفاع گیاه	۰/۳۲۱*	۰/۲۳۷	-۰/۱۷۴	۰/۲۴۳	۰/۱۶۷	-۰/۰۶۲	۰/۳۸۴*	۰/۴۴۱**
طول بلندترین ساقه	۰/۲۳۷	۰/۲۲۸	-۰/۰۲۹	۰/۳۴۷*	۰/۲۸۵	-۰/۱۷۴	۰/۴۲۷**	۰/۳۸۵*
تعداد بوته	۰/۱۴۷	۰/۱۳۱	-۰/۲۵۰	۰/۱۰۰	-۰/۰۰۴	۰/۱۱۸	۰/۳۷۹*	۰/۴۲۵**
تعداد دانه‌رست	۰/۳۲۳*	۰/۳۸۷*	-۰/۰۱۴	۰/۲۲۰	۰/۲۷۲	-۰/۱۷۰	۰/۴۲۴**	۰/۳۳۹*
آلفا – پینن	-۰/۵۸۵**	-۰/۳۶۶*	-۰/۹۰۱**	۰/۱۵۰	-۰/۲۷۴	۰/۷۰۸**	۰/۲۷۶	۰/۶۷۶**
بتا – پینن	۰/۸۲۱**	۰/۸۴۶**	-۰/۳۲۱*	۰/۳۲۹*	-۰/۳۴۸*	-۰/۱۰۱	-۰/۴۱۵**	-۰/۳۲۴*
میرسن	-۰/۴۸۰**	-۰/۶۴۷**	۰/۱۹۷	-۰/۳۳۵*	۰/۴۶۲**	-۰/۲۴۷	۰/۱۴۰	-۰/۱۹۲
پارا – سیمن	۰/۵۹۵**	۰/۳۷۵*	۰/۸۹۳**	-۰/۰۸۹	۰/۲۳۶	-۰/۶۵۱**	-۰/۳۵۱*	-۰/۷۴۳**

لیمونن	۰/۰۹۴	۰/۳۵۱*	-۰/۸۱۳**	۰/۸۲۹**	-۰/۸۶۳**	۰/۹۹۶**	-۰/۵۲۵**	-۰/۰۲۵
سیس- بتا - اوسیمن	۰/۵۲۴**	۰/۵۴۵**	۰/۳۰۷	-۰/۰۳۷	-۰/۰۴۳	-۰/۲۷۸	۰/۰۲۵	۰/۰۷۷
ترانس- بتا - اوسیمن	۰/۱۶۸	-۰/۰۲۵	۰/۴۹۰*	۰/۰۶۵	۰/۱۳۳	-۰/۲۵۱	-۰/۴۲۴**	-۰/۷۶۶**
گاما - ترپینن	۰/۱۷۹	-۰/۰۹۸	۰/۹۴۵**	-۰/۵۷۵**	۰/۶۸۱**	-۰/۹۳۹**	۰/۱۵۷	-۰/۳۷۶*
ترپینولون	-۰/۰۲۱	-۰/۱۲۸	۰/۵۱۱*	-۰/۷۰۰**	۰/۶۱۸**	-۰/۷۳۷**	۰/۶۲۲**	۰/۳۹۷*
فنچیل استات	-۰/۷۱۵**	-۰/۶۰۴**	-۰/۶۹۵**	۰/۰۳۵	-۰/۰۶۴	۰/۵۴۱**	۰/۲۲۶	۰/۴۱۰**

	ویژگی‌های محیطی							
صفات رویشی و ترکیب‌های شیمیایی	اسیدیته	هدایت الکتریکی	رطوبت اشباع	ماده آلی	آهک	ماسه	سیلت	رس
سطح پوشش	۰/۱۳۳	۰/۳۰۸	-۰/۱۴۳	۰/۰۳۸	۰/۳۱۲*	-۰/۱۱۰	۰/۰۹۷	۰/۱۴۴
ارتفاع گیاه	۰/۰۹۳	۰/۲۹۹	-۰/۰۵۲	۰/۰۱۷	۰/۲۹۴*	-۰/۱۴۸	۰/۱۱۷	۰/۱۲۵
طول بلندترین ساقه	۰/۱۰۸	۰/۳۱۱	۰/۱۳۵	۰/۱۵۱	۰/۳۱۵*	-۰/۲۳۲	۰/۲۲۷	۰/۱۳۸
تعداد بوته	۰/۳۰۳	۰/۱۸۷	-۰/۲۳۹	-۰/۱۴۳	۰/۱۹۳	-۰/۰۷۵	۰/۰۴۲	۰/۱۴۳
تعداد دانه‌رست	۰/۰۵۶	۰/۲۹۵	۰/۱۵۲	۰/۱۸۴	۰/۲۰۱	-۰/۱۹۸	۰/۲۴۰	۰/۱۴۹
آلفا - پینن	۰/۴۳۲**	۰/۱۵۷	۰/۱۵۸	-۰/۶۹۶**	۰/۹۹۳**	-۰/۷۰۷**	۰/۵۶۴**	۰/۸۷۶**
بتا - پینن	۰/۰۹۸	-۰/۴۸۶**	-۰/۷۴۴**	-۰/۰۰۳	-۰/۶۱۱**	۰/۹۶۷**	-۰/۹۹۷**	-۰/۸۲۶**
میرسن	-۰/۳۸۷*	۰/۳۲۰*	۰/۹۶۹**	۰/۳۷۲*	۰/۰۳۶	-۰/۶۶۱**	۰/۷۸۲**	۰/۴۱۳**
پارا - سیمن	-۰/۴۲۰**	-۰/۲۱۰	۰/۲۰۹	۰/۶۵۶**	-۰/۹۸۲**	۰/۶۵۸**	-۰/۵۱۶**	-۰/۸۱۹**
لیمونن	۰/۱۴۹	-۰/۵۹۷**	-۰/۴۲۸**	-۰/۹۷۸**	۰/۵۹۲**	-۰/۳۰۲	-۰/۱۱۵	۰/۵۸۴**
سیس- بتا - اوسیمن	۰/۲۰۶	-۰/۰۸۷	-۰/۷۲۵**	۰/۱۵۶	-۰/۴۴۳**	۰/۸۸۳**	-۰/۸۹۱**	-۰/۷۷۸**
ترانس- بتا - اوسیمن	-۰/۵۱۵**	۰/۳۳۷*	۰/۷۱۱**	۰/۳۵۶*	-۰/۴۹۴**	-۰/۱۱۵	۰/۲۳۴	-۰/۰۷۶
گاما - ترپینن	-۰/۴۴۹**	۰/۳۶۴*	۰/۴۶۷**	۰/۹۴۷**	-۰/۸۳۱**	۰/۴۳۱**	-۰/۲۳۳	-۰/۷۰۵**
ترپینولون	۰/۰۸۳	۰/۵۵۶**	-۰/۱۷۳	۰/۶۴۹**	-۰/۳۴۹**	۰/۵۲۲**	-۰/۴۲۴**	-۰/۶۲۱**
فنچیل استات	۰/۳۳۹*	۰/۲۲۶	۰/۳۷۱*	-۰/۴۶۰**	۰/۸۷۲**	-۰/۹۶۶**	۰/۸۹۷**	۰/۹۹۳**

تعیین مؤثرترین متغیرها در تمایز رویشگاه‌ها

برای تعیین مؤثرترین عوامل مورد بررسی در تمایز رویشگاه‌ها از روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی استفاده شد. برای این منظور از محورهای ۱ و ۲ PCA به دلیل داشتن سهم بیشتری از مقدار ویژه (به ترتیب ۱۳/۱۷۲ و ۱۰/۳۵۵) استفاده گردید. شکل ۱، نمودار رسته‌بندی PCA متغیرهای مؤثر در تمایز رویشگاه‌های مختلف را نشان می‌دهد. در متمایز شدن رویشگاه مبارک‌آباد، تعداد بوته، آلفا - پینن، فنچیل استات، آهک، رس و اسیدیته؛ در رویشگاه چنار شرق، ترپینولون، میرسن، میانگین حداکثر دمای گرمترین ماه، ماده آلی و رطوبت اشباع؛ در رویشگاه گاجره، گاما - ترپینن، پارا - سیمن، سیس- بتا - اوسیمن، ترانس- بتا - اوسیمن، حداکثر مطلق دما و ماسه؛ و در رویشگاه سیجان، بتا - پینن، حداقل مطلق دما، دمای سالانه، میانگین حداقل دمای سردترین ماه بیشترین تأثیر را دارند.



شکل ۱: نمودار رسته‌بندی PCA متغیرهای مورد بررسی در چهار رویشگاه

Alt= ارتفاع از سطح دریا، Ann. tem= دمای سالانه، Abs. min. tem= حداقل مطلق دما، Abs. max. tem= حداکثر مطلق دما، Ave. min. tem= میانگین حداقل دمای سردترین ماه، Ave. max. tem= میانگین حداکثر دمای گرمترین ماه، Ann. pre= بارندگی سالانه، No. fro. Day= تعداد روزهای یخبندان، pH= اسیدیته، EC= هدایت الکتریکی، SP= رطوبت اشباع، OC= ماده آلی، TNV= آهک، Sand= ماسه، Silt= سیلت، Clay= رس، Cov= سطح پوشش، Hei= ارتفاع گیاه، Tal. bra= طول بلندترین شاخه، Den= تعداد بوته، Seed= تعداد دانه‌رست، α-Pin= آلفا – پینن، β-Pin= بتا – پینن، Myr= میرسن، p-Cym= پارا – سیمن، Lim= لیمونن، cis-β-Oci= سیس – بتا – اوسیمن، trans-β-Oci= ترانس – بتا – اوسیمن، γ-Ter= گاما – ترپینن، Ter= ترپینولون، Fen. Ace= فنچیل استات

بحث و نتیجه‌گیری

مقایسه صفات رویشی *Chaerophyllum macropodum* در چهار منطقه مورد مطالعه تاثیر شرایط محیطی را به خوبی نشان می‌دهد. با توجه به اینکه دامنه ارتفاعی این گونه در کشور ۳۵۰۰–۱۲۰۰ متر بالاتر از سطح دریا است (Mozaffarian, 2007) و بیشترین پراکنش را به ترتیب در دامنه‌های ارتفاعی ۲۴۰۰–۲۲۰۰ متر و ۲۲۰۰–۲۰۰۰ متر دارد، انتظار بر این است که در این محدوده ارتفاعی بیشترین مقادیر صفات رویشی را داشته باشد. نتایج نشان می‌دهد که این گونه در مناطق مبارک‌آباد و گاجره به ترتیب با ارتفاع ۲۴۰۰ و ۲۲۵۰ متر بالاتر از سطح دریا، بیشترین سطح پوشش (به ترتیب ۴۵/۶ و ۴۲/۷ درصد) را در مقایسه با دو منطقه دیگر دارد. سطح پوشش در منطقه چنار شرق با ارتفاع ۲۱۰۰ متر و سیجان با ارتفاع ۱۹۰۰ متر بالاتر از سطح دریا به ترتیب ۳۳/۷ و

۲۷/۵ درصد می‌باشد. بوته‌های *Ch. macropodum* در منطقه مبارک‌آباد بیشترین ارتفاع (۱۱۵/٤ سانتی‌متر) و بلندترین طول ساقه (۷۳/٦ سانتی‌متر) را نشان می‌دهند، درحالی‌که در منطقه سیجان کمترین ارتفاع (۸۹/٦ سانتی‌متر) و کوتاه‌ترین طول ساقه (۵۷/۱ سانتی‌متر) را دارند. همچنین در منطقه مبارک‌آباد تعداد بوته و تعداد دانه‌رست نسبت به منطقه سیجان به ترتیب ۲/۵ و ۲/۱ برابر بیشتر است. با مراجعه به جدول همبستگی مشاهده می‌شود که تمام صفات رویشی مورد بررسی با ارتفاع از سطح دریا و تعداد روزهای یخبندان همبستگی مثبت معنی‌داری دارند، زیرا در مرتفع‌ترین رویشگاه شرایط بهینه رشد و پراکنش برای این گونه فراهم شده است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که *Ch. macropodum* گیاهی ارتفاع‌پسند است و در رویشگاه‌های مرتفع رشد بهتری دارد. به علاوه سطح پوشش، ارتفاع گیاه و طول بلندترین ساقه با آهک همبستگی مثبت معنی‌داری را نشان می‌دهد و با سایر خصوصیات خاک همبستگی معنی‌داری ندارد. به‌عبارت دیگر از میان خصوصیات خاک مورد بررسی فقط آهک تأثیر قابل‌توجهی در رشد این گونه دارد و سایر خصوصیات نقش مهمی را ایفا نمی‌کنند. بنابراین *Ch. macropodum* گیاهی آهک‌دوست است که در خاک‌های نسبتاً حاصلخیز، تقریباً قلیایی و بافت نسبتاً سبک رشد بهتری دارد.

با توجه به اینکه گونه مورد مطالعه به‌دلیل خوشخوراکی در زمان گل‌دهی یا توسط دام مورد چرا قرار می‌گیرد و یا توسط دام‌داران درو و جمع‌آوری شده و در تغذیه زمستانی دام‌ها مصرف می‌شود، متأسفانه بعد از برداشت‌های اولیه در زمان گل‌دهی، در مراجعه بعدی برای جمع‌آوری بذر جهت شمارش و اندازه‌گیری ابعاد آن‌ها و همچنین اسانس‌گیری‌شان، این گیاهان کاملاً از بین رفته بودند. به ناچار مقایسه بوته‌های این گونه در رویشگاه‌های مختلف فقط از جنبه صفات رویشی انجام گرفت.

در چهار منطقه مورد بررسی در مجموع ۳٦ ترکیب در اسانس *Ch. macropodum* شناسایی شد. ۲۱ ترکیب در این رویشگاه‌ها مشترک هستند که از میان آن‌ها، ترکیب‌های ترانس- بتا - اوسیمن (٤۰/۳-۲۵/۳ %)، سیس- بتا - اوسیمن (۲٦/۱۸-۳/۷۳ %)، آلفا - پینن (۲۱/۳۹-۲/۰۸ %)، فنچیل استات (۱۷/٤-۱/۳۳ %)، بتا - پینن (۱۰/۳۵-۱/۰۸ %)، گاما - ترپینن (۹/٦۸-۱/۲۷ %)، میرسن (۸/۹۵-۳/۳٤ %)، ترپینولون (۷/٤-۱/۷۵ %)، لیمونن (٦/۰۵-۱/۹۲ %) و پارا - سیمن (٤/۲۲-۱/۸ %) بیشترین مقادیر را دارند. بعضی از ترکیب‌ها فقط در اسانس گیاهان یک یا دو منطقه وجود دارند، اما دارای مقادیر بسیار اندکی هستند، لذا نمی‌توانند به عنوان ترکیب‌های شاخص یک منطقه محسوب شوند.

به منظور مقایسه ترکیب‌های اسانس *Ch. macropodum* در مناطق مورد مطالعه در این پژوهش و مطالعات مشابه در سایر مناطق، ترکیب‌های مشترک این چهار منطقه با ترکیب‌های اسانس مناطق دیگر با استفاده از شاخص تشابه سورنسون مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد تشابه ترکیب‌های اسانس این گونه در چهار منطقه مورد مطالعه با مناطق چالوس (Nematollahi et al., 2005)، لنبر خلخال (Shafaghat, 2010)، کهمان الشتر (Amiri, 2014)، جنوب دنا (Ghannadi et al., 2011)، کاشان (Haghi et al., 2010) و کاشان (Ebrahimabadi et al., 2010) به ترتیب ٦٩/٤، ٦٦/٧، ٦٣/٤، ٥٦، ٥٥/٧ و ٥٤/٩ درصد است. بنابراین بیشترین تشابه مناطق مورد مطالعه در این پژوهش با منطقه چالوس و کمترین آن با منطقه کاشان می‌باشد. تشابه زیاد ترکیب‌های اسانس دو منطقه با هم نشان‌دهنده مشابهت شرایط رویشگاهی آن‌ها و برعکس تشابه کم ترکیب‌های دو منطقه بیانگر تفاوت زیاد در شرایط محیطی آن‌ها است. متأسفانه در چند مقاله چاپ‌شده در مورد اسانس این گونه از کشورمان، اطلاعات مربوط به ارتفاع از سطح دریا، شرایط اقلیمی و در مواردی محل دقیق جمع‌آوری گونه ارائه نگردیده است. اگر چنین اطلاعاتی در دسترس بود با استفاده از ترکیب‌های اسانس این گیاه در مناطق مختلف ارتفاعی و با شرایط اقلیمی متفاوت می‌توان با قاطعیت زیادی تأثیر این عوامل را بر بازده اسانس، نوع ترکیب‌ها و مقادیر آن‌ها مشخص نمود.

هم‌چنین مقایسه ترکیب‌های اصلی اسانس *Ch. macropodum* در مناطق مورد مطالعه در این پژوهش و مطالعات مشابه در سایر مناطق (Nematollahi et al., 2005; Ebrahimabadi et al., 2010; Haghi et al., 2010; Shafaghat, 2010; Ghannadi et al., 2011; Amiri, 2014) نشان می‌دهد که در تمام مناطق ترانس- بتا - اوسیمن (٤٩/٢-٦/٥ %) و سیس- بتا - اوسیمن (٢٦/١٨-٤/٣ %) به عنوان اصلی‌ترین ترکیب‌ها وجود دارند و پس از آن‌ها به ترتیب فنچیل استات (١٧/٤-١/٣٣ %)، آلفا - پینن (٢٣-١/٨ %)، بتا - پینن (١٧/٣-١/٢٧ %)، ترانس- بتا - فارنسن (٢٧/٥-١/٢ %)، لیمونن (١٢-١/٩٢ %)، میرسن (٨/٩٥-١/٣ %)، پارا - سیمن (١٦/٧-٢/٧ %)، گاما - ترپینن (٩/٦٨-١/٢٧ %) و ترپینولون (١٤/٢-١/٨ %) در میان مناطق مختلف بیشترین حضور را دارند. لذا این ترکیب‌ها به عنوان ترکیب‌های شاخص این گونه مطرح می‌باشند. بررسی کلیه پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه اسانس *Ch. macropodum* در مناطق مختلف نشان می‌دهد که نمی‌توان دو منطقه‌ای را پیدا نمود که ترکیب‌های اسانس اصلی مشابهی داشته باشند.

این موضوع به‌طور مشخص تأثیر شرایط رویشگاهی را بر کمیت و کیفیت اسانس این گونه آشکار می‌سازد.

بررسی تأثیر ارتفاع از سطح دریا و ویژگی‌های اقلیمی بر ترکیب‌های اسانس *Ch. macropodum* نشان می‌دهد که این عوامل افزایش و یا کاهش مقادیر بعضی از ترکیب‌های شیمیایی را موجب می‌شوند. برای مثال، مقادیر ترکیب‌های فنچیل استات و آلفا - پینن در مرتفع‌ترین رویشگاه (مبارک‌آباد) نسبت به سه رویشگاه دیگر در سطح بالاتری قرار دارند. این ترکیب‌ها همبستگی مثبت معنی‌داری با ارتفاع از سطح دریا نشان می‌دهند. در مقابل، ترکیب‌های ترانس - بتا - اوسیمن و پارا - سیمن در کم ارتفاع‌ترین رویشگاه‌ها (سیجان و چنار شرق) دارای بیشترین مقادیر می‌باشند. این ترکیب‌ها نیز همبستگی منفی معنی‌داری را با ارتفاع از سطح دریا نشان می‌دهند. در واقع با افزایش ارتفاع از سطح دریا و در نتیجه کاهش ویژگی‌های اقلیمی شامل دمای سالانه و حداقل و حداکثر مطلق دما و از سوی دیگر افزایش تعداد روزهای یخبندان و میزان بارندگی، مقادیر بعضی از ترکیب‌ها افزایش و یا کاهش معنی‌داری را نشان می‌دهند. البته در مورد تعدادی از ترکیب‌ها، روند افزایش یا کاهش مقادیر با افزایش ارتفاع از سطح دریا معنی‌دار نیست. این ترکیب‌ها عبارت از این موارد هستند: بتا - پینن، میرسن، لیمونن، سیس - بتا - اوسیمن، گاما - ترپینن و ترپینولون. Mirza و همکاران (۲۰۱٤) در بررسی اسانس *Heracleum pastinasifolium* در سه منطقه ارسباران با ارتفاع‌های مختلف مشاهده کردند که با افزایش ارتفاع، میزان ترکیب‌های اصلی اسانس شامل اکتانول استات، هگزیل بوتیرات و اکتانول افزایش یافته و در مقابل میزان اکتیل بوتیرات کاهش پیدا کرده است.

همچنین بررسی تأثیر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک رویشگاه‌های *Ch. macropodum* بر ترکیب‌های اسانس این گونه نشان می‌دهد که افزایش یا کاهش مقادیر این خصوصیات افزایش معنی‌داری بر مقادیر بعضی از ترکیب‌های اسانس داشته است؛ به‌طوری‌که با افزایش مقادیر اسیدیته، آهک، سیلت و رس، مقادیر ترکیب‌های آلفا - پینن و فنچیل استات افزایش یافته‌اند. این ترکیب‌ها همبستگی مثبت معنی‌داری با خصوصیات خاک ذکرشده دارند. برعکس، میزان گاما - ترپینن کاهش یافته و همبستگی منفی معنی‌داری را با این خصوصیات دارد. همچنین با افزایش مقادیر هدایت الکتریکی، رطوبت اشباع و ماده آلی، مقادیر ترکیب‌های میرسن، ترانس - بتا - اوسیمن و گاما - ترپینن افزایش پیدا کرده‌اند. این ترکیب‌ها همبستگی مثبت معنی‌داری با خصوصیات ذکرشده دارند. درحالی‌که میزان لیمونن کاهش یافته و همبستگی منفی معنی‌داری را با

این خصوصیات دارد. به علاوه با افزایش درصد ماسه خاک، مقادیر ترکیب‌های بتا - پینن و سیس - بتا - اوسیمن افزایش یافته‌اند. این ترکیب‌ها همبستگی مثبت معنی‌داری با ماسه خاک دارند. در مقابل، مقادیر میرسن و فنچیل استات کاهش یافته و همبستگی منفی معنی‌داری را با این خصوصیت خاک دارند. Mohammadian و همکاران (۲۰۱٤) در بررسی اثر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک رویشگاه‌های *Thymus fallax* بر مواد مؤثر این گونه بیان کردند که افزایش و یا کاهش مقادیر هدایت الکتریکی، اسیدیته، ماده آلی، ازت، پتاسیم، فسفر و درصد رس و شن خاک، افزایش و یا کاهش معنی‌دار مقادیر ترکیب‌های تیمول، کارواکرول، کامفن، ژرانیول و پارا- سیمن را موجب شده است. Hasani و همکاران (۲۰۱۷) نیز در بررسی تأثیر عوامل اقلیمی و خاک بر ترکیب‌های اسانس *Heracleum persicum* در مناطق مختلف ایران با دامنه ارتفاعی ۲۵۰۰-۱۵۰۰ متر دریافتند که اختلاف در تعداد (٤۳-۱۸) و نوع ترکیب‌های شیمیایی همبستگی معنی‌داری با ارتفاع از سطح دریا، متغیرهای اقلیمی و بعضی از خصوصیات خاک نظیر هدایت الکتریکی، کلر و فسفر دارد.

نتیجه گیری نهایی

کاربرد اسانس در صنایع مختلف به ترکیب‌های شیمیایی موجود در آن بستگی دارد که خود تحت تأثیر نوع رویشگاه، عوامل محیطی و زمان برداشت می‌باشد. بررسی انجام شده نشان داد که ترکیب‌های موجود در اسانس اندام‌های هوایی (برگ و گل‌آذین) *Chaerophyllum macropodom* در رویشگاه‌های مختلف از نظر کمیت و کیفیت با یکدیگر تفاوت دارند که این موضوع می‌تواند با توجه به اهداف بررسی حائز اهمیت باشد. به‌طورکلی با توجه به عملکرد بالا و سازگاری مناسب *Ch. macropodum* با اقلیم مناطق مختلف و هم‌چنین تولید اسانس، می‌توان از این گونه در برنامه‌های توسعه و اصلاح مناطق تخریب‌یافته مرطوب و نیمه مرطوب بسیار سرد و نیمه خشک بسیار سرد کشور استفاده نمود.

منابع

Acimovic, M.G., Korac, J., Jacimovic, G., Oljaca, S., Djukanovic, L. and Vuga-Janjatov, V. (2014) Influence of ecological conditions on seeds traits and essential oil contents in anise (*Pimpinella anisum* L.). Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 42(1): 232-238.

Adams, R.P. (2007) Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectroscopy. Illinois, USA: Allured Publishing Corporation, Carol Stream.

Amiri, H. (2014) Essential oil composition and secretory structurs of *Chaerophyllum macropodum* Boiss. Journal of Plant Researches 27(3): 356-362 (in Persian).

Asri, Y. (2005) Vegetation ecology. Payame Noor University Publications, Tehran.

Assadipour, A., Sharififar, F., Robati, M., Samzadeh, V. and Esmaeilpour, Kh. (2013) Composition and antioxidant effect of the essential oils of the flowers and fruits of *Ducrosia assadii* Alava., a unique endemic plant from Iranian. Journal of Biological Sciences 13: 288-292.

Başer, K.H.C., Özek, G., Özek, T. and Duran, A. (2006) Composition of the essential oil of *Chaerophyllum macropodum* Boiss. fruits obtained by microdistillation. Jornal of Essential oil Research 18(5): 515-517.

Çoruh, N., Saðdiçoðlu Celep, A.G. and Özgökçe, F. (2007) Antioxidant properties of Pragnous ferulacea (L.) Lindl., *Chaerophyllum macropodum* Boiss. and Heracleum persicm Desf. from Apiaceae family used as food in Eastern Anatolia and their inhibitory effects on glutathione-S-transferase. Food Chemistry 100(3): 1237-1242.

Durmaz, H., Sagun, E., Tarakci, Z. and Ozgokce, F. (2006) Antibacterial activities of *Allium vineal, Chaerophyllum macropodum* and *Prangos ferulacea*. African Journal of Biotechnology 5(19): 1795-1798.

Durmaz, H., Aygun, O., Sancak, H. and Celik, H. (2015) Oxidant / antioxidant status of herbs Allium vineale and *Chaerophyllum macropodum* used for manufacture

of Van herby cheese. International Journal of Scientific and Technological Research 1(1): 288-296.

Ebrahimabadi, A.R.H., Djafari-Bidgoli, Z., Mazoochi, A., Jookar Kashi, F. and Batooli, H. (2010) Essential oils composition, antioxidant and antimicrobial activity of the leaves and flowers of *Chaerophyllum macropodum* Boiss. Food Control 21(8): 1173-1178.

Ghannadi, A.R., Sajjadi, S.E. Jafari Kukhandan, A. and Mortazavian, S.M. (2011) Volatile constituents of flowering aeria parts of *Chaerophyllum macropodum* Boiss. from Iran. Journal of Essential Oil Bearing Plants 14(4): 408-411.

Haghi, Gh., Hatami, A.R., Ghasian, F. and Hoseini, H. (2010) Antioxidant activity evaluation and essential oil analysis of *Chaerophyllum macropodum* Boiss. from Central Iran. Journal of Essential Oil Bearing Plants 13(4): 489-495.

Hasani, R., Mehregan, I., Larijani, K., Nejadsattari, T. and 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.

Hayta, S. and Celikezen, F.C. (2016) Evaluation of essential oil composition, antioxidant and antimicrobial properties of *Chaerophyllum crinitum* Boiss (Apiaceae) from Turkey: a traditional medicinal herb. Journal of Biological Sciences 16: 72-76.

IPNI (2017) The International Plant Names Index. Retrieved from http://www.ipni.org. On 17 March 2017.

Jabari, M., Asghari, Gh.R., Ghanadian, M., Jafari, A., Yousefi, H., Jafari, R., Sharafi, S.M. and Yousofi Darani, H. (2015) Effect of *Chaerophyllum macropodum* extracts on *Trichomonas vaginalis* in vitro. Journal of HerbMed Pharmacology 4(2): 61-64.

Kiliç, Ö. (2014) Essential oil composition of two Apiaceae species from Bingol (Turkey). Turkish Journal of Nature and Science 3(1): 18-21.

Lakušić, B., Slavkovska, V., Pavlović, M., Milenković, M., Stanković, J.A. and Couladisd, M. (2009) Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil from Chaerophyllum aureum L. (Apiaceae). Natural Product Communications 4(1): 115-118.

Mahmoodi, R., Shafaghat, A. and Salimi, F. (2014) Chemical analysis of the flavonoid, antioxidant and antimicrobial activities of *Chaerophyllum macropodum* (Boiss.) extract. Journal of Pharmaceutical and Health Sciences 2(3): 137-144.

Mirza, M., Najafpour Navaei, M. and Behrad, Z. (2014) Essential oil composition of *Heracleum pastinasifolium* C. Koch. Seed in different altitudes of Arasbaran region. Eco-Phytochemical Journal of Medical Plants 3(7): 26-30 (in Persian).

Mohammadian, A., Karamian, R., Mirza, M. and Sepahvand A. (2014) Effects of altitude and soil characteristics on essential of *Thymus fallax* Fisch. et C.A. Mey. in different habitats of Lorestan province. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 30(4): 519-528 (in Persian).

Mozaffarian, V. (2007) Flora of Iran, no. 54: Umbelliferae. Research Institute of Forests and Rangelands Publication, Tehran (in Persian).

Nematollahi, F., Akhgar, M.R. Larijani, K., Rustaiyan, A.H. and Masoudi, Sh. (2005) Essential oils of *Chaerophyllum macropodum* Boiss. and *Chaerophyllum crinitum* Boiss. from Iran. Jornal of Essential oil Research 17(1): 71-72.

Priyadarshi, S. and Borse, B.B. (2014) Effect of the environment on content and composition of essential oil in coriander. International Journal of Scientific & Engineering Research 5(2): 57-65.

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.

Razavi, S.M. and Nejad-Ebrahimi, S. (2010) Essential oil composition of *Chaerophyllum macrospermum* (Spreng.) Fisch C.A. Mey Seeds. Journal of Essential Oil Bearing Plants 13(2): 205-210.

Rustaiyan, A., Neekpoor, N., Rabani, M., Komeilizadeh, H., Masoudi.S. and Monfared, A. (2002) Composition of the essential oil of *Chaerophyllum macrospermum* (Spreng.) Fisch. and C.A. Mey. from Iran. Journal of Essential Oil Research 14(3): 216-217.

Sefidkon, F. and Abdoli-Senejani, M. (2005) Essential oil composition of *Chaerophyllum macrospermum* from Iran. Journal of Essential Oil Research 17(3): 249-250.

Shafaghat, A. (2009) Antibacterial activity and composition of essential oils from flower, leaf and stem of *Chaerophyllum macropodum* Boiss. from Iran. Natural Product Communications 4(6): 861-864.

Shafaghat, A. (2010) Volatile constituents of the leaf oil of *Chaerophyllum macropodum* Boiss. from Iran. Journal of Essential Oil Research, 22(6): 531-533.

Shafaghat, A., Akhlaghi, H., Motavalizadeh Kakhky, A., Larijani, K. and Rustaiyan, A. (2008) Comparison of essential oil composition of root and aerial part of *Chaerophyllum macropodum* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 24(2): 244-252 (in Persian).

Shafaghat, A., Salimi, F. and Mahmoodi, R. (2012) Antioxidant, antimicrobial activity and chemical analysis of the flavonoid from *Chaerophyllum macropodum* Boiss. Journal of Medicinal Plants Research 6(11): 2111-2116.

Stamenković, J.G., Petrović, G.M., Stojanović, G.S., Dordević, A.S. and Zlatković, B.K. 2016. *Chaerophyllum aureum* L. volatiles: composition, antioxidant and antimicrobial activity. Records of Natural Products 10(2): 245-250.

Taherkhani, M., Masoudi, Sh. and Rustaiyan, A. (2012) Chemical composition and antibacterial activity of the essential oils of *Semenovia frigida* and *Chaerophyllum bulbosum* from Iran. Asian Journal of Chemistry 24(4): 1587-1590.

Zarrinkafsh, M. 1993. Applied Pedology. Tehran University Publications, Tehran (in Persian).