دوماهنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران
جلد ۳۲، شماره ۱، صفحه ۱۱۴-۹۸ (۱۳۹۵)

بررسی تنوع در ترکیب‌های شیمیایی اسانس ۲۵ اکسشن گل‌محمدی کشت شده در استان کرمانشاه با استفاده از روشهای آماری چند متغیره

برزو یوسفی[۱*]، حمیدرضا قاسمپور[۲]، بایزید یوسفی[۳]، سیدرضا طبایی عقدایی[۴] و کامکار جایمند[۵]

۱*- نویسنده مسئول، دانشجوی دکترای فیزیولوژی گیاهی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

پست الکترونیک: borzooyoosefi@yahoo.com و borzooyoosefi@gmail.com

۲- دانشیار، گروه بیولوژی، دانشگاه رازی کرمانشاه، ایران

۳- استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کردستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سنندج، ایران

۴- استاد، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۵- دانشیار، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: مرداد ۱۳۹۳ تاریخ اصلاح نهایی: فروردین ۱۳۹۴ تاریخ پذیرش: فروردین ۱۳۹۴

چکیده

گل‌محمدی (*Rosa damascena* Mill.) یک گونه مهم دارویی و صنعتی است. برای رسیدن به تولید اسانس بیشتر و با کیفیت بهتر، شناسایی اکسشن‌های برتر این گیاه و روابط ژنتیکی آنها اهمیت زیادی دارد. برای بررسی دقیق روابط بین ژنوتیپ‌های مختلف این گونه و تنوع در ترکیب‌های شیمیایی اسانس، استفاده از آنالیزهای آماری چند متغیره می‌تواند مفید باشد. در این مطالعه ۲۵ اکسشن مختلف گل‌محمدی از استان کرمانشاه و سایر نواحی ایران جمع‌آوری و در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی کشت شدند. با روش تقطیر با آب از گلبرگ‌های آنها اسانس استخراج شد و با استفاده از گازکروماتوگرافی و کروماتوگرافی گازی همراه با طیف‌سنج جرمی، ترکیب‌های شیمیایی اسانس شناسایی و مقدار (درصد) هر ترکیب اندازه‌گیری شد. ترکیب‌های شیمیایی اسانس با استفاده از تجزیه خوشه‌ای (کمّی و کیفی) و تجزیه تابع تشخیص به شکل کیفی و با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و تجزیه همبستگی به شکل کمّی، ارزیابی شدند. با توجه به نتایج تجزیه خوشه‌ای، اکسشن‌ها در ۴ گروه مجزا قرار گرفتند. تجزیه تابع تشخیص، نتایج تجزیه خوشه‌ای را تأیید کرد. نتایج تجزیه به مؤلفه‌ها نیز اکسشن‌ها را در ۴ گروه قرار داد و نشان داد که ۴ روند متفاوت برای ترکیب‌های شیمیایی اسانس در بین اکسشن‌ها وجود داشت. نتایج تجزیه همبستگی نشان داد که ۲ ترکیب مهم اسانس گل‌محمدی، ژرانیول و سیترونلول که از ترکیب‌های مهم عامل افزایش کیفیت اسانس گل‌محمدی بودند، با یکدیگر و با ترکیب‌های سیترونلیل استات و ژرانیال ارتباط مثبت معنی‌دار داشتند.

واژه‌های کلیدی: گل‌محمدی (*Rosa damascena* Mill.)، اسانس، گاز کروماتوگرافی، ، ترکیب‌های شیمیایی، آنالیزهای چند متغیره.

مقدمه

گل‌محمدی با نام علمی (*Rosa damascena* Mill.) درختچه‌ای ایستاده، بلند، تقریباً انبوه و پرتیغ، ساقه متعدد، با شاخه‌های تقریباً باریک، سبزمات یا مایل به زرد، ایستاده، تیغ‌دار، شاخه‌های آن منتهی به چند گل و دارای تیغ‌های پهن و برگشته می‌باشد(Khatamsaz, 1992). اندام‌های مختلف گل‌محمدی به‌ویژه گل‌های آن در صنایع مختلف دارویی، غذایی، عطرسازی، آرایشی و تزئینی کاربرد دارند. در میان رزهای معطر، گل‌محمدی باارزش‌ترین ترکیب‌های اسانس را دارد (Babu *et al*., 2002). قسمت مایع اسانس گل‌محمدی، دارای دو ترکیب ژرانیول و سیترونلول است که از ترکیب‌های بسیار باارزش اسانس رز هستند و در تعیین ارزش اقتصادی آن مؤثر هستند (Baser, 1992؛ Lawrence, 1991). در اولین مطالعات روی اسانس گل‌محمدی، بیوژنز آلکان‌ها در این اسانس بررسی و مشخص شد. این ترکیب‌ها در ساختار زنجیره‌های جانبی هیدروکربن‌های اسانس شرکت می‌کنند (Marekov *et al*., 1968). در یک بررسی جامع با استفاده از روش کروماتوگرافی گازی با ستون‌های قطبی، نیمه‌قطبی و غیرقطبی، در یک نمونه اسانس گل‌محمدی بلغاری، تعداد ۱۲۷ ترکیب شیمیایی که بیش از ۹۸/۵٪ اسانس را تشکیل می‌دادند، جداسازی و شناسایی شد (Kovats, 1987). در سال‌های اخیر مطالعات مختلفی روی اسانس گل‌محمدی در داخل کشور انجام شده است. ترکیب‌های اسانس دو نمونه گل‌محمدی از شهرستان کاشان به دو روش صنعتی و آزمایشگاهی استخراج و با GC و GC/MS تجزیه و شناسایی شده‌است. نتایج نشان داد که ترکیب‌های مهمی از قبیل ژرانیول، سیترونلول و فنیل‌اتیل الکل در اسانس استخراج شده به روش صنعتی، وجود نداشته است (Rezaee *et al*., 2003). در پژوهشی اسانس نمونه‌های مختلف گل‌محمدی استان اصفهان استخراج و مورد شناسایی قرار گرفته که نتایج بیانگر وجود تنوع در ترکیب‌های اسانس نواحی مختلف بوده است (Jaimand *et al*., 2004). نمونه‌های گل‌محمدی نواحی مختلفی از کشور در مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور مورد بررسی قرار گرفته که نتایج بیانگر وجود تنوع در صفات مرفولوژیک، صفات عملکردی و ترکیب‌های شیمیایی اسانس بوده‌است (Tabaei-Aghdaei *et al*., 2004; 2005a; 2005b).

گرچه در بررسی تنوعات ژنتیکی در ژنوتیپ‌های گل‌محمدی با استفاده از آنالیزهای چندمتغیره گزارش‌های معدودی وجود دارد ولی استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره در بررسی صفات مختلف ژنوتیپ‌های گوناگون در گیاهان زراعی منجر به مشخص شدن ابعاد متفاوت صفات گیاهان زراعی شده‌است. در مطالعه‌ای بااستفاده از روش‌های آماری چندمتغیره به‌منظور مطالعه تنوع و ارتباط بین عملکرد و اجزای عملکرد دانه کلزا، ۳۶ ژنوتیپ کلزا مورد بررسی قرار گرفته که ژنوتیپ‌ها بر اساس این صفات به ۵ خوشه متفاوت تقسیم شده‌اند (Rosta Baghi *et al*., 2012). در پژوهشی دیگر، تعداد ۱۱۰ ژنوتیپ برنج شامل ۳۹ رقم بومی ایرانی، ۲۰ رقم اصلاح شده ایرانی و ۵۱ رقم اصلاح شده خارجی از نظر ۱۴ صفت زراعی مورد بررسی قرار گرفته که نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای به روش حداقل واریانس وارد (Ward)، ارقام را در سه گروه و صفات را در شش گروه قرار داده‌است. صحت گروه‌بندی حاصل از تجزیه خوشه‌ای با انجام تجزیه تابع تشخیص خطی در حدود ۹۵٪ و ۹۱٪ برای گروه‌بندی ارقام و صفات بوده‌است (Kebriaie *et al*., 2012). به‌منظور بررسی تنوع ژنتیکی ارقام و توده‌های داخلی و خارجی چچم یک‌ساله (*Lolium perena*)، ۲۰ ژنوتیپ از این گونه مورد ارزیابی قرارگرفته است. نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌ها را در ۴ گروه متفاوت قرار داده است. ژنوتیپ‌های موجود در خوشه ۱ پرمحصول، پابلند و دارای طول عمر بیشتری بودند. خوشه شماره ۲، دارای تعداد ساقه و اندازه تاج پوشش بیشتر و در نتیجه عملکرد علوفه نسبتاً بالایی داشته‌اند. از ویژگی مهم خوشه ۳، دیررسی با عملکرد متوسط و خوشه ۴ زودرسی همراه با عملکرد علوفه کمتری بوده است (Jafari, 2003). در بررسی ۳۴ هیبرید جدید ذرت با استفاده از آنالیزهای چندمتغیره، این هیبریدها در

هفت گروه اصلی قرار گرفته‌اند که هر یک دارای دو یا سه زیر گروه بوده‌اند. نتایج این تحقیق توصیه کرده‌است که برای اهداف اصلاحی از گروه‌های ۳، ۵ و ۷ استفاده شود (Khavari-Khorasani *et al*., 2011).

با توجه به اینکه تجزیه واریانس و آزمون دانکن تمام زوایای روابط بین اکسشن‌های مورد بررسی در این تحقیق را از جنبه ترکیب‌های شیمیایی اسانس روشن نمی‌کند، از این‌رو برای بررسی دقیق‌تر این روابط، استفاده از آنالیزهای آماری چند متغیره می‌تواند مفید باشد. به همین دلیل در این تحقیق تنوع و روابط بین ترکیب‌های شیمیایی اسانس با یکدیگر و با اکسشن‌های مختلف گل‌محمدی، با روش‌های تجزیه چند متغیره مورد ارزیابی قرار گرفت.

جدول ۱- مشخصات اکسشن‌های گل‌محمدی مورد مطالعه

ردیف	نام اکسشن	کد اکسشن	کد مبدأ	استان	شهرستان
۱	اراک	ARAK	۲۸	مرکزی	اراک
۲	اردبیل	ARDAB	۳	اردبیل	اردبیل
۳	آذربایجان‌غربی	AZR-GH	۲	آذربایجان‌غربی	ارومیه
۴	چهارمحال	CHEH	۸	چهارمحال	یاسوج
۵	فارس	FARS	۱۷	فارس	شیراز
۶	قزوین	GHAZ	۱۸	قزوین	قزوین
۷	گیلان	GILA	۲۵	گیلان	رشت
۸	اصفهان۱	ESF1	۳۳	اصفهان	کاشان، کامو
۹	اصفهان۲	ESF2	۳۴	اصفهان	کاشان، کامو
۱۰	اصفهان۳	ESF3	۳۹	اصفهان	کاشان، مشهد اردهال
۱۱	اصفهان۴	ESF4	۴۰	اصفهان	کاشان، کامو
۱۲	اصفهان۵	ESF5	۴	اصفهان	کاشان، کامو
۱۳	اصفهان۶	ESF6	۵	اصفهان	کاشان، قمصر
۱۴	کرمانشاه۴	KR4	۴۳	کرمانشاه	هرسین، گره‌بان
۱۵	کرمانشاه۵	KR5	۴۴	کرمانشاه	میان‌راهان، کندوله
۱۶	کرمانشاه۶	KR6	۴۵	کرمانشاه	اسلام‌آباد، سه‌راه ملاوی
۱۷	کرمانشاه۷	KR7	۴۶	کرمانشاه	کرمانشاه، میان‌دربند
۱۸	کرمانشاه۸	KR8	۴۷	کرمانشاه	جوانرود
۱۹	کرمانشاه۹	KR9	۴۸	کرمانشاه	ماهیدشت، قمشه
۲۰	کردستان	KORD	۱۹	کردستان	سنندج
۲۱	لرستان	LOR	۲۶	لرستان	خرم‌آباد
۲۲	سمنان۱	SEMN1	۱۳	سمنان	شاهرود
۲۳	سمنان۲	SEMN2	۱۴	سمنان	سمنان
۲۴	یزد	YAZD	۳۲	یزد	یزد
۲۵	زنجان	ZANJ	۱۲	زنجان	زنجان

مواد و روشها

مواد مورد استفاده، عملیات مزرعه‌ای و آزمایشگاهی

در این مطالعه تعداد ۲۵ اکسشن (Accession) مختلف گل‌محمدی (*Rosa damascena* Mill.) جمع‌آوری شده از استان کرمانشاه و سایر مناطق کشور مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۱). قلمه‌های گل‌محمدی جمع‌آوری شده در گلخانه ریشه‌دار شد و بعد در مزرعه تحقیقاتی مهرگان در ۲۲ کیلومتری جاده کرمانشاه- سنندج با موقعیت جغرافیایی '۲۹ °۳۴ شمالی و '۵۹ °۴۶ شرقی، ارتفاع ۱۲۷۰ متر از سطح دریا، متوسط نزولات سالیانه ۴۷۰/۷ میلی‌متر، حداکثر مطلق درجه حرارت ۴۰/۵، حداقل ۱۳- درجه سانتی‌گراد و ۷۰ روز یخبندان سالیانه کشت شد. اراضی این ایستگاه شامل، دشت‌های رسوبی مسطح و پایین‌دست با خاک‌های عمیق و بافت سنگین تا خیلی سنگین می‌باشد. در اواخر فروردین، نهال‌ها در بستر مخلوط خاک زراعی، ماسه و کود حیوانی پوسیده به نسبت مساوی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار، در هر تکرار ۳ پایه با فاصله ۳×۳ متر کشت شدند. در طول اجرای طرح، با روش آبیاری قطره‌ای، هر هفته یکبار بوته‌ها آبیاری شد. برای اسانس‌گیری از گل‌محمدی از روش تقطیر با آب استفاده شد (Jaimand *et al.*, 2005). پس از چیدن گلها در صبح زود، آن را به آزمایشگاه منتقل و مقدار ۵۰۰ گرم گلبرگ‌تر به‌منظور اسانس‌گیری استفاده شد. در زمان اسانس‌گیری شرایط یکسان برای تمام نمونه‌ها برقرار بود.

تجزیه آزمایشگاهی

نمونه‌ها به دستگاه کروماتوگراف گازی تزریق شد. مشخصات دستگاه عبارت بود از: مدل Thermo-UFM (Ultra Fast Model) ساخت کشور ایتالیا، مجهز به داده‌پرداز Chrom-Card A/D و ستون موئینه با نام تجارتی Ph-5 ساخت شرکت thermo به طول ۱۰ متر و قطر داخلی ۰/۱ میلی‌متر به ضخامت ۰/۴ میکرومتر است، که سطح داخلی آن با فاز ساکن از جنس Dimethylsiloxane phenyl, 5% پوشیده شده‌بود.

دمای اولیه ستون ۶۰ درجه سانتی‌گراد، شروع تا دمای نهایی ۲۸۵ درجه سانتی‌گراد که در هر دقیقه ۸۰ درجه سانتی‌گراد به آن افزوده می‌شد و بعد توقف در این دما به مدت ۳ دقیقه، نوع آشکارساز FID و درجه حرارت آن ۲۹۰ درجه سانتی‌گراد، درجه حرارت محفظه تزریق ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد، نوع گاز حامل هلیوم و فشار ورودی آن به ستون برابر ۰/۵ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع تنظیم شده بود. نمونه‌ها همچنین به دستگاه کروماتوگراف گازی مدل (Varian 3400) متصل به طیف‌سنج جرمی (Saturn II)، با سیستم تله یونی و با انرژی یونیزاسیون ۷۰ الکترون‌ولت و ستون نیمه قطبی DB-5 (به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه فاز ساکن برابر ۰/۲۵ میکرون) تزریق شد. فشار گاز سر ستون ۳۵ پوند بر اینچ‌مربع، درجه حرارت ۴۰ تا ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت افزایش ۴ درجه سانتی‌گراد در دقیقه، درجه حرارت محفظه تزریق ۲۶۰ درجه سانتی‌گراد و دمای ترانسفرلاین ۲۷۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شده بود. با مقایسه شاخص بازداری (Retention Index) هر ترکیب با شاخص بازداری استاندارد ، نتایج GC بررسی شد (Jaimand *et al.*, 2004؛ Reverchon *et al.*, 1997؛ Kim *et al.*, 2000). همچنین در کروماتوگرافی گازی با طیف‌های ترکیب‌های استاندارد منابع مختلف (Adams, 198995؛ Davies, 1990؛ Shibamoto, 1987) مقایسه شد و با مقایسه شاخص بازداری ترکیب‌ها، با شاخص بازداری استاندارد و نیز مقایسه با طیف جرمی ترکیب استاندارد موجود در کتابخانه دستگاه GC/MS ترکیب‌های مختلف اسانس شناسایی و درصد هریک محاسبه شد (Kovats, 1987). اسامی ترکیب‌های شیمیایی اسانس و علامت اختصاری آنها در جدول ۲ ارائه شده‌است.

جدول ۲- علامت اختصاری ترکیب‌های شیمیایی موجود در اسانس نمونه‌های گل‌محمدی مورد بررسی

ترکیب شیمیایی	علامت اختصاری	ترکیب شیمیایی	علامت اختصاری	ترکیب شیمیایی	علامت اختصاری
سیترونلیل پروپانوآت	CITPRO	۱- ایکوزان	EICO	n- پنتاکوزان	PENT
n-تترادکانول	TTDOL	n- تترا دکانال	TTDAL	اکسیدنتالول استات	OXA
بتا-گورژونن	GORG	n- تری‌دکانال	TDAL	n- تری‌کوزان	TRIC
ترانس-رز اکساید	TRO	n- نونادکان	NONA	n- آن‌دکانول	UND
ژرانیال	GERAL	n- هگزادکانال	HEXDA	ایزوآمیل استات	IAS
n-هپتادکان	HEPT	n- هگزادکانول	HEXD	متیل تترا دکانوآت	MTD
دی‌هیدرو لینالول	DHL	n- هنی‌کوزان	HENIC	نریل فورمات	NF
n-دوکوزان	DOCO	آلفا-فلاندرن	α-FLA	سیترونلول	CIT
ژرانیول	GEROL	آلفا-کادینن	CAD	n- پنتادکان	PENT
سیترونلیل پنتانوآت	CITPN	بتا-پینن	β-PIN	سیترونلیل استات	CITA
اکتا- دکانول	DECAN	دلتا-۳- کارن	δ- CAR		

تجزیه آماری

با استفاده از نرم‌افزار (SPSS) صفات ترکیب‌های شیمیایی اسانس و مقدار درصد ترکیب‌های شیمیایی اسانس، مورد تجزیه آماری قرار گرفت. ترکیب‌های شیمیایی شناسایی شده در نمونه‌ها تنها براساس وجود یا عدم وجود در هر اکسشن، مورد تجزیه خوشه‌ای قرار گرفت. بر پایه حضور یا عدم حضور ترکیب‌های شیمیایی در اکسشن، به صفات مقادیر ۱ و ۰ داده شد و تجزیه خوشه‌ای با روش (UPGMA) انجام شد. براساس نتایج تجزیه خوشه‌ای، مقادیر درصد ترکیب‌های شیمیایی در اسانس مورد تجزیه تابع تشخیص قرار گرفت. برای تفسیر ساختار تنوع در بین اکسشن‌ها، به‌واسطه ترکیب شیمیایی اسانس، برای مقادیر ۱۸ ترکیب شیمیایی موجود در اسانس (که بیش از ۹۷٪ اسانس را تشکیل و در بیشتر اکسشن‌ها حضور داشتند) تجزیه به مؤلفه‌های اصلی انجام شد. مقادیر مؤلفه‌ها برای ترکیب‌ها و اکسشن‌ها، مقادیر ویژه، درصد از واریانس و واریانس تجمعی مشخص شد. و در نهایت ترکیب‌های شیمیایی اسانس مورد تجزیه همبستگی قرار گرفتند.

نتایج

گروه‌بندی اکسشن‌ها با تجزیه خوشه‌ای بر پایه صفات کیفی

در تجزیه خوشه‌ای براساس وجود یا عدم وجود ترکیب‌های شیمیایی در اسانس، اکسشن‌ها در ۴ گروه مختلف قرار گرفتند (شکل ۱). در مجموع مشاهده شد که ترکیب‌های سیترونلول، ان-هپتادکان، ان-نونادکان، ان-هنی‌کوزان، ان-تری‌کوزان، ان-ایکوزان، دی‌هیدرولینالول، تترادکانول و متیل‌تترا دکانوآت در تمام اکسشن‌ها وجود داشت. از طرف دیگر ترکیب‌های نریل‌فرمات، فقط در اکسشن‌های آذربایجان‌غربی و اصفهان ۶ از گروه ۳، سیترونلیل‌پروپانوات و بتا-گورژونن فقط در اکسشن کردستان در گروه ۱، آلفا-فلاندرن و دلتا-۳- کارن فقط در اکسشن‌های کرمانشاه ۴ و ۵ به‌ترتیب در گروه‌های ۳ و ۲ مشاهده شدند. ترکیب‌های اکسیدنتالول استات، اکتادکانول، سیترونلیل پنتانوات، ۱- ایکوزان، ان-تترادکانال و ترانس دی‌هیدرو رُز اکساید در حداکثر ۲۰٪ اکسشن‌ها مشاهده شدند. همچنین فراوانی ترکیب‌های ایزوآمیل‌دودکانوآت،

ان-پنتاکوزان، ان-پنتادکان، آلفا- کادینین، ان-دوکوزان، بتا-پینن و ان-تری‌دکانال در بین اکسشن‌ها بین ۲۰٪ تا ۸۰٪ متغیر بود. با توجه به دندروگرام تجزیه خوشه‌ای و خط برش مربوطه، چهار گروه اصلی متمایز در بین اکسشن‌ها مشاهده شد.

الف) گروه ۱، شامل اکسشن‌های چهارمحال، لرستان، کرمانشاه ۶ و اراک بود. در تمام اکسشن‌های این گروه ترکیب‌های ژرانیول، ژرانیال، آلفا-کادینن، متیل تترا دکانوات، دلتا-کادینن، ان-پنتاکوزان، ان-هپتاکوزان، ان-نونادکان، ان-هنی‌کوزان، ان-تری‌کوزان، ان-ایکوزان، ان-آن‌دکانول، ان-هگزادکانول، دی‌هیدرولینالول و ان-تترادکانول وجود داشت. فقدان ترکیب ان-دوکوزان و وجود ترکیب‌های ان-پنتاکوزان و آلفا-کادینن عامل تمایز این گروه بود.

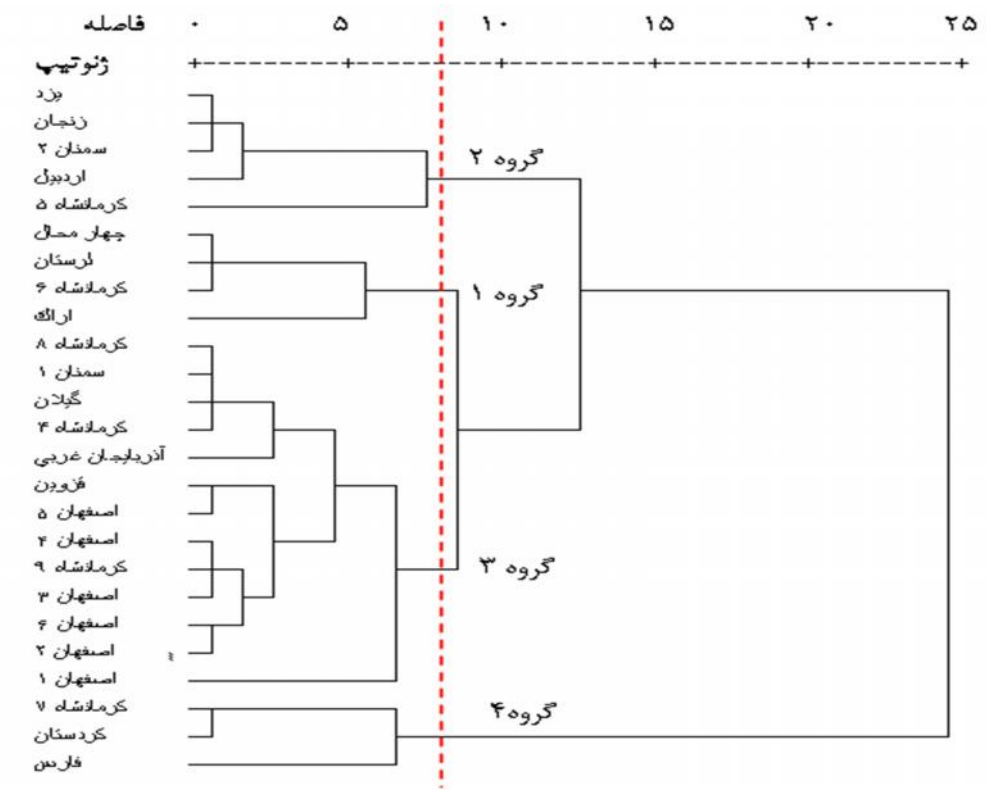
ب) گروه ۲، شامل اکسشن‌های یزد، زنجان، سمنان ۲، اردبیل و کرمانشاه ۵ که در تمام اکسشن‌های این گروه، ترکیب‌های شیمیایی سیترونلول، ژرانیول، ان-هپتادکان، ان-نونادکان، ان-هنی‌کوزان، ان-تری‌کوزان، ان-ایکوزان، ان-دوکوزان، ان-آن‌دکانول، ان-هگزادکانول، دی‌هیدرولینالول، ان-تری‌دکانول، ژرانیال، آلفا-کادینن و متیل تترادکانوات وجود داشت و فاقد ترکیب‌های دلتا-۳- کارن، اکسیدنتالول استات، ان-پنتاکوزان، ۱- ایکوزان، سیترونلیل پروپانوات، سیترونلیل پنتانوات و نریل‌فرمات بودند. عامل تمایز این گروه از سایر گروه‌ها وجود ترکیب ان-دوکوزان و فقدان ترکیب‌های ان-پنتاکوزان و اکسیدنتالول استات بود.

ج) گروه ۳، بیشتر اکسشن‌ها در این دسته قرار گرفتند. این گروه شامل اکسشن‌های گروه اصفهان و اکسشن‌های کرمانشاه ۴، کرمانشاه ۸، کرمانشاه ۹، گیلان، سمنان ۱، آذربایجان‌غربی و قزوین بود (شکل ۱). در تمام اکسشن‌های این گروه ترکیب‌های سیترونلول، ژرانیول، ان-هپتادکان، ان-نونادکان، ان-تری‌کوزان، ان-هنی‌کوزان، ان-ایکوزان، ان-آن- دکانول، ان-هگزادکانول، دی‌هیدرولینالول، ان-تترادکانول، ژرانیال و متیل تترادکانوات وجود داشت و فاقد ترکیب‌های ترانس دی‌هیدرو رُز اکساید، آلفا-فلاندرن، دلتا-۳- کارن، دلتا-کادینن، بتا-گورژونن، ان-تترادکانال، ان-تری‌دکانول، ایزوآمیل دودکانوات، سیترونلیل پروپانوات، سیترونلیل پنتانوات و ان-اکتادکانول بودند. وجود ترکیب ۱- ایکوزان و فقدان ترکیب‌های ان-اکتا دکانال، ان-تترادکانال، ترانس دی‌هیدرو رُز اکساید و بتا-پینن عامل تمایز این گروه از سایر گروه‌ها بود.

د) گروه ۴، شامل اکسشن‌های کرمانشاه ۷، کردستان و فارس است که با ۳ گروه دیگر تمایز بالایی نشان می‌دهد. تمام اکسشن‌های این گروه دارای ترکیب‌های سیترونلول، ان-هپتا دکان، ان-نونا دکان، ان-هنی‌کوزان، ان-تری‌کوزان، ان-ایکوزان، ان-هگزا دکانول، دی‌هیدرو لینالول، ان-تترا دکانول، ان-تترادکانال، ژرانیال و متیل تترادکانوات و فاقد ترکیب‌های ترانس‌دهیدرو رُز اکساید، آلفا-فلاندرن، دلتا-۳-کارن، دلتا-کادینن، اکسیدنتالول استات، ان-دوکوزان، ۱- ایکوزان، و نریل‌فرمات بودند. وجود ترکیب‌های ان-تری‌دکانال و سیترونلیل پنتانوات و فقدان صفات ان-دوکوزان، اکسیدنتالول استات، آلفا-کادینن و ترانس‌دهیدرو رُز اکساید عامل تمایز این گروه بود.

نتایج تجزیه تابع تشخیص

در تجزیه تابع تشخیص برای وجود یا عدم وجود ترکیب‌های شیمیایی اسانس، ۹۶٪ از گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای تأیید و تنها در بین گروه‌های ۱ و ۳ اختلاط مشاهده شد (جدول ۳).



شکل ۱- دندروگرام تجزیه خوشه‌ای ترکیب‌های شیمیایی موجود در اسانس (کیفی) اکسشن‌های گل‌محمدی

جدول ۳- گروه‌بندی تجزیه تابع تشخیص

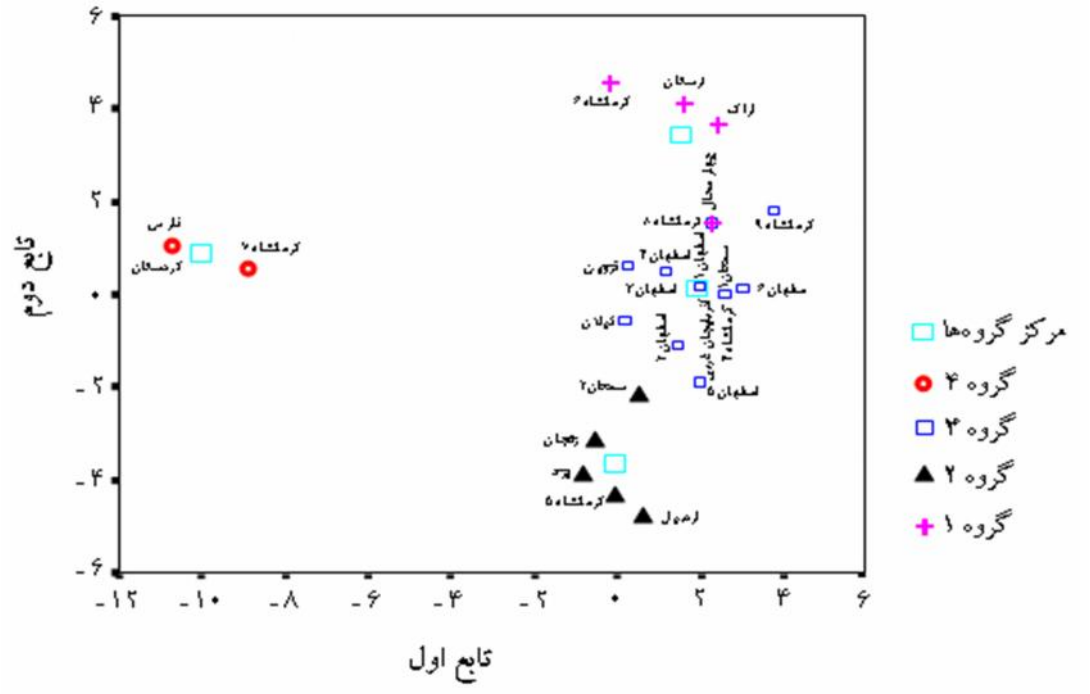
گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای	درصد اکسشن‌های شرکت کننده در گروه			
	۱	۲	۳	۴
۱	۷۵	۰	۲۵	۰
۲	۰	۱۰۰	۰	۰
۳	۰	۰	۱۰۰	۰
۴	۰	۰	۰	۱۰۰

درصد اکسشن‌های طبقه‌بندی شده در گروه‌های اصلی ۹۶٪

براساس نمودار تجزیه تابع تشخیص (شکل ۲)، اختلاط بین گروه‌های ۱ و ۳، به اکسشن‌های اراک و کرمانشاه ۸ ارتباط داشت که در حد فاصل دو گروه قرار داشتند. اکسشن کرمانشاه ۹ از گروه ۳ نیز تا حدودی در این اختلاط نقش داشت. با توجه به بررسی وجود یا عدم وجود ترکیب‌ها، مشاهده شد که اکسشن اراک با کرمانشاه ۸ تنها برای ترکیب‌های ترانس‌دی‌هیدرو رُز اکساید، اکسیدنتالول استات و اکتا دکانول اختلاف داشت. همچنین اکسشن کرمانشاه ۹ از گروه ۳، با اکسشن اراک علاوه‌بر ترکیب‌های فوق برای ترکیب‌های آلفا-کادینن و ۱- ایکوزان نیز اختلاف نشان داد. نتایج تجزیه تابع تشخیص برای این ۳ اکسشن، گروه‌بندی تجزیه خوشه‌ای را تأیید نکرد ولی برای سایر اکسشن‌ها، گروه‌بندی تجزیه خوشه‌ای تأیید شد و ۹۳/۴٪ از تنوع در ساختار داده‌ها، با تابع اول و دوم بیان شد (جدول ۴).

جدول ۴- مقادیر توابع ۱ و ۲ برای صفات کیفی ترکیبات شیمیایی اسانس

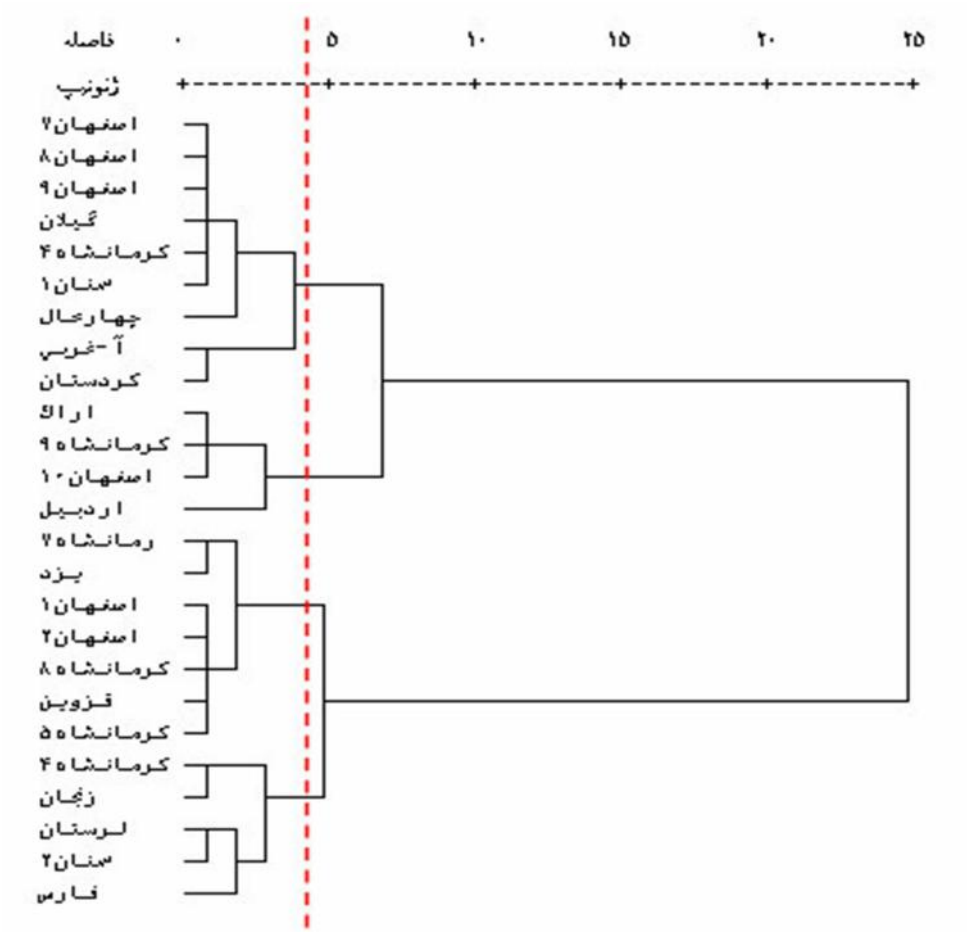
صفت	تابع ۱	تابع ۲	صفت	تابع ۱	تابع ۲
سیترونلیل پنتانوآت	-۰/۳۲	۰/۰۸	بتا-پینن	-۰/۱۳	۰/۰۳
ان-پنتاکوزان	۰/۳۲	-۰/۰۸	ایزو آمیل استات	۰/۰۹	-۰/۱۱
ژرانیول	۰/۱۶	-۰/۰۴	آلفا-کادینن	۰/۱۰	۰/۰۷
ان-آن‌دکانول	۰/۱۶	-۰/۰۴	ان-تترادکانال	-۰/۰۷	-۰/۰۷
سیترونلیل پروپانوآت	-۰/۱۶	۰/۰۴	۱- ایکوزان	-۰/۰۱	۰/۰۱
بتا-گورژونن	-۰/۱۶	۰/۰۴	ان-تری دکانال	-۰/۲۰	-۰/۱۱
سیترونلیل استات	-۰/۱۶	۰/۰۴	اکتا-دکانول	-۰/۰۷	۰/۰۲
ان-دوکوزان	۰/۰۹	-۰/۳۸	آلفا-فلاندرن	-۰/۰۱	-۰/۱۶
ان-پنتادکان	۰/۱۱	۰/۳۷	دلتا-۳- کارن	۰/۰۸	-۰/۰۳
ترانس – رز اکساید	۰/۰۳	۰/۱۰	نریل فورمات	۰/۰۳	۰/۰۱
اکسیدنتالول استات	۰/۰۶	۰/۳۲			
مقدار ویژه	۱۶/۹۶	۵/۸۵			
درصد از واریانس	۷۰/۲۹	۲۳/۱۳			
واریانس تجمعی	۷۰/۲۹	۹۳/۴۲			



شکل ۲- نمودار توابع ۱ و ۲ در تجزیه تابع تشخیص بر پایه صفات کیفی

گروه‌بندی اکسشن‌ها با تجزیه خوشه‌ای بر پایه مقدار ترکیب‌های شیمیایی اسانس (کمّی)

تجزیه خوشه‌ای بر پایه میزان ترکیب‌های شیمیایی اسانس (شکل ۳) نیز اکسشن‌ها را در ۴ گروه مختلف قرار داد. گروه اول شامل ژنوتیپ‌های اصفهان ۷، اصفهان ۸، اصفهان ۹، گیلان، کرمانشاه ۶، سمنان ۱، چهارمحال، آذربایجان‌غربی و کردستان بود. در گروه دوم اکسشن‌های اراک، کرمانشاه ۹، اصفهان ۱۰ و اردبیل قرار گرفتند. گروه سوم شامل اکسشن‌های کرمانشاه ۷، کرمانشاه ۸، کرمانشاه ۵، یزد، قزوین، اصفهان ۱ و اصفهان ۲ بود. در گروه ۴ نیز اکسشن‌های کرمانشاه ۴، زنجان، لرستان، سمنان و فارس قرار گرفتند. مقایسه نتایج تجزیه خوشه‌ای ترکیب‌های شیمیایی اسانس به دو صورت کمّی و کیفی نشان داد که گروه‌بندی‌ها تا حدودی بر هم انطباق ندارد که علت آن ممکن است این باشد که شرایط اکولوژیک و فیزیولوژیک بر میزان ترکیب‌ها تأثیر بیشتری داشته باشد.



شکل ۳- دندروگرام تجزیه خوشه‌ای مقدار ترکیب‌های شیمیایی موجود در اسانس اکسشن‌های گل‌محمدی

نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که ۳۳/۳۳٪ از کل تنوع در ساختار داده‌ها از نظر ترکیب‌های شیمیایی اسانس با مؤلفه اول، ۱۶/۱۲٪ با مؤلفه دوم و ۱۱/۸۴٪ با مؤلفه سوم بیان شده‌است (جدول ۵). بر این اساس، نمودار بای پلات (BiPlot) مؤلفه‌های اول و دوم (شکل ۴) ارائه شده‌است.

جدول ۵- مقادیر مؤلفه‌ها برای ترکیب‌های شیمیایی اسانس اکسشن‌های مورد بررسی گل‌محمدی

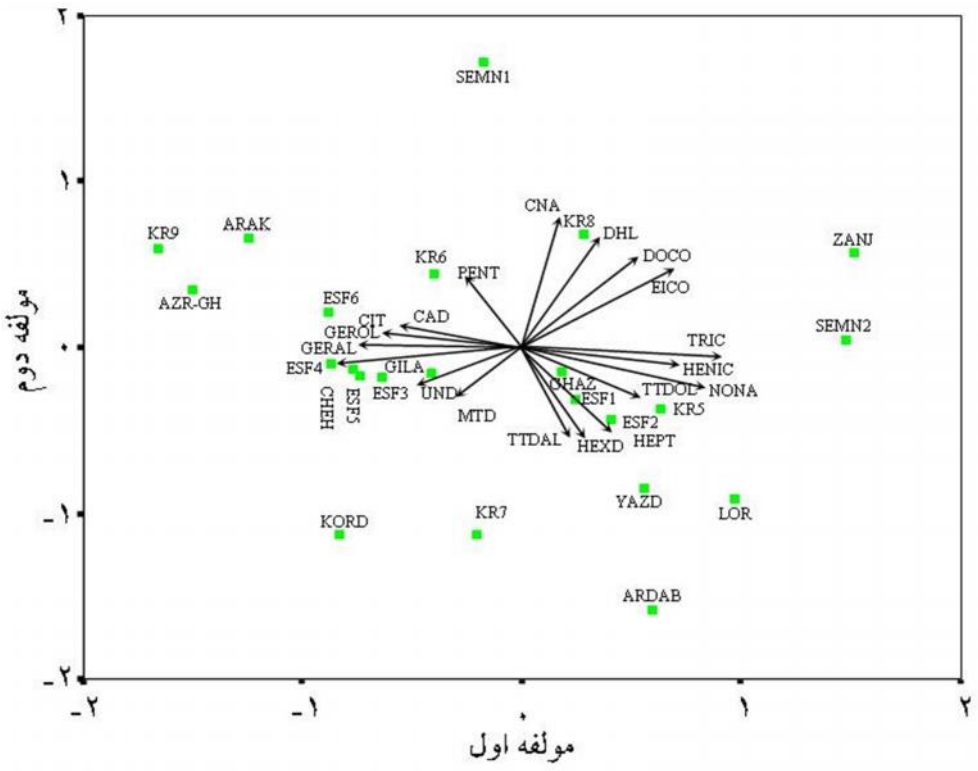
صفت	مؤلفه اول	مؤلفه دوم	مؤلفه سوم
سیترونلول	-۰/۶۵	۰/۱۰	-۰/۴۸
ژرانیول	-۰/۷۶	۰/۰۱۴	-۰/۳۶
آلفا-کادینن	۰/۱۷	۰/۷۷	۰/۰۱
ان-پنتادکان	-۰/۲۵	۰/۴۱	۰/۳۰
ان-هپتادکان	۰/۲۹	-۰/۵۳	۰/۰۷
ان-نونادکان	۰/۸۳	-۰/۲۳	-۰/۱۵
ان-هنی‌کوزان	۰/۹۳	-۰/۰۷	۰/۱۰
ان-تری‌کوزان	۰/۷۳	-۰/۱۱	۰/۲۸
ان-ایکوزان	۰/۶۷	۰/۴۶	۰/۱۹
ان-دوکوزان	۰/۵۳	۰/۵۴	۰/۱۱
ان-آن‌دکانول	-۰/۴۸	-۰/۲۲	۰/۶۴
ان-هگزادکانول	۰/۴۳	-۰/۵۱	-۰/۵۷
دی‌هیدرولینالول	۰/۳۵	۰/۶۶	-۰/۱۶
ان-تترادکانول	۰/۵۴	-۰/۳۰	۰/۰۳
ان-تترادکانال	۰/۲۳	-۰/۵۶	-۰/۱۲
ژرانیال	-۰/۸۵	-/۱۰	۰/۲۷
سیترونلیل‌استات	-۰/۵۷	۰/۱۲	-۰/۳۱
متیل‌تترادکانوآت	-۰/۲۹	۰/۳۰	۰/۷۶
مقدار ویژه	۵/۹۹	۲/۹۰	۲/۱۳
درصد از واریانس	۳۳/۳۳	۱۶/۱۲	۱۱/۸۴
واریانس تجمعی	۳۳/۳۳	۴۹/۴۵	۶۱/۲۹

لازم به توضیح است که در شکل ۴ به علت تعداد زیاد اکسشن‌ها و ترکیب‌های شیمیایی موجود در اسانس، بجای اسامی فارسی آنها از کد تعریف شده در جدولهای ۱ و ۲ استفاده شده‌است. براساس مؤلفه اول ترکیب‌های ان-دوکوزان، ۱-ایکوزان، ان-تری‌کوزان، ان-هنی‌کوزان، ان-نونادکان و ان-تترادکانول که همگی از گروه اسانس‌های ترپنی بودند، دارای بیشترین سهم مثبت براساس مؤلفه اول و ترکیب‌های سیترونلول، ژرانیول و ژرانیال، آلفا-کادینن و ان-آن‌دکانول دارای بیشترین سهم منفی بر اساس مؤلفه اول از واریانس موجود در ساختار چندمتغیره مورد بررسی بودند. از طرف دیگر، ترکیب‌های سیترونلیل استات و دی‌هیدرولینالول دارای بیشترین سهم مثبت و ترکیب‌های ان-هپتادکان، ان-هگزادکانول و ان-تترادکانال دارای بیشترین سهم منفی براساس مؤلفه دوم بودند. بنابراین اکسشن‌هایی که بیشترین مقدار مؤلفه اول را داشتند دارای بیشترین میزان ان-دوکوزان، ۱- ایکوزان، ان-تری‌کوزان، ان-هنی‌کوزان، ان-نونادکان و ان-تترادکانول و کمترین میزان سیترونلول، ژرانیول و ژرانیال، آلفا-کادینن

و ان-آن‌دکانول بودند و همچنین اکسشن‌هایی که براساس مؤلفه دوم دارای بیشترین مقدار مؤلفه بودند، دارای بیشترین میزان سیترونلیل استات و دی‌هیدرولینالول و کمترین میزان ان-هپتادکان، ان-هگزادکانول و ان-تترادکانال بودند. بر همین اساس اکسشن‌های زنجان (ZANJ) و سمنان ۲ (SEMN2) دارای بیشترین مقادیر ان-دوکوزان، ۱- ایکوزان، ان-تری‌کوزان، ان-هنی‌کوزان، ان-نونادکان و ان-تترادکانول و دارای کمترین مقادیر سیترونلول، ژرانیول و ژرانیال، آلفا-کادینن و ان-آن‌دکانول بودند و اکسشن‌های اراک (ARAK)، کرمانشاه ۹ (KR9) و آذربایجان‌غربی (AZRGH) دارای بیشترین مقادیر سیترونلول، ژرانیول و ژرانیال، آلفا-کادینن و ان-آن‌دکانول و کمترین مقادیر ان-دوکوزان، ۱- ایکوزان، ان-تری‌کوزان، ان-هنی‌کوزان، ان-نونادکان و ان-تترادکانول بودند. براساس مؤلفه دوم اکسشن سمنان (SEMN1) دارای بیشترین مقدار سیترونلیل استات و دی‌هیدرولینالول و کمترین مقدار ان-هپتادکان، ان-هگزادکانول و ان-تترادکانال بود و از طرفی اکسشن‌های کرمانشاه ۷ (KER7)، یزد (YAZD)، لرستان (LOR)، کردستان (KORD) و اردبیل (ARDAB) که بجز یزد سایر آنها از نواحی سردسیری و غربی کشور بودند دارای بیشترین مقادیر ان-هپتادکان، ان-هگزادکانول و ان-تترادکانال و کمترین مقادیر از ترکیب‌های سیترونلیل استات و دی‌هیدرولینالول بودند. با توجه به شکل ۳ می‌توان روند ترکیب‌های شیمیایی اسانس در بین اکسشن‌ها و تشابه یا فاصله اکسشن‌ها را از لحاظ میزان ترکیب‌های شیمیایی مشخص کرد. با توجه به مؤلفه‌های اول و دوم می‌توان بیان کرد که ۴ روند متفاوت برای ترکیب‌های شیمیایی اسانس در بین اکسشن‌ها وجود دارد. ترکیب‌های ان-ایکوزان، ان-دوکوزان، دی‌هیدرولینالول و سیترونلول استات دارای روند یکسانی در بین اکسشن‌ها بود و می‌توان بیان داشت با توجه به دو مؤلفه اول و دوم، این ترکیب‌های به‌صورت همبسته در اکسشن‌ها افزایش یا کاهش دارند. تنها دو اکسشن زنجان و کرمانشاه ۸ و تا حدودی سمنان ۱ برای این ترکیب‌های دارای بیشترین مقدار بود. همچنین با توجه به مؤلفه‌های اول و دوم، این ۳ اکسشن دارای روند یکسانی برای ترکیب‌های شیمیایی بودند. ترکیب‌های ان-تری‌کوزان، ان-هنی‌کوزان، ان-نونادکان، ان-تترادکانول، ان-تترادکانال، ان-هپتادکان و ان-هگزادکانول با توجه به دو مؤلفه اول و دوم، از لحاظ ترکیب‌های مورد بررسی در بین اکسشن‌ها دارای روند یکسان بودند. یعنی براساس این دو مؤلفه روند موجود در ساختار اکسشن‌ها برای این ترکیب‌ها یکسان بود. اکسشن‌های قزوین، سمنان ۲، اصفهان ۱، اصفهان ۲، کرمانشاه ۵، یزد، اردبیل و کرمانشاه ۷ دارای بیشترین مقدار از این ترکیب‌ها بودند. همچنین این اکسشن‌ها دارای روند یکسانی برای ترکیب‌ها با توجه به مؤلفه اول و دوم بودند. ترکیب‌های متیل‌تترا دکانوآت، ان-آن دکانول، ژرانیال، ژرانیول، سیترونلال و دلتا-کادینن دارای روند مشابهی در بین اکسشن‌ها بودند. با توجه به مؤلفه‌های اول و دوم، اکسشن‌های کردستان، گیلان، اصفهان ۳، اصفهان ۴، اصفهان ۵، اصفهان ۶، چهارمحال بختیاری، اراک، آذربایجان‌غربی و کرمانشاه ۹ دارای بیشترین مقدار از ترکیب‌های متیل‌تترا دکانوآت، ان-آن دکانول، ژرانیال، ژرانیول، سیترونلال و دلتا- کادینن بودند و روند یکسانی از نظر این ترکیب‌ها داشتند. البته تنها ترکیب شیمیایی که به تنهایی دارای روند متفاوتی بود، ان-پنتادکان بود که اکسشن کرمانشاه ۶ (KER6) با این ترکیب ارتباط نزدیکی داشت.

نتایج همبستگی بین صفات مورد بررسی

نتایج همبستگی فنوتیپی بین ترکیب‌های شیمیایی موجود در اسانس اکسشن‌های مختلف گل‌محمدی در جدول ۵ ارائه شده‌است. با توجه به جدول مشاهده می‌شود که ترکیب‌های ان-نونادکان، ان-هنی‌کوزان، ان-تری‌کوزان، ان-ایکوزان و ان-تترادکانول با ترکیب ژرانیول و سیترونلول همبستگی منفی معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) دارند. همینطور ترکیب‌های ژرانیول و سیترونلیل استات با سیترونلول همبستگی مثبت معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) داشتند.



شکل ۴- نمودار بای پلات مؤلفه‌های اول و دوم

علاوه‌بر ترکیب سیترونلیل استات، ترکیب ژرانیال نیز با ژرانیول ارتباط مثبت معنی‌دار نشان داد. البته سایر ترکیب‌ها، با دو ترکیب سیترونلول و ژرانیول رابطه معنی‌دار مثبت یا منفی نداشتند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که دو ترکیب عمده اسانس گل‌محمدی یعنی ژرانیول و سیترونلول که از ترکیب‌های مهم عامل افزایش کیفیت اسانس گل‌محمدی هستند، با همدیگر همبستگی مثبت دارند و افزایش یکی از این ترکیب‌ها با افزایش ترکیب دیگر همراه است. بنابراین اصلاح در جهت یکی از این ترکیب‌ها باعث افزایش ترکیب دیگر نیز می‌شود، البته رابطه مثبت دو ترکیب ژرانیول و سیترونلول با ژرانیال و سیترونلیل استات نیز باید در برنامه‌های اصلاحی مدنظر باشد. براساس نتایج جدول ۴، ترکیب‌های ان-نونادکان، ان-هنی‌کوزان، ان-تری‌کوزان، ان-ایکوزان و ان-تترادکانول با دو ترکیب سیترونلول و ژرانیول دارای رابطه منفی بودند که در برنامه‌های اصلاحی برای بهبود کیفیت اسانس گل‌محمدی باید به آن توجه داشت. همچنین ۵ ترکیب ان-نونادکان، ان-هنی‌کوزان، ان-تری‌کوزان، ان-ایکوزان و ان-تترادکانول نیز با همدیگر همبستگی مثبت معنی‌دار نشان دادند. تنها مورد استثناء، عدم وجود ارتباط معنی‌دار بین ان-تری‌کوزان و ان-ایکوزان با ان-تترادکانول بود، اما در سایر موارد همبستگی دوگانه ترکیب‌ها، مثبت و معنی‌دار بود. برخی از ترکیب‌های دیگر نیز تا حدودی با همدیگر همبستگی نشان دادند که در جدول ۶ ارائه شده‌است.

جدول ۶- همبستگی بین کمّیت ترکیب‌های شیمیایی اسانس در اکسشن‌های مورد بررسی گل‌محمدی

	سیترونلول	ژرانیول	کادینن	پنتادکان	هپتادکان	نونادکان	هنی‌کوزان	تری‌کوزان	ای‌کوزان	دوکوزان	آن‌دکانول	هگزادکانول	دی‌هیدرو لینالول	تتراد کانول	تتراد کانال	ژرانیال	استات سیترونلیل	دکانوآت متیل‌تترا
ژرانیول	** ۰/۸۳																	
کادینن	-۰/۰۳	۰/۰۰																
پنتادکان	۰/۱۹	۰/۰۶	۰/۱۵															
هپتادکان	-۰/۱۷	۰/۰۱	-۰/۰۸	۰/۱۵														
نونادکان	** -۰/۵۶	** -۰/۷۰	-۰/۱۵	-۰/۱۹	۰/۰۵ -													
هنی‌کوزان	-۰/۸۸۷۶	** -۰/۸۰	۰/۰۴	-۰/۳۲	۰/۰۶	** ۰/۵۶												
تری‌کوزان	** -۰/۷۲	** -۰/۶۵	-۰/۰۰	-۰/۲۶	۰/۰۲ -	* ۰/۴۲	** ۰/۸۱											
ای‌کوزان	* -۰/۴۴	* -۰/۴۷	۰/۳۳	-۰/۱۲	۰/۰۶ -	* ۰/۴۵	** ۰/۶۳	** ۰/۶۳										
دوکوزان	-۰/۲۳	-۰/۳۲	* ۰/۴۵	-۰/۰۳	۰/۱۱ -	۰/۰۱	** ۰/۵۲	* ۰/۵۰	** ۰/۷۰									
آن‌دکانول	۰/۶۱	۰/۲۹	-۰/۰۶	۰/۱۷	۰/۰۲	* -۰/۴۶	** -۰/۵۳	-۰/۲۵	-۰/۳۵	-۰/۳۰								
هگزادکانول	-۰/۲۳	-۰/۱۶	-۰/۲۷	-۰/۲۳	۰/۲۵	۰/۲۴	* ۰/۴۲	/۲۰	-۰/۰۱	-۰/۰۷	** -۰/۵۴							

	سیترونلول	ژرانیول	کادینن	پنتا دکان	هپتا دکان	نونا دکان	هشتی کوزان	تری کوزان	ای کوزان	دو کوزان	آند کانول	هگزا دکانول	دی‌هیدرو لینالول	تترا دکانول	تترا دکانال	ژرانیال	سیترونلیل استات	متیل تترا دکانوآت
دی‌هیدرولینالول	−۰/۶۰	−۰/۲۰	** ۰/۷۰	۰/۲۰	۰/۰۹ −	−۰/۰۹	۰/۲۳ ns	۰/۱۲	۰/۳۸	** ۰/۷۹	−۰/۲۰	−۰/۱۳						
تترادکانول	** −۵/۴۹	** −۰/۵۴	−۰/۱۸	−۰/۰۴	۰/۲۱ −	۰/۴۵ *	۰/۴۴ *	۰/۳۳	۰/۱۴	۰/۰۸	−۰/۲۷	۰/۲۶	۰/۰۰۵ −					
تترادکانال	−۰/۲۲	−۰/۱۱	−۰/۲۴	−۰/۳۰	۰/۲۴	−۰/۰۸	۰/۲۷ ns	۰/۱۹	−۰/۱۷	−۰/۰۶	−۰/۲۱	۰/۴۲ *	۰/۱۹۹ −	۰/۰۸۴ −۰				
ژرانیال	۰/۳۵	۰/۵۶ **	۰/۰۴	۰/۱۴	۰/۱۸ −	** −۰/۷۱	** −۰/۷۲	* −۰/۴۷	* −۰/۴۶	−۰/۳۱	۰/۸۰ **	** −۰/۵۴	۰/۱۶۷ −	۰/۱۸۸ −۰	۰/۲۳۳ −۰			
سیترونلیل استات	** ۰/۵۸	* ۰/۴۵	−۰/۱۲	** ۰/۵۵	۰/۲۰ −	−۰/۴۳ *	** −۰/۵۶	* −۰/۴۷	−۰/۳۳	−۰/۲۱	۰/۳۰	−۰/۲۵	۰/۰۴۸ −	۰/۱۸۳ −۰	۰/۲۶۹ −۰	* ۰/۴۴۸		
متیل تترا دکانوآت	−۰/۲۵	−۰/۰۸	−۰/۰۹	۰/۳۹	۰/۲۴	−۰/۲۸	−۰/۱۸ ns	−۰/۱۰	−۰/۲۲	−۰/۲۱	** ۰/۶۲	−۰/۳۰	۰/۱۵۵ −	۰/۱۲۵ −۰	۰/۱۶۳ −۰	* ۰/۴۶۹	۰/۰۲۰	
اسانس	۰/۱۷	−۰/۲۰	۰/۱۶	۰/۰۸	۰/۱۶ −	۰/۰۷	۰/۰۸ ns	−۰/۱۲	−۰/۰۱	۰/۱۸	−۰/۱۶	−۰/۲۷	۰/۳۲۵ −	۰/۱۱۱ −۰	۰/۱۶۸ −۰	۰/۲۲۹ −	۰/۰۹۳	۰/۲۱۱ −۰

ns: غیرمعنی‌دار و * و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

بحث

نکته دارای اهمیت در نمودار تجزیه خوشه‌ای، قرار گرفتن اکسشن‌های با منشأ اصفهان در یک گروه و تنوع بسیار بالا در بین اکسشن‌های کرمانشاه بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که اکسشن‌های کرمانشاه، منشأ اولیه متفاوتی داشته‌اند. در بین اکسشن‌های اصفهان، ممکن است منشأ مشترک یا گزینش‌های مداوم و هدفمند اکسشن‌ها، دلیل تشابه ژنتیکی آنها باشد (Yousefi, 2009). بجز گروه اکسشن‌های اصفهان، در سایر گروه‌ها، تنوع بالایی برای ترکیب‌های شیمیایی اسانس مشاهده شد. لازم به توضیح است که نتیجه تجزیه خوشه‌ای نشان داد که در مواردی بین منشأ جغرافیایی اکسشن‌ها و خوشه‌بندی آنها تطابق وجود ندارد. علت آن می‌تواند انتقال بعضی اکسشن‌ها از منشأ مشترک مثلاً اصفهان به سایر نواحی باشد، ازجمله اکسشن کرمانشاه ۹ که در گروه اصفهان قرار گرفته است. از طرفی بین بسیاری از این اکسشن‌ها که در نواحی مختلف کشور رشد می‌کنند یا کشت شده‌اند قرابت وجود دارد، چه‌بسا، منشأ بسیاری از آنها یکسان باشد. همچنین به نظر می‌رسد در مواردی تفاوت بین اکسشن‌های مناطق مختلف جغرافیایی، در حدی نبوده است که در شاخه‌های مجزایی قرار بگیرند. از این‌رو با توجه به نتایج بدست آمده، می‌توان نتیجه گرفت که نمی‌توان براساس منشأ جغرافیایی، این اکسشن‌ها را برای ترکیب‌های شیمیایی اسانس گروه‌بندی کرد. البته این استنتاج با نتایج گزارش شده توسط سایر محققان همخوانی دارد (Tabaei-Aghdaei *et al*., 2004؛ Yousefi, 2009).

در تجزیه خوشه‌ای ترکیب‌های شیمیایی اسانس بر پایه وجود یا عدم وجود ترکیب‌های شیمیایی (کیفی) و نیز بر پایه مقدار ترکیب‌های شیمیایی موجود در اسانس (کمّی)، اکسشن‌ها در ۴ گروه قرار گرفتند ولی گروه‌بندی آنها تا حدودی متفاوت بود. علت این تفاوت ممکن است این باشد که مقدار ترکیب‌های اسانس نسبت به وجود یا عدم وجود این ترکیب‌ها، بیشتر تحت تأثیر عوامل محیطی و فیزیولوژیک قرار گرفته باشد. نتایج آنالیز مؤلفه‌های اول و دوم، روابط بین ترکیب‌های شیمیایی اسانس را با یکدیگر تا حدودی آشکار کرد. ۴ روند متفاوت برای ترکیب‌های شیمیایی اسانس در بین اکسشن‌ها مشاهده شد. از طرفی روابط بین هر اکسشن و هر گروه از اکسشن‌ها را با ترکیب‌های شیمیایی اسانس نمایان کرد. در اسانس گل‌محمدی ۳ ترکیب اصلی مؤثر بر کیفیت اسانس، سیترونلول، ژرانیول و فیل اتیل الکل هستند. بر این اساس روابط همبستگی منفی یا مثبت سایر ترکیب‌های شیمیایی اسانس با این ۳ ترکیب برای برنامه‌های اصلاحی لازم است مورد توجه قرار بگیرد. نتایج تجزیه همبستگی نمایان کرد که دو ترکیب سیترونلیل استات و ترکیب ژرانیال با ژرانیول ارتباط مثبت معنی‌دار دارند، ولی سایر ترکیب‌ها با دو ترکیب سیترونلول و ژرانیول رابطه معنی‌دار مثبت یا منفی نداشتند. از این‌رو می‌توان نتیجه گرفت که دو ترکیب عمده اسانس گل‌محمدی یعنی ژرانیول و سیترونلول که از ترکیب‌های مهم عامل افزایش کیفیت اسانس گل‌محمدی هستند، با همدیگر همبستگی مثبت دارند و افزایش یکی از این ترکیب‌ها با افزایش ترکیب دیگر همراه است. بنابراین اصلاح در جهت یکی از این ترکیب‌ها باعث افزایش ترکیب دیگر نیز می‌شود، البته رابطه مثبت دو ترکیب ژرانیول و سیترونلول با ژرانیال و سیترونلیل استات نیز باید در برنامه‌های اصلاحی مورد توجه قرار بگیرد. Tabaei-Aghdaei و همکاران (۲۰۰۴، ۲۰۰۵الف، ۲۰۰۵ب) نیز در چندین مطالعه، نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند (Tabaei-Aghdaei *et al*., 2004; 2005a; 2005b).

منابع مورد استفاده

- Adams, R.P., 1995. Identification of Essential oils Components by Gas Chromatography-Mass Spectrometry. Allured Pub Crop, Carol Stream, Illinois, USA, 346p.
- Babu, K.G.D., Singh, B., Joshi, V.P. and Singh, V., 2002. Essential oil composition of Damask rose (*Rosa damascena* Mill.) distilled under different pressures and temperatures. Flavor and Fragrance Journal, 17(2): 136-140.
- Baser, K.H.C., 1992. Turkish rose oil. Perfume Flavor, 17(3): 45-52.

- Davies, N.W., 1990. Gas chromatographic retention index of monoterpenes and sesquiterpenes on methyl silicon and carbowax 20M phases. Journal of Chromatography A, 503(1): 1-24.
- Jafari, A.A.F., 2003. Investigation of variation and determination of genetic distance among 20 genotypes of annual ryegrass (*Lolium multiflorum*) using multivariate statistical methods. Pajouhesh & Sazandegi (In Natural Recources), 64: 78-83.
- Jaimand, K., Rezaii, M.B., Tabaii-Aghdaii, S.R. and Barazendah, M.M., 2004. The study of essential oils of (*Rosa damascena* Mill.) in different region of Isfahan. Pajouhesh & Sazandegi, 17(4): 86-91.
- Jaimand, K., Rezaii, M.B., Asareh, M.H. and Barazendah, M.M., 2005. Comparison of quantity and quality of essential oils in (*Rosa damascena* Mill.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 21(3): 283-299.
- Kebriaie, D., Rabiei, B. and Samiazadeh-Lahiji, H., 2012. The multivariate analysis of morphologic traits, grain yield and yield componets of native and improved rice varieties. Iranian Journal of Field Crop Science (Iranian Journal of Agriculture Science), 43(2): 269-279.
- Khatamsaz, M., 1992. Flora of Iran: Rosaceae (No 6). Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, 350p.
- Khavari- Khorasani, S., Mostafavi, Kh., Zandipour, E. and Heidarian, A., 2011. Multivariate analysis of agronomic traits of new corn hybrids (*Zea maize* L.). International Journal of AgriScience, 1(6): 314-322.
- Kim, H.J., Kim, K., Kim, N.S. and Lee, D.S., 2000. Determination of floral fragrances of *Rosa hybrida* using solid-phase trapping solvent extraction and gas chromatography-mass spectrometry. Journal of Chromatography A, 902(2): 389-404.
- Kovats, E., 1987. Composition of essential oils: Part 7. Bulgarian oil of rose (*Rosa damascena* Mill.). Journal of Chromatography A, 406(1): 185-222.
- Lawrence, B., 1991. Rose oils and extracts perfum. Flavour, 16(3): 43-77.
- Marekov, N., Stojanova-Ivanova, B., Mondeshky, L. and Zolotovitch, G., 1968. Biogenesis of alkanes in the flower of essential oil rose (*Rosa damascena* Mill.). Phytochemistry, 7(2): 231-234.
- Reverchon, E., Porta, G. D. and Gorgoglione, D., 1997. Supercritical CO_2 extraction of volatile oil from rose concrete. Flavour and Fragrance Journal, 12(1): 37-41.
- Rezaee, M.B., Jaimand, K., Tabaei-Aghdaei, S.R. and Brazaneh, M.M., 2003. Comparative study of laboratory and industrial essential oils samples of (*Rosa damascena* Mill.) for quantitative and qualitative constituents from Kashan. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 19(1): 63-72.
- Rosta Baghi, B., Dehghani, H., Alizadeh, B. and Sabaghnia, N., 2012. Investigation of diversity and evaluation of yield and yieled components of (*Brassica napus* L.). Journal of Agricultural and Gardening Products, 1(2): 53-62.
- Shibamoto, T., 1987. Retention indices in essential oil analysis: 259-274. In: Sandra P. and Bicchi, C., (Eds.). Capillary Gas Chromatography in Essential Oils Analysis. Dr. Alfred Huethig Verlag, New York, USA, 435p.
- Tabaei-Aghdaei, S.R., Sahebi, M., Jafari, A.A. and Rezaei, M.B., 2004. Evaluation of flower yield and morphological characteristics of 11 *Rosa damascena* Mill. genotypes using multivariate analyses. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 20(2): 199-211.
- Tabaei-Aghdaei, S.R., Rezaei, M.B. and Jaimand, K., 2005a. Study of genetic variation in essential oils yield of *Rosa damascena* Mill. genotypes from west parts of Iran. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 20(4): 533-545.
- Tabaei-Aghdaei, S.R., Rezaee, M.B. and Jaimand, K., 2005b. The Study of Genetic Potential of *Rosa damascena* Mill. Genotypes in Order to Flower Yield and Quality and Quantity Constituents Substances of Essential Oils. Final Report, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran, 102p.
- Yousefi, B., 2009. Extraction and Identification of Chemical Components in Essential Oils of (*Rosa damascena* Mill.) Planted in Kurdestan. Final Reports, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, 72p.

Variations in chemical components of essential oils in 25 accessions of damask rose (*Rosa damascena* Mill.)

B. Yoosefi[1*], H.R. Ghasempoor[2], B. Yousefi[3], S.R. Tabaeii Aghdaie[4] and K. Jaimand[4]

1*- Corresponding author, Ph.D. Students, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran, E-mail: borzooyoosefi@yahoo.com
2- Razi University, Kermanshah, Iran
3- Kordestan Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sanandaj, Iran
4- Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Received: July 2014 Revised: April 2015 Accepted: April 2015

Abstract

Damask Rose (Rosa damascena Mill.) is an important medicinal and industrial species. To achieve more and better-quality essential oil identifying the superior accessions of Damask Rose and their genetic relationships is very important. For a detailed review of the relationship among the genotypes of this species and variations in the essential oil composition, the use of multivariate statistical analysis could be useful. In this study, 25 different accessions of Damask Rose were collected from Kermanshah province and other regions of Iran and were planted in a randomized complete blocks design. The essential oil was extracted from the petals with hydrodistillation method. Essential oil composition was identified by using the gas chromatography and gas chromatography coupled with mass spectrometry and the amount (percentage) of each composition was measured. Essential oil compositions were evaluated using cluster analysis. According to the results of cluster analysis, the accessions were grouped in four groups. Discriminant analysis confirmed the results of cluster analysis. Component analysis showed that the accessions were in four groups and there were four different trends among the accessions studied for the chemical compositions of essential oils. According to the correlation analysis, the two important factors, geraniol and citronellol, which increased the quality of essential oil compounds in damask rose, showed a significant positive relationship with each other and with citronellyl acetate and geranial.

Keywords: *Rosa damascena* Mill., essential oils, gas chromatography, chemical components, multivariable analysis.