DOI: http://dx.doi.org/10.22092/ijmapr.2013.2900

فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران
جلد ۲۹، شمارهٔ ۱، صفحهٔ ۲۰۰-۱۸۷ (۱۳۹۲)

بررسی روابط همبستگی و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی اسانس و ترکیب‌های متشکله اسانس در ۱۲ ژنوتیپ رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)

لیلی صفائی[۱*]، داود افیونی[۲] و حسین زینلی[۳]

۱*- نویسنده مسئول، مربی پژوهش، زیست‌شناسی گیاهی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان
پست الکترونیک: safaii2000@yahoo.com
۲- مربی پژوهش، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان
۳- استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان

تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۸۹ تاریخ اصلاح نهایی: شهریور ۱۳۹۰ تاریخ پذیرش: مهر ۱۳۹۰

چکیده

به‌منظور بررسی همبستگی بین اسانس و ترکیب‌های متشکله اسانس و تعیین نقش این صفات در ایجاد تنوع بین ژنوتیپ‌های مختلف گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بر روی ۱۲ ژنوتیپ رازیانه در ایستگاه تحقیقاتی شهید فزوه اصفهان انجام شد. صفات مورد بررسی در این تحقیق شامل عملکرد دانه، درصد اسانس، عملکرد اسانس و ترکیب‌های متشکله اسانس بود. براساس نتایج تجزیه واریانس، اختلاف معنی‌داری میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه برای همه صفات مشاهده گردید. عملکرد اسانس همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفات عملکرد دانه، درصد اسانس و درصد ترکیب‌های آلفا-پینن، کامفن، میرسن، فلاندرن، فنکون و کامفور داشت. چهار مؤلفه اول در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، ۹۰٪ از کل واریانس متغیرها را توجیه کرد. صفات عملکرد دانه، درصد اسانس، عملکرد اسانس و درصد ترکیب‌های آلفا-پینن، کامفن، میرسن، فلاندرن، گاماترپینن، فنکون، کامفور و ترانس‌آنتول عمده‌ترین نقش را در تبیین مؤلفه اول داشتند. در مؤلفه دوم، صفات درصد سابینن، بتا-پینن و پارا-سیمن دارای اهمیت بیشتری بودند. در مؤلفه سوم صفات درصد لیمونن و ۸،۱-سینئول و در مؤلفه چهارم صفات درصد متیل کاویکول و سیس‌آنتول بیشترین اهمیت را در تبیین این مؤلفه‌ها دارا بودند. براساس تجزیه خوشه‌ای، ۱۲ ژنوتیپ مورد بررسی در چهار دسته مختلف قرار گرفتند و اختلاف‌های چشمگیری به‌ویژه در عملکرد بذر، درصد اسانس، عملکرد اسانس و درصد ترکیب‌های اصلی اسانس ازجمله ترانس‌آنتول، آلفا-پینن و فنکون در بین گروه‌ها وجود داشت. بنابراین می‌توان از طریق تلاقی بین ژنوتیپ‌های برتر خوشه‌های مختلف و آزمون نتاج آنها از طریق برنامه‌های به‌نژادی و انتخاب، نسبت به تولید ارقام با اسانس دارای کیفیت مطلوب اقدام نمود.

واژه‌های کلیدی: رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)، اسانس، ترکیب‌های متشکله اسانس، عملکرد.

مقدمه

رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) از مهمترین و قدیمی‌ترین گیاهان دارویی و متعلق به خانواده چتریان (Apiaceae) می‌باشد که در تمام فارماکوپه های معتبر از آن به‌عنوان یک گیاه دارویی مهم یاد شده‌است. میوه رازیانه دوکی‌شکل با دو انتهای باریک و رنگ آن سبز یا

قهوه‌ای روشن است. تمام پیکر گیاه حاوی اسانس می‌باشد، ولی میوه آن بیشترین میزان اسانس را داراست. اسانس گیاه در ساختمان‌های کانالی شکل که توسط سلول‌های غده‌ای ایجاد شده‌اند و در سراسر گیاه پراکنده‌اند وجود دارد. بیشتر این کانال‌ها در پوسته دانه موجود است (Charles *et al*., 1993؛ Moura *et al*., 2005). رازیانه بومی جنوب اروپا و منطقه مدیترانه می‌باشد و یکی از اقتصادی‌ترین گیاهان دارویی در این مناطق به حساب می‌آید (Kandil, 2002). در حال حاضر در نواحی وسیعی از رومانی، روسیه، آلمان، فرانسه، ایتالیا، هند، آرژانتین، آمریکا و بسیاری از کشورهای آفریقایی کشت می‌شود (قاسمی دهکردی، ۱۳۸۱؛ امیدبیگی، ۱۳۷٦؛ Shanmugavelu *et al*., 2002؛ El-Wahab, 2006). همچنین کشورهای ترکیه، چین، سوریه، ایران، ویتنام، افغانستان، لبنان و قبرس از کشورهای تولیدکننده‌ی این محصول محسوب می‌شوند (Shanmugavelu *et al*., 2002). در کشور مصر به تنهایی سالانه میزان صادرات این گیاه حدود ۱۰ میلیون دلار گزارش شده‌است (Zaki *et al*., 2011). در ایران نیز این گیاه به‌صورت خودرو در خراسان، تهران، گرگان، مازندران، گیلان و تبریز وجود دارد (Rechinger, 1986) و در ۱۷ استان کشور نیز کشت می‌گردد. از این گیاه در صنایع مختلف دارویی، غذایی، بهداشتی و آرایشی استفاده می‌شود. ماده مؤثره رازیانه اسانس آن است که شامل ترکیب های ترپنوئیدی متعددی می‌باشد. Singh و همکاران (۲۰۰٦)، ۳۵ ترکیب را در اسانس رازیانه شناسایی کردند که حدود ۹٦/٤٪ ترکیب اسانس را تشکیل می‌داد و ماده اصلی اسانس را ترانس‌آنتول گزارش نمودند. ترکیب‌های اسانس معمولاً در واریته های مختلف رازیانه متفاوت است. مهمترین ترکیب اسانس در بیشتر واریته های رازیانه ترانس‌آنتول می‌باشد (Akgul & Bayrak, 1988). ترکیب‌های مهم دیگر مانند فنکون، استراگول، لیمونن، آلفا-پینن و آنیزآلدئید نیز در بعضی از واریته‌ها ترکیب غالب را تشکیل می‌دهد (جایمند و رضایی، ۱۳۸۰). بذر رازیانه معطر، محرک و مقوی معده، ضداسپاسم، ضدنفخ، قاعده‌آور و به عنوان لوسیون چشم استفاده می‌شود. برگ‌های آن مدر و ریشه آن ملین و مسهل است و روغن حاصل از بذر آن کرم‌کش و ضدانگل می‌باشد (Delgo, 1984). میوه‌های رازیانه دارای نوعی اثر استروژنیک بوده و سبب چاقی می‌شوند. آنتول موجود در اسانس موجب کاهش یا توقف اسپاسم‌های دستگاه گوارش و تشدید ترشح شیرابه‌های گوارشی و در نتیجه بالا رفتن کیفیت هضم می‌گردد. عصاره آبی حاصل از برگ‌های رازیانه نیز فشار سرخرگی را به‌طرز چشمگیری کاهش می‌دهد (قاسمی دهکردی، ۱۳۸۱). مطالعات بر روی خواص دارویی رازیانه نشان داده‌است که اسانس دارای فعالیت ضدمیکروبی و آنتی‌اکسیدانی قوی می‌باشد (De marino *et al*, 2007؛ Embong *et al*., 1977) و آنتول موجود در اسانس بر علیه باکتریهای استافیلوکوک، اورآز و کاندیدا مؤثر است. درضمن، لیمونن موجود در اسانس سبب توقف تومور های سرطانی در موش صحرایی شده‌است (درزی و حاج سید هادی، ۱۳٦۰).

هدف اصلی از اصلاح گیاهان دارویی بهبود کمّیت و کیفیت آن دسته از مواد و عناصری است که در صنایع دارویی از اهمیت خاصی برخوردار است. در زمینه اصلاح گیاهان دارویی اولین حرکت باید از طریق انتخاب بهترین و مناسبترین پایه‌ها شروع شود. بنابراین ضروریست ابتدا به جمع‌آوری و ارزیابی مواد ژنتیکی پرداخته، سپس انواع

روشهای اصلاحی را بر آن اعمال کرد. بدین منظور تحقیق حاضر به اجرا در آمد.

مواد و روشها

در این آزمایش ۱۰ ژنوتیپ بومی شامل ژنوتیپ های مشهد، اصفهان، همدان، بوشهر، یزد، لرستان، ارومیه و شیراز (ارسال شده توسط مراکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان‌های مربوطه) و دو رقم خارجی، P11/820065 آلمانی (خارجی ۱) و ۱۱٤۸٦ اروپایی (خارجی ۲)، رازیانه مورد ارزیابی قرار گرفت. رقم های خارجی از دفتر گل و گیاهان زینتی، دارویی و قارچ‌های خوراکی تأمین گردید. این آزمایش در سال ۱۳۸۵ در ایستگاه تحقیقاتی شهید فزوه اصفهان اجرا شد. طرح مورد استفاده بلوک های کامل تصادفی با ۳ تکرار بود. هر واحد آزمایشی از ٤ ردیف به طول ۳ متر تشکیل گردید. فاصله ی ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر و فاصله‌ی دو بوته بر روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر منظور شد. عملیات داشت شامل آبیاری، کوددهی و وجین در طی فصل رشد به‌طور مرتب انجام شد. بذر ژنوتیپ‌ها در اواسط مرداد ماه و قبل از رسیدگی کامل هنگامی که به حد کافی سفت شده و به رنگ خاکستری مایل به سبز در آمدند جمع آوری گردید و پس از خشک شدن مقدار ۱۰۰ گرم از بذر هر ژنوتیپ توسط آسیاب‌برقی خرد شده و به روش تقطیر با بخارآب به مدت دو ساعت اسانس‌گیری شد. پس از این مدت، روغن اسانسی به رنگ زرد تیره و به صورت یک لایه مجزا روی آب تشکیل گردید که توسط سرنگ کاملاً تمیز از بالن ژوژه خارج و به شیشه مات منتقل شد. جداسازی و شناسایی ترکیب‌های اسانس با استفاده از دستگاه کروماتوگراف گازی (GC) (Adams, 2001) انجام گردید. دستگاه مورد استفاده، گاز کروماتوگراف شیمادزو (Shimadzu) سری A مجهز به آشکارساز یونیزاسیون توسط شعله هیدروژن (FID, Flame Ionization Detector) و داده‌پرداز (data Processor) (مینی‌کامپیوتر) Chromatopac C-R3A بود. ستون مورد استفاده، DB-5 (Dimethylpolysiloxane) که یک ستون مویینه (capillary column) و کاملاً غیرقطبی است، طول ٦۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه فاز ساکن برابر ۰/۲۵ میکرون داشت. تجزیه اسانس به روش درجه حرارت برنامه‌ریزی شده (LTPGC, Linear Temperature Programmed gas Chromatography) با دمای اولیه ٦۰ درجه سانتی‌گراد و دمای نهایی ۲٤۰ درجه سانتی‌گراد که تا دمای ۲۱۰ درجه در هر دقیقه ۳ درجه سانتی‌گراد به آن افزوده می‌شد و بعد از ۲۰۰ تا ۲٤۰ درجه با سرعت ۲۰ درجه سانتی‌گراد در دقیقه و توقف در این دما به مدت ۸/۵ دقیقه انجام شد. درجه حرارت مدخل تزریق (Injection port) و آشکارساز (Detector) به‌ترتیب ۲۸۰ و ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم و نمونه‌ها به صورت خالص (بدون اضافه کردن حلال) به حجم ۰/۱ میکرولیتر و توسط سرنگ ۱۰ میکرولیتری تزریق شدند. رقیق کردن نمونه‌ها به روش شکافتی و با نسبت شکاف (Split Ratio) برابر ۱:۱۰۰ انجام شد. گاز حامل هلیوم با درجه خلوص ۹۹/۹۹ ٪ و فشار ورودی آن به ستون برابر ۳ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع تنظیم شد. شناسایی اجزاء موجود در اسانس به کمک شاخص‌های بازداری آنها در گاز کروماتوگراف و مقایسه آنها با مقادیری که در منابع مختلف منتشر گردیده بود، تعیین

شد. محاسبات کمّی تعیین درصد هر ترکیب به کمک داده‌پرداز Chromatopac C-R3A به روش نرمال کردن سطح و نادیده گرفتن ضرایب پاسخ مربوط به طیف انجام شد.

پس از جمع‌آوری اطلاعات، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات با آزمون دانکن و همبستگی بین صفات (بر روی میانگین ۳ تکرار) با استفاده از روش پیرسون انجام شد. برای تعیین نقش هر یک از صفات اندازه‌گیری شده در ایجاد تنوع بین ژنوتیپ های مورد بررسی، از تجزیه به مؤلفه های اصلی و برای گروه‌بندی آنها از تجزیه خوشه‌ای به روش وارد (Ward) استفاده گردید. از نرم‌افزارهای SAS، SPSS و MSTATC برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد.

نتایج

براساس نتایج تجزیه واریانس، اختلاف ژنوتیپ ها برای تمام صفات مورد مطالعه در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین صفات در جدول ۲ آورده شده‌است. ژنوتیپ خارجی ۱ بیشترین عملکرد دانه، درصد اسانس و عملکرد اسانس (به‌ترتیب ۵۰۰۰ کیلوگرم در هکتار، ٦/٤٪ و ۳۵۹ کیلوگرم در هکتار) را دارا بود. در بین ژنوتیپ های ایرانی نیز ژنوتیپ لرستان بالاترین عملکرد دانه (٤۲۳۵ کیلوگرم در هکتار) و ژنوتیپ ابن‌سینا کمترین عملکرد دانه و عملکرد اسانس (به ترتیب ۲۰۱۲ و ٤۹ کیلوگرم در هکتار) را به خود اختصاص داد. بیشترین درصد آلفا-پینن، کامفن، میرسن، فلاندرن، فنکون و کامفور مربوط به ژنوتیپ خارجی ۱ و به‌ترتیب برابر با ۹/۵، ۱/۵، ۳/٤، ۱، ۳۷/۸ و ۲/۱ درصد بدست آمد. بیشترین درصد سابینن، بتا-پینن و پارا-سیمن در ژنوتیپ لرستان و به ترتیب برابر با ۱/۱، ۱/۸ و ۱۹/۹ درصد بود. بیشترین مقدار گاما-ترپینن و سیس‌آنتول در ژنوتیپ ابن‌سینا و برابر با ۳/۲۰٪ بدست آمد. ژنوتیپ اصفهان بیشترین مقدار لیمونن (۱٤/۲۰٪) را داشت. ژنوتیپ ارومیه نیز بالاترین مقادیر ۸،۱-سینئول (۱/۸٪) و متیل‌کاویکول (۵/۷٪) را به خود اختصاص داد. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که ژنوتیپ مشهد بیشترین مقدار ترانس‌آنتول را معادل ٦۹/۳۰٪ دارا بوده‌است. همچنین این ژنوتیپ فاقد ترکیب متیل‌کاویکول بود.

در جدول ۳ ضرایب همبستگی ساده پیرسون بین صفات مختلف اندازه‌گیری شده نشان داد که عملکرد اسانس در هکتار همبستگی مثبت و معنی داری با درصد اسانس، عملکرد دانه و درصد ترکیب‌های آلفا-پینن، کامفن، میرسن، فلاندرن، فنکون و کامفور و همبستگی منفی و معنی‌دار با درصد ترانس‌آنتول دارد. درصد ترانس‌آنتول نیز همبستگی منفی و معنی داری با سایر ترکیب های متشکله اسانس نشان داد، بنابراین میزان ترانس‌آنتول با افزایش سایر ترکیب‌های متشکله اسانس کاهش می‌یابد.

جدول ۱- آنالیز واریانس صفات مورد مطالعه در ۱۲ ژنوتیپ رازیانه

آلفا-پینن	کامفن	سابینن	بتا-پینن	میرسن	فلاندرن	پارا-سیمن	لیمونن	۸،۱-سینئول	گاما ترپینن	آلفا فنکون	کامفور	متیل کاویکول	سیس آنتول	ترانس آنتول
۰/٤٤	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۹	۰/۰۰۱	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۰۱	۰/۰۰٤	۰/۲٦	۰/۰۱	۰/۰۸	۰/۰۰٤	۳/۱۹
۱٦/۳٦ **	۰/۵۳ **	۰/۲۰ **	۰/۷۸ **	۱/۸۱ **	۰/۲۲ **	۹٦/٤٦ **	۳۸/۰۹ **	۱/۳۸ **	۲/۲۹ **	۱۷۳/۸۸ **	۱/۱۲ **	٦/۵۸ **	۲/۲۹ **	٤۱۰/۳٦ **
۰/۱۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰٤	۰/۰۰۱	۰/۰۲	۰/۰۰۳	۰/۱۱	۰/۰٤	۰/۰۱	۰/۰۰۳	۰/۲	۰/۰۲۳	۰/۰۷	۰/۰۰۳	۸/٤۹

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در ۱۲ ژنوتیپ رازیانه

آلفا-پینن (٪)	کامفن (٪)	سابینن (٪)	بتا-پینن (٪)	میرسن (٪)	فلاندرن (٪)	پارا-سیمن (٪)	لیمونن (٪)	۸،۱-سینئول (٪)	گاما-ترپینن (٪)	آلفا-فنکون (٪)	کامفور (٪)	متیل کاویکول (٪)	سیس آنتول (٪)	ترانس آنتول (٪)
٤/٦۰	۰/۸۰ c	۰/۹۰ b	۰/۵۰ b	۰/۵۰ f	۰/۳۰ cd	۰/٤۰ b	۱٤/۲۰ a	۱/۵۰ b	۰/۲۰ bc	۱٦/۸۰ d	۱/٤۰ b	۳/۰۰ b	۰/۲۰ c	۵۲/۸۰ c
۲/۱۰	۰/٤۰ e	ef۰/٤۰	۰/۲۰ c	۱/۵۰ de	۰/۲۰ de	۰/۲۰ b	۱۲/٤۰ b	۱/۱۰ c	۰/۲۰ bc	۱۲/٤۰ f	۱/۱۰ bc	۳/۰۰ b	۰/۲۰ c	٦۵/۲۰ ab
۱/٦۰	۰/۱۰ g	ef۰/٤۰	۰/۱۰ d	۰/۷۰ ef	۰/۱۰ ef	۰/۱۰ b	۱۲/۸۰ b	۰/۷۰ de	۳/۲۰ a	۱۰/۳۰ g	۱/۰۰ cd	۰/۲۰ c	۳/۲۰ a	٦۸/۳۰ ab
٤/۰۰	۱/۱۰ b	۱/۱۰ a	۱/۸۰ a	۲/۱۰ b	۰/۰۰ f	۱۹/۹۰ a	۲/۲۰ i	۰/۰۰ f	۰/۰۰ d	۲۰/۷۰ b	۰/۰۰ e	۳/۱۰ b	۰/۰۰ d	٤۲/۷۰ d
۱/۷۰	۰/۳۰ ef	۰/٤۰ ef	۰/۰ e	۱/۳۰ cd	۰/۲۰ de	۰/۳۰ b	۹/٤۰ d	۰/۱۰ f	۰/۳۰ b	۱۱/۵۰ f	۱/۳۰ bc	۳/۵۰ b	۰/۳۰ b	٦٦/۹۰ ab
۱/۸۰	۰/۲۰ fg	۰/٦۰ cd	۰/۱۰ d	۱/۰۰ ade	۰/۲۰ de	۰/۵۰ b	۸/۹۰ de	۱/۱۰ c	۰/۳۰ b	۱۲/٦۰ ef	۰/۷۰ d	۳/۳۰ b	۰/۳۰ b	٦۷/٤۰ ab
۱/٦۰	۰/۲۰ fg	۰/۳۰ fg	۰/۰ e	۰/۹۰ def	۰/٤۰ bc	۰/۱۰ b	۸/۱۰ f	۱/۱۰ c	۰/۳۰ b	۱۳/۵۰ e	۰/۳۰ e	۰/۰۰ c	۰/۳۰ b	٦۹/۳۰ a
۹/۵۰	۱/۵۰ a	۰/۵۰ de	۰/۵۰ b	۳/٤۰ a	۱/۰۰ a	۰/٤۰ b	٦/٤۰ g	۰/۰۰ f	۰/۲۰ bc	۳۷/۸۰ a	۲/۱۰ a	۳/۰۰ b	۰/۲۰ bc	۳۲/۳۰ e
۱/۷۰	۰/۲۰ fg	۰/۵۰ de	۰/۰ e	۰/۹۰ def	۰/۱۰ ef	۰/۳۰ b	۸/٤۰ ef	۰/۸۰ d	۰/۳۰ b	۱۱/۸۰ f	۱/۱۰ bc	۳/۲۰ b	۰/۳۰ b	٦۹/۰۰ ab
٤/۵۰	۰/٤۰ e	۰/۲۰ g	۰/۲۰ c	۱/۵۰ c	۰/۵۰ b	۰/۲۰ b	۳/٤۰ h	۰/۱۰ f	۰/۲۰ bc	۲۰/۷۰ b	۱/۲۰ bc	۲/۸۰ b	۰/۲۰ bc	٦۳/۳۰ ab
۲/۵۰	۰/٦۰ d	۰/۷۰ c	۰/۰ e	۱/۱۰ cde	۰/۰۰ f	۰/۰۰ b	۱۰/۲۰ c	۲/۲۰ a	۰/۰۰ d	۱۲/۳۰ f	۰/۰۰ e	۵/۷۰ a	۰/۰۰ d	٦۱/۵۰ b
۱/۵۰	۰/٤۰ e	۰/۳۰ fg	۰/۰ e	۱/۱۰ cde	۰/۳۰ cd	۰/٤۰ b	۹/۱۰ d	۰/۵۰ e	۰/۱۰ cd	۱۸/٦۰ c	۱/۲۰ bc	۲/۹۰ b	۰/۱۰ cd	٦۳/۰۰ ab

معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ دارند (آزمون دانکن).

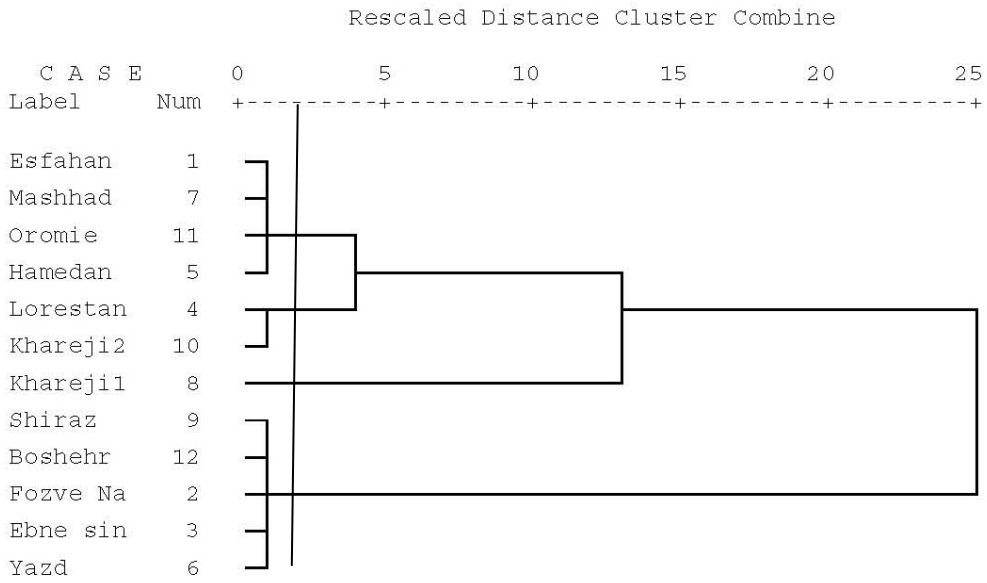
جدول ۳- همبستگی صفات مورد مطالعه در ۱۲ ژنوتیپ رازیانه

آلفا-پینن (٪)	کامفن (٪)	سابینن (٪)	بتا-پینن (٪)	میرسن (٪)	فلاندرن (٪)	پارا سیمن (٪)	لیمونن (٪)	۱،۸- سینئول (٪)	گاما- ترپینن(٪)	آلفا- فنکون (٪)	کامفور (٪)	متیل کاویکول (٪)	سیس آنتول (٪)
۰/۸۸ **													
۰/۲۱	۰/۵۳												
۰/٤۱	۰/٦٥ *	۰/۷٥ **											
۰/۸۲ **	۰/۸۱ **	۰/۱۰	۰/٤٥										
۰/۷۷ **	۰/٥۱	-۰/۳٥	۰/۰۷	۰/٦٦ **									
۰/۱۲	۰/٤٤	۰/٦۹ **	۰/۹۳ **	۰/۳۳	-۰/۳۰								
-۰/۳۳	-۰/۳۷	-۰/۰٦	-۰/٥۱	-۰/٦۲ *	-۰/۲۲	-۰/٥۸ *							
-۰/۳٥	-۰/۲۷	۰/۱۹	-۰/۳۷	-۰/٥۹ *	-۰/٤۰	-۰/۳٦	۰/٦۲ *						
۰/٥۱	۰/۲۳	-۰/۳۷	-۰/۲٤	۰/۳۲	۰/۷۰ **	-۰/٤۷	۰/۱۹	-۰/٤۱					
۰/۹۳ **	۰/۸٦ **	۰/۰۸	۰/۳۹	۰/۸۹ **	۰/۸۲ **	۰/۱۷	-۰/٤۸	-۰/٥۰	۰/٥۰				
۰/٦۸	۰/٥۰	-۰/۲۸	-۰/۱۷	۰/٥٥	۸٥۰ **	-۰/۳۸	-۰/۱۲	-۰/۲۰	۰/٦۰ *	۰/۷۱ **			
۰/۱٤	۰/۳۱	۰/۳۷	۰/۰٦	۰/۱۷	-۰/۱۷	۰/۰٦	-۰/۰۸	۰/۲٦	-۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۱۸		
-۰/۲۱	-۰/۳٥	-۰/۲۱	-۰/۱۷	-۰/۲٦	-۰/۱٦	-۰/۱٦	۰/۳۷	-۰/۰٤	۰/۰۷	-۰/۲۸	-۰/۳۷	-۰/٦۰ *	
-۰/۸۹ **	-۰/۹۸ **	-۰/٥۲	-۰/٦۹ **	-۰/۸۲ **	-۰/٥۲	-۰/٤۷	۰/۳۷	۰/۳٥	-۰/۱٤	-۰/۸۷	-۰/٤٦ **	۰/۲۲	۰/۱٤

با توجه به وجود تنوع میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی، برای تعیین نقش هر یک از صفات در تنوع موجود تجزیه به مؤلفه‌های اصلی انجام شد. نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی صفات مورد مطالعه در جدول ٤ آمده‌است. مقادیر واریانس توجیه شده مؤلفه‌های ۱ تا ٤ به‌ترتیب ٤٤، ۲۱، ١٤ و ۱۱ درصد و در مجموع ۹۰٪ از کل واریانس متغیرها را تبیین کرد. ضرایب بردارهای ویژه در مؤلفه اول نشان داد که صفات عملکرد دانه، درصد و عملکرد اسانس و درصد ترکیب‌های آلفا-پینن، کامفن، میرسن، فلاندرن، گاما-ترپینن، آلفا-فنکون، کامفور و ترانس آنتول عمده‌ترین نقش را در تشکیل این مؤلفه داشته‌اند. در مؤلفه دوم صفات درصد سابینن، بتا-پینن و پارا-سیمن دارای ضرایب بردار ویژه بیشتری بودند. در مؤلفه سوم صفات درصد لیمونن و ۸،۱-سینئول و در مؤلفه چهارم صفات درصد متیل‌کاویکول و سیس‌آنتول بیشترین اهمیت را در تبیین این مؤلفه‌ها دارا بودند.

جدول ٤- مقادیر ویژه، درصد واریانس و ضرایب بردارهای ویژه چهار مؤلفه اول، دوم، سوم و چهارم در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی براساس صفات مورد مطالعه در ۱۲ ژنوتیپ رازیانه

صفات	مؤلفه اول	مؤلفه دوم	مؤلفه سوم	مؤلفه چهارم
عملکرد دانه (kg/ha)	۰/۷۷	۰/۲٦	۰/۳۹	۰/۲٤
درصد اسانس	۰/۸۸	-۰/۰۹	۰/۱٤	۰/۰۳
عملکرد اسانس (kg/ha)	۰/۹٤	۰/۰۰۸	۰/۲۰	۰/۰۷
آلفا-پینن	۰/۹۳	۰/۳۱	۰/۰۵	۰/۰٦
کامفن	۰/۷۳	۰/٦۲	۰/۰٦	۰/۲۱
سابینن	-۰/۰۹	۰/۹۲	-۰/۲۰	۰/۲۳
بتا-پینن	۰/۱۰	۰/۹۱	۰/۳۵	-۰/۰۰۹
میرسن	۰/۷۷	۰/۲۸	۰/٤٤	۰/۱۱
فلاندرن	۰/۹۱	-۰/۲۵	۰/۱۳	-۰/۰۷
پارا-سیمن	-۰/۱۷	۰/۸٤	۰/٤۹	۰/۰۳
لیمونن	-۰/۱۹	-۰/۲۱	-۰/۸۹	-۰/۲۲
۸،۱-سینئول	-۰/۳۵	-۰/۰۵	-۰/۷۵	۰/۳۳
گاما-ترپینن	۰/۷۰	-۰/۳۳	-۰/۱۵	-۰/۲٦
فنکون	۰/۹۱	۰/۲۳	۰/۲٦	۰/۰۵
کامفور	۰/۸٤	-۰/۳۰	-۰/۰۱	۰/۲۷
متیل‌کاویکول	۰/۰٦	۰/۱٦	-۰/۱۷	۰/۸٤
سیس‌آنتول	-۰/۱٤	-۰/۰۵	-۰/۲۱	-۰/۸۷
ترانس‌آنتول	-۰/۷٤	-۰/٦٤	-۰/۰۹	-۰/۱۰
مقادیر ویژه	۷/۹۳	۳/۸٦	۲/٤۱	۱/۹۸
درصد واریانس	٤٤/۰۱	۲۱/٤۷	۱۳/٤۳	۱۱/۰٤
درصد واریانس تجمعی	٤٤/۱۰	٦۵/۵۸	۷۹/۰۱	۹۰/۰٦



شکل ۱- نمودار حاصل از تجزیه خوشه‌ای به روش Ward ۱۲ ژنوتیپ رازیانه بر مبنای ۱۸ صفت

برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها، تجزیه خوشه‌ای به روش Ward بر روی صفات مورد مطالعه انجام شد. با برش نمودار در فاصله ژنتیکی ۲/۵، ژنوتیپ‌ها در ٤ خوشه قرار گرفتند (شکل ۱).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین خوشه ها نشان داد که در میان خوشه‌ها اختلاف معنی‌داری از لحاظ اغلب صفات وجود دارد (جدول ۵). در خوشه شماره یک، ٤ ژنوتیپ داخلی شامل ژنوتیپ های اصفهان، همدان، مشهد و ارومیه قرار گرفتند که دارای عملکرد دانه، عملکرد اسانس و درصد آلفا-پینن متوسط و کامفن و گاما-ترپینن پایینی بودند، ولی میزان ترانس‌آنتول و لیمونن آنها بالا بود. در خوشه شماره دو، ۲ ژنوتیپ لرستان و خارجی ۲ قرار گرفتند که عملکرد اسانس و دانه و درصد آلفا-پینن و کامفن نسبتاً بالا داشته و میزان ترانس‌آنتول آنا در حد متوسطی نسبت به سایر گروه‌ها بود. در خوشه شماره سه، ژنوتیپ خارجی ۳ قرار گرفت که عملکرد اسانس، عملکرد دانه، درصد اسانس، درصد آلفا-پینن، میرسن، فلاندرن، کامفن، فنکون، کامفور و گاما-ترپینن بالا و ترانس‌آنتول پایین داشت و پنج ژنوتیپ شیراز، بوشهر، فزوه نجف‌آباد، ابن‌سینا و یزد در خوشه شماره چهار قرار گرفتند که عملکرد اسانس و دانه، درصد آلفا-پینن و کامفن پایین، گاما-ترپینن متوسط و لیمونن و ترانس‌آنتول بالا داشتند.

جدول ۵- تعداد خوشه، تعداد جمعیت و میانگین صفات مورد مطالعه در هر یک از خوشه‌ها

شماره گروه	تعداد جمعیت	عملکرد دانه (kg/ha)	درصد اسانس	عملکرد اسانس (kg/ha)	آلفا-پینن (٪)	کامفن (٪)	سابینن (٪)	بتا-پینن (٪)	میرسن (٪)
۱	٤	۳۳۷٦/٥۰ c	۲/۰۸ b	٦۹/٥٦ bc	۲/٦۰ bc	۰/٤۷ b	۰/٥۷ a	۰/۱۲ a	۰/۹٥ b
۲	۲	٤۲٥۳/٦۰ b	۳/۲۱ b	۱۳۷/۰۷ b	٤/۲٥ b	۰/۷٥ ab	۰/٦٥ a	۱/۰۰ a	۱/۸۰ b
۳	۱	٥٦۱۲/۸۰ a	٦/٤۰ a	۳٥۹/۲۲ a	۹/٥۰ a	۱/٥۰ a	۰/٥۰ a	۰/٥۰ a	۳/٤۰ a
٤	٥	۲٤۱۳/٥۰ d	۲/۱۹ b	٥۲/٦۸ c	۱/۷٤ c	۰/۲٤ b	۰/٤٤ a	۰/۰۸ a	۰/۹٤ b

ادامه جدول ۵

شماره گروه	فلاندرن (٪)	پارا-سیمن (٪)	لیمونن (٪)	۱،۸- سینئول (٪)	گاماترپینن (٪)	آلفا-فنکون (٪)	کامفور (٪)	متیل کاویکول (٪)	سیس‌آنتول (٪)	ترانس آنتول (٪)
۱	۰/۲۲ b	۰/۲۰ a	۱۰/٤۷ a	۱/۲۲ a	۰/۷٥ b	۱۳/٥۲ b	۰/۳٥ ab	۳/۰٥ a	۰/۲۰ a	٦۲/٦۲ a
۲	۰/۲٥ b	۱۰/۰٥ a	۲/۸۰ b	۰/۰٥ a	۰/٦۰ b	۲۰/۷۰ b	۰/۲٥ ab	۲/۹٥ a	۰/۱۰ a	٥۳/۰۰ ab
۳	۱/۰۰ a	۰/٤۰ a	٦/٤۰ ab	۰/۰۰ a	۲/۱۰ a	۳۷/۸۰ a	۰/۸۰ a	۳/۰۰ a	۰/۲۰ a	۳/۳۰ b
٤	۰/۱۸ b	۰/۳۰ a	۱۰/۳۲ a	۰/۸٤ a	۱/۰۲ ab	۱۳/۱٤ b	۰/۱٦ b	۲/٥۲ a	۰/۸۲ a	٦٥/٥٦ a

میانگین‌های دارای حروف غیر مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ دارند (آزمون دانکن).

بحث

تفاوت آماری معنی دار صفات مورد مطالعه رازیانه در این تحقیق حکایت از آن دارد که ژنوتیپ های مورد مطالعه تنوع ژنتیکی کافی برای صفات مختلف ازجمله عملکرد دانه، عملکرد اسانس، درصد اسانس و ترکیب‌های متشکله اسانس را دارا بوده‌اند. بنابراین می‌توان از میان آنها، ژنوتیپ های با صفات شاخص را انتخاب و در کارهای اصلاحی استفاده نمود. محققان نیز تنوع قابل‌ملاحظه ای را در ژرم‌پلاسم رازیانه گزارش نموده‌اند (Morales *et al.*, 1993؛ Bernath *et al.*, 1996؛ Shanmugavelu *et al.*, 2002). تحقیقات نشان داده‌است که عملکرد بذر رازیانه متفاوت می‌باشد و بستگی به ژنوتیپ و شرایط اقلیمی محل رویش دارد. معمولاً عملکرد رازیانه در سال اول ۰/٤ تا ۰/٦، در سال دوم ۱ تا ۲ و در سال سوم ۰/٦ تا ۱/۵ تن در هکتار است (شریفی عاشورآبادی و همکاران، ۱۳۸۲؛ امیدبیگی و همکاران، ۱۳۸٤). اکبری‌نیا و همکاران (۱۳۸٤) عملکرد رازیانه را ۱۷۰۳ کیلوگرم در هکتار و Najafi Ashtiani و Lebaschi (۲۰۰٦) عملکرد رازیانه در شرایط دیم را ۱۵۲۷ کیلوگرم در هکتار گزارش نموده‌اند. در این تحقیق ژنوتیپ های خارجی با تولید ٤ تا ۵ تن در هکتار بذر، عملکرد بالایی داشتند که می‌توانند برای کشت در کشور معرفی شوند. تحقیقات نشان داده‌است که مواد تشکیل‌دهنده اسانس تحت تأثیر ژنوتیپ، مرحله تکوینی، تکاملی، رشد و نمو گیاه و همچنین شرایط محیط قرار دارد. همچنین مقدار و ترکیب شیمیایی اسانس برحسب واریته گیاه و منشأ آن کاملاً متغیر است (Marotti *et al.*, 1993). Bernath و همکاران (۱۹۹٦) با بررسی اسانس ۳٤ توده رازیانه، میزان اسانس بذر آنها را از ۲/۰۱٪ تا ٦/۰۱٪ و Pank و همکاران (۲۰۰۳) میانگین مقدار اسانس موجود در ۲۳۳ جمعیت رازیانه را حداقل ۰/٤٦٪ و حداکثر ۱۲/۱٤٪ گزارش نموده‌اند. این محققان همچنین بیان نمودند که با بلوغ و رسیدگی کامل بذرها، کاهش شدیدی در میزان اسانس آنها مشاهده می‌شود. موحدیان و معطر (۱۳۷٦) میزان اسانس بذر رازیانه را ٤٪ و امیدبیگی (۱۳۷٦) ٦-۲٪ گزارش نموده‌اند. در بعضی منابع، اسانس دانه های گیاه ٦-۲/۵٪ اعلام شده که اساساً از آنتول، استراگول، فنکون و کربورهای‌ترپنیک تشکیل شده‌است (Delgo, 1984). در این تحقیق نیز دامنه تغییرات اسانس از ۱/۸٦ تا ٦/٤ برآورد شد که محدوده آن با گزارشهای ارائه شده همسویی دارد. از آنجایی که ژنوتیپ ها در یک مکان مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند، بنابراین می‌توان گفت که تفاوت کمّی و کیفی اسانس مشاهده شده ناشی از تفاوت ساختار ژنتیکی ژنوتیپ‌های مورد استفاده باشد.

در این تحقیق همبستگی صفات نشان داد که با افزایش عملکرد بذر رازیانه، افزایش درصد و عملکرد اسانس رخ خواهد داد. تحقیق احسانی‌پور (۱۳۸۸) نیز بر روی ٤ ژنوتیپ رازیانه همبستگی مثبت و معنی داری بین عملکرد دانه و درصد اسانس نشان داده‌است. از طرفی با افزایش ترکیب های اصلی اسانس میزان ترانس‌آنتول کاهش می‌یابد.

نتایج تجزیه خوشه‌ای نشان داد که ژنوتیپ‌های خوشه شماره ۳ دارای بیشترین عملکرد بذر و اسانس و ترکیب‌های اصلی اسانس بجز آنتول بودند و جمعیت‌های خوشه شماره ٤ درصد آنتول بالا داشتند. بنابراین می‌توان با انجام تلاقی بین ژنوتیپ‌های برتر خوشه‌های مختلف و آزمون نتاج آنها از طریق برنامه های به‌نژادی و انتخاب، نسبت به تولید ارقام با خصوصیات مطلوب اقدام نمود.

قاسمی دهکردی (۱۳۸۱) ترکیب‌های عمده موجود در اسانس رازیانه را ترانس‌آنتول، فنکون، متیل‌کاویکول (استراگول) و مقادیری آلفا-پینن، لیمونن، میرسن، کامفن، پارا-سیمن و ترپینن اعلام نموده‌است. Akgul و Bayrak (۱۹۸۸) نیز عمده‌ترین ترکیب‌های معطر بذر رازیانه را فنکون و ترانس‌آنتول گزارش نمودند. در گزارشی دیگر، مقادیر ترانس‌آنتول از ۷۵/۶۸٪ تا ۶۸/۵۲٪، فنکون از ۱/۰۵٪ تا ۲/۸٪، ترپینن از ۰/۸۶٪ تا ۱/۵۷٪ و آلفا-پینن از ۰/۴۷٪ تا ۱/۱۶٪ اعلام شده‌است (Akgul, 1986). Pank و همکاران (۲۰۰۳) میانگین آنتول بدست آمده از بذر رازیانه را ۶۶/۵٪، فنکون ۱۵/۴٪ و استراگول ۱۰/۲٪ گزارش نمودند. در این مطالعه میزان آنتول ژنوتیپ ها از ۴۲/۷٪ تا ۶۹/۳٪، فنکون از ۱۰/۳٪ تا ۲۰/۷٪ و لیمونن از ۲/۲٪ تا ۱۴/۲٪ متغیر بود. این نتایج با نتایج حاصل از تحقیقات انجام شده مطابقت دارد. Fang و همکاران (۲۰۰۶) در تحقیقی ترکیب های عمده اسانس رازیانه را لیمونن (۲/۰۲٪)، گاما-ترپینن (۰/۸۲٪)، فنکون (۵/۴۹٪)، استراگول (۶/۱٪)، ترانس‌آنتول (۶۶/۷۱٪) و ۴-متیل‌بنزآلدهید (۵/۶۸٪) گزارش نموده‌اند. Singh و همکاران (۲۰۰۶) اصلی‌ترین ترکیب اسانس رازیانه را آنتول با ۷۰/۱٪ گزارش نموده‌اند. Mimica-Dukić و همکاران (۲۰۰۳) نیز ترانس‌آنتول و فنکون را اصلی‌ترین ترکیب های اسانس رازیانه معرفی کرده‌اند. از آنجا که درصد اسانس و ترکیب مواد متشکله آن بر حسب محل رویش گیاه (Bernath *et al.*, 1996) و واریته‌های مختلف آن متفاوت است، ازاین‌رو تفاوت موجود بین نتایج بدست‌آمده و نتایج بعضی محققان منطقی می‌باشد. در این تحقیق ژنوتیپ مشهد فاقد ترکیب استراگول بوده و از آنجا که استراگول به عنوان یک ماده مضر شناخته شده و موجب بروز سرطان، به‌ویژه سرطان کبد می‌گردد همواره سعی می‌شود رازیانه‌های اصلاحی تا حد امکان استراگول کمتری داشته باشند، بنابراین ژنوتیپ مشهد به علت نداشتن این ترکیب می‌تواند به‌عنوان یک والد در برنامه‌های اصلاحی استفاده گردد. Pank و همکاران (۲۰۰۳) در تحقیقی نشان دادند که با افزایش میزان استراگول مقدار آنتول کاهش می‌یابد که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. Piccaglia و Marotti (۲۰۰۱) در مطالعه اسانس نمونه‌های وحشی رازیانه ایتالیا ۵ شیمیوتایپ را به اثبات رساندند؛گروه اول: آلفا-فلاندرن، متیل‌کاویکول و ترانس‌آنتول، گروه دوم: آلفا-پینن، لیمونن و ترانس‌آنتول، گروه سوم:متیل‌کاویکول و آلفا-فلاندرن و گروه چهارم: آلفا-فلاندرن. آنالیز خوشه ای اسانس سه جمعیت بومی رازیانه در فلسطین اشغالی نیز وجود دو شیمیوتایپ ترانس‌آنتول و استراگول را در این جمعیت‌ها نشان داد (Barazani *et al.*, 2002). Bernath و همکاران (۱۹۹۶) در مطالعه‌ای که بر روی ۱۳ واریته رازیانه انجام دادند سه شیمیوتایپ مجزا را گزارش کردند که شامل شیمیوتایپ غنی از فنکون، شیمیوتایپ غنی از متیل‌کاویکول و شیمیوتایپ غنی از آنتول بود. نتایج این تحقیق نیز چهار شیمیوتایپ را گزارش نمود که بیان‌کننده پتانسیل ژنتیکی مناسب در ترکیب‌های مجموعه مورد ارزیابی می‌باشد. فاصله اقلیدسی بیانگر فاصله ژنتیکی بین افراد است، بنابراین در این مجموعه برای اینکه بتوانیم حداکثر هتروزیس را ایجاد کرده و ترکیب‌های جدید را به‌وجود آورد باید ژنوتیپ هایی که حداکثر فاصله اقلیدسی را از هم دارند با هم تلاقی داده شوند. بررسی ترکیب های شیمیایی همه ژنوتیپ‌های مورد بررسی نشان داد که میزان ترکیب

ترانس‌آنتول در ژرم‌پلاسم جمع آوری شده از ایران ترکیب غالب را تشکیل داده‌است. همچنین وجود ژنوتیپ هایی از مناطق مختلف در درون یک خوشه بیان‌کننده اینست که تنوع ژنتیکی با توزیع جغرافیایی رابطه‌ای ندارد که این می‌تواند بدین دلیل باشد که امروزه مواد ژنتیکی به راحتی توسط انسان از یک نقطه به نقطه دیگر برده شده و مورد کشت و کار قرار می‌گیرد.

در مجموع، نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه اختلاف های قابل توجهی از نظر کلیه صفات مورد بررسی و به‌ویژه صفات مهمی مانند عملکرد بذر، درصد اسانس، عملکرد اسانس و درصد ترکیب های اصلی اسانس مانند ترانس‌آنتول، آلفا-پینن و فنکون داشتند. بنابراین پیشنهاد می‌گردد که در برنامه‌های به‌نژادی آینده از طریق تلاقی بین ژنوتیپ‌های برتر و آزمون نتاج و انتخاب، نسبت به تولید ارقام با اسانس دارای کیفیت مطلوب و عملکرد بالا اقدام نمود.

منابع مورد استفاده

- احسانی‌پور، ع.، ۱۳۸۸. تأثیر مقادیر مختلف نیتروژن بر عملکرد، ترکیبات شیمیایی و اسانس توده‌های مختلف رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.). پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- اکبری‌نیا، ا.، خسروی‌فرد، م.، رضایی، م.ب. و شریفی عاشورآبادی، ا.، ۱۳۸٤. مقایسه کشت پاییزه و بهاره رازیانه، زنیان، انیسون و سیاه‌دانه در شرایط فاریاب و دیم. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۱(۳): ۳۳٤-۳۱۹.
- امیدبیگی، ر.، ۱۳۷٦. رهیافتهای تولید و فرآوری گیاهان دارویی (جلد دوم). انتشارات طراحان نشر، تهران، ٤۲٤ صفحه.
- امیدبیگی، ر.، صدرایی منجیلی، ک. و سفیدکن، ف.، ۱۳۸٤. اثر تاریخ کاشت بر عملکردهای کمّی و کیفی گیاه *Foeniculum vulgare* cv. Soroksari. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۱(٤): ٤۷۹-٤٦٥.
- جایمند، ک. و رضایی، م.ب.، ۱۳۸۰. اسانس و دستگاههای اسانس‌گیری. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۱: ۱٤۷-۷۹.
- درزی، م.ت. و حاج سید هادی، م.، ۱۳٦۰. آشنایی با گیاه دارویی رازیانه. زیتون، ۱۵۰: ۵۷-۵۵.
- شریفی عاشورآبادی، ا.، متین، ا. و عباس‌زاده، ب.، ۱۳۸۲. تأثیر کودهای آلی و شیمیایی بر قابلیت جذب و کارایی نیتروژن در گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۱۹(۳): ۳۲۹-۳۱۳.
- قاسمی دهکردی، ن.، ۱۳۸۱. فارماکوپه گیاهی ایران. انتشارات وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، معاونت غذا و دارو، ۳۹٦ صفحه.
- موحدیان، ا.ح. و معطر، ف.، ۱۳۷٦. بررسی کاشت، داشت و برداشت ۳ گیاه دارویی اسانس‌دار در منطقه اصفهان. چکیده مقالات اولین سمینار گیاهان دارویی و صنعت، شیراز، اردیبهشت ماه: ۲۳۸.
- Adams, R.P., 2001. Identification of Essential Oil components by Gas Chromatography/Mass Spectroscopy. Allured Publishing Crop, USA, 750p.
- Akgul, A. and Bayrak, A., 1988. Comparative volatile oil composition of various parts from Turkish bitter fennel (*Foeniculum vulgare* Mill. var *vulgare*). Food Chemistry, 30(4): 319-323.
- Akgul, A., 1986. Studies on the essential oils from Turkish fennel (*Foeniculum vulgare* Mill. var dulce): 487-489. In: Brunke, E.J., (Ed.). Progress in Essential Oil Research, edited by. Walter de Guuyter, Berlin, 668p.
- Barazani, O., Cohen, Y., Fait, A., Diminshtein, S., Dudai, N., Ravid, U., Putievsky, E. and Friedman, J., 2002. Chemotypic differentiation in indigenous populations of *Foeniculum vulgare* var vulgare in Israel. Biochemical Systematic and Ecology, 30(8): 721-731.
- Bernath, J., Kattaa, A., Nemeth, E. and Franke, R., 1996. Production biological investigation of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) populations of different genotype. Congress on Cultivation and Improvement of Medicinal and Aromatic Plants, Trento, Italy, 2-3 June 1994: 287-292.
- Charles, D.J., Morales, M.R. and Janick, J., 1993. Progress in new crops. Proceedings of the Second National Symposium, Indiana, 6-9 October: 579.
- De Marino, S., Gala, F., Borbone, N., Zollo, F., Vitalini, S., Visioli, F. and Iorizzi, M., 2007. Phenolic glycosides from *Foeniculum vulgare* fruit and evaluation of antioxidative activity. Phytochemistry, 68: 1805-1812.

- Delgo, A., 1984. Mystries of plants. Translated by Nasrin Yavari, Scientific and cultural publishing, 209p.
- El-Wahab, M.A.A., 2006. The efficiency of using saline and fresh water irrigation as alternating methods of irrigation on the productivity of *Foeniculum vulgare* Mill. subsp. *vulgare* var. *vulgare* under North Sinai conditions. Research Journal of Agriculture and Biological Science, 2(6): 571-577.
- Embong, M.B., Hadziye V.D. and Molnar, S., 1977. Essential oil from spices grown in Alberta fennel oil (*Foeniculum vulgare* var. Dulce). Canadian Journal of Plant Science, 57(3): 829-837.
- Fang, L., Qi, M., Li, T., Shao, Q. and Eu, R., 2006. Headspace solvent microextraction-gas chromatography-mass spectrometry for the analysis of volatile compounds from *Foeniculum vulgare* Mill. Pharmaceutical and Biomedical analysis, 41(3): 791-797.
- Kandil, M.A.M.H., 2002. The Effect of Fertilizers for Conventional and Organic Farming on Yield and Oil Quality of Fennel (*Foeniculum vulgare*) in Egypt. Fal, 166p.
- Marotti, M., Dellacecca, V., Piccaglia, R. and Glovanelli, E., 1993. Agronomic and chemical evaluation of three varieties of *Foeniculum vulgare*. Acta Horticulture, 31: 63-69.
- Mimica-Dukić, N., Kujundzic, S., Sokovic, M. and Coaladis, N., 2003. Essential oil composition and antifungal activity of *Foeniculum vulgare* Mill. obtained by different distillation conditions. Phytotherapy Research, 17(4): 368-371.
- Morales, M.R., Charles, D.J. and Simon, J.E., 1993. Fennel: A new specialty vegetable for the fresh market: 576-579. In: Janick, J. and Simon, J.E., (Eds.). New Crops: Exploration, Research, Commercialization. John Wiley & Sons, New York, 710p.
- Moura, L.S., Carvalho Jr, R.N., Stefanini, M.B., Ming, L.C. and Meireles, M.A.A., 2005. Supercritical fluid extraction from fennel (*Foeniculum vulgare*) global yield, composition and kinetic data. The Journal of Supercritical Flouids, 35(3): 212-219.
- Najafi Ashtiani, A. and Lebaschi, M.H., 2006. Evaluation the seed yield of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) in different orients slopes of Damavand region. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 22(1): 17-21.
- Pank, F., Schneider, E. and Krüger, H., 2003. Possibilities and limitations of estragole content reduction of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and its preparations. Z. Arznei-u. Gewurzpflanzen, 8: 165-172.
- Piccaglia, R. and Marotti, M., 2001. Characterization of some Italian types of wild fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Journal of Agriculture and Food chemistry, 49(1): 239-244.
- Rechinger, K.H., 1986. Flora Iranica: Umbelliferae (Volume 162). Akademische Druck-u. Verlagsanstatlt, 499p.
- Shanmugavelu, K.G., Kumar, N. and Peter, K.V., 2002. Production Technology of Spices and Plantation Crops. Agrobios India, 580p.
- Singh, G., Maurya, S., de Lampasona, M.P. and Catalan, C., 2006. Chemical constituent, antifungal and antioxidative potential of *Foeniculum vulgare* volatile oil and its acetone extract. Food Control, 17(9): 745-752.
- Zaki, M.F., Habib, H.A.M., El-Samad, E.H.A. and Lashine, Z.A., 2011. Effect of different sources and rates of phosphorus on vegetative growth, antioxidant and mineral contents of two sweet fennel cultivars. European Journal of Scientific Research, 51(4): 499-511.

Correlation relationships and path coefficient analysis between essential oil and essential oil components in 12 genotypes of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.)

L. Safaei[1*], D. Afiuni[2] and H. Zeinali[2]

1*- Corresponding author, Research Center for Agriculture and Natural Resources, Esfahan, Iran
E-mail: safaii2000@yahoo.com
2- Research Center for Agriculture and Natural Resources, Esfahan, Iran

Received: January 2011 Revised: September 2011 Accepted: October 2011

Abstract

To study correlations between essential oil and essential oil components and determining the role of these traits in variation among 12 genotypes of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.), an experiment was conducted in a randomized complete blocks design with 3 replications at Fozveh Research Station of Esfahan. The studied traits included seed yield, essential oil percentage, oil yield and oil components. Results of analysis of variance showed significant differences among the genotypes for all traits. Correlation coefficients showed that essential oil yield had a positive significant correlation with essential oil percentage, seed yield, and the percentage of α-pinene, camphene, myrcene, phlandrene, fenchone and camphor. In principal component analysis, the first four components could justify 90% of the total variation. Seed yield, essential oil percentage and yield, and the percentage of α-pinene, camphene, myrcene, phlandrene, fenchone, γ-terpinene, E-anetole and camphor had a major role in explaining the first component. In the second component, sabinene, Beta pinene and p-cymene were more important whereas limonene and 1,8-cineole in the third component and methyl cavichol and cis-anethol in the forth component had more importance. Based on the cluster analysis, genotypes of fennel were classified into 4 groups which had noticeable differences, especially for seed yield, essential oil percentage, essential oil yield, and the percentage of α-pinene, fenchone and E-anetole. Consequently, crossing between superior genotypes of different clusters and testing their progeny through breeding and selection programs may result in production of cultivars with desirable essential oil quality.

Key words: *Foeniculum vulgare* Mill., essential oil, essential oil components, yield.