

## ارزیابی تنوع ژنتیکی جمعیت‌های بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) از نظر صفات زراعی، بازده اسانس و غلظت سیترال

محمدحسن رحیمی<sup>۱\*</sup>، سعید اهری‌زاد<sup>۲</sup> و ناصر محب‌علی‌پور<sup>۳</sup>

۱- نویسنده مسئول مکاتبات، دانش‌آموخته دکترای تخصصی، گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد

پست الکترونیک: moh124000@gmail.com

۲- استاد، گروه به‌نژادی و بیوتکنولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز

۳- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد میانه، میانه

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۷/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۱۲

### چکیده

بادرنجبویه به‌عنوان یک گیاه دارویی ارزشمند در درمان و تسکین بیماری‌ها کاربرد فراوانی داشته و شناخت کافی از تنوع ژنتیکی و طبقه‌بندی آن به‌منظور انتخاب ژنوتیپ‌های مناسب برای اهداف به‌نژادی، ضروری به‌نظر می‌رسد. از این‌رو، این تحقیق به‌منظور بررسی تنوع ژنتیکی و روابط بین صفات در ۱۱ جمعیت بادرنجبویه شامل نه جمعیت ایرانی و دو جمعیت خارجی با استفاده از طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار طی سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه تبریز انجام شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس، بیانگر وجود تنوع ژنتیکی معنی‌دار از نظر اغلب صفات مورد مطالعه بود. بررسی پارامترهای ژنتیکی نشان داد که صفات درصد و عملکرد اسانس، تعداد ساقه در بوته و وزن تر ساقه و غلظت سیترال در بوته بالاترین مقادیر مربوط به پیشرفت ژنتیکی، ضرایب تنوع ژنتیکی و فنوتیپی را داشتند و بیشترین میزان وراثت‌پذیری عمومی به‌وزن تر ساقه در بوته ( $h^2=0/71$ )، درصد اسانس ( $h^2=0/65$ ) و تعداد ساقه در بوته ( $h^2=0/58$ ) مشاهده شد. جمعیت اردبیل از نظر غلظت سیترال، درصد و عملکرد اسانس در زمره جمعیت‌های برتر قرار داشت. تجزیه همبستگی نشانگر رابطه مثبت و معنی‌دار عملکرد اسانس با شاخص کلروفیل، طول و عرض برگ و درصد اسانس و همچنین همبستگی منفی و معنی‌دار با تعداد گره بود. در تجزیه به‌عامل‌ها بر مبنای مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک به‌روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، پنج عامل تعیین شد که در مجموع ۸۷/۴۰ درصد از تغییرات کل را تبیین کردند. تجزیه خوشه‌ای جمعیت‌های مورد مطالعه را در سه گروه قرار داد. با توجه به تنوع مشاهده شده در این پژوهش، امکان انتخاب جمعیت‌های مطلوب و استفاده از آنها در برنامه‌های به‌نژادی مرتبط با بهبود صفات زراعی و اسانس وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: اسانس، بادرنجبویه، تنوع ژنتیکی، صفات زراعی.

### مقدمه

است که در دهه‌های اخیر صدها هکتار از زمین‌های زراعی در کشورهای توسعه‌یافته به کشت گیاهان دارویی اختصاص یابد (Tomlinson & Akerele, 2015). امروزه دیدگاه‌های

عوارض جانبی داروهای شیمیایی، الزامات زیست‌محیطی و گرایش تدریجی به گیاه‌درمانی سبب شده

آنجایی که این صفات همیشه در معرض گزینش (طبیعی یا مصنوعی) قرار دارند، در نتیجه ژن‌های کنترل‌کننده آنها اغلب برای واریته‌های مورد کشت، سودمند هستند. ارزیابی صفات مورفولوژیک تکنیک ساده‌ای را به منظور کمی‌سازی تغییرات ژنتیکی مهیا کرده و در پی آن کارایی ژنوتیپ‌های مورد بررسی را تحت شرایط مورد نظر ارزیابی می‌کنند (Fufa et al., 2005). در این راستا، روش‌های آماری چندمتغیره که به طور همزمان از اطلاعات مرتبط با چندین صفت در کلیه افراد استفاده می‌کنند، به طور وسیعی در تجزیه و تحلیل تنوع ژنتیکی جمعیت‌ها و اکوتیپ‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند (Abdoshahi, 2014). در این میان، روش‌های تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به‌عامل‌ها به صورت گسترده در بیان و تشریح تنوع ژنتیکی کاربرد دارند (Farshadfar, 2010).

بر اساس مطالعات انجام شده، مطالعات زیادی در رابطه با ارزیابی تنوع ژنتیکی جمعیت‌ها و توده‌های بادرنجبویه گزارش نشده است. از آن جمله می‌توان به پژوهش Osman Sari و Ceylan (۲۰۰۲) اشاره کرد که در بررسی ۱۱ جمعیت مختلف بادرنجبویه از مناطق مختلف ترکیه و کشورهای اروپایی بیان کردند که تنوع زیادی بین جمعیت‌ها از نظر عملکرد و صفات کیفی وجود دارد. در همین رابطه Patora و همکاران (۲۰۰۳) تنوع بالایی از نظر درصد اسانس با دامنه (۰/۰۶ تا ۰/۲۵ درصد) را در ۱۶ جمعیت بادرنجبویه جمع‌آوری شده از مناطق مختلف لهستان، گزارش کردند. همچنین Brezovac و همکاران (۲۰۰۵) در مطالعه شش جمعیت جمع‌آوری شده از استرالیا، کرواسی، آلمان و هلند بیان کردند که بین صفات کمی مانند ارتفاع بوته و تعداد ساقه در بوته تنوع قابل ملاحظه‌ای در بین جمعیت‌ها وجود دارد. پژوهش انجام شده توسط Talle و همکاران (۲۰۱۲) نیز حکایت از وجود تنوع بالا بین شش جمعیت بادرنجبویه از نظر صفات مورفولوژیک شامل وزن خشک برگ در بوته و ساقه، عملکرد زیستی، درصد و عملکرد اسانس داشت. ضمن اینکه Madani و Fotukian (۲۰۱۴) تنوع بالایی را از نظر وزن آماس برگ، وزن تر ساقه و ریشه، وزن خشک

نوبنی در رابطه با گیاهان دارویی به وجود آمده است، به طوری که میزان رشد تجارت و فروش داروهای گیاهی در سال‌های اخیر به حدود ۱۵-۵ درصد رسیده است (Sen et al., 2011). قابل ذکر است که در پرورش این گیاهان، تنها رعایت اصول و روش‌های به‌زراعی مورد نظر نمی‌باشد، بلکه تأکید جدی بر استفاده جامع و بهینه از موقعیت‌ها و امکانات موجود در اکوسیستم‌ها می‌باشد که شاید بتوان مواد مؤثره را افزایش داد (Omidbeigi, 2005). بر اساس آمار موجود، در ایران تنها ۵۶ گونه از گیاهان دارویی کشت می‌شوند و حدود ۹۵ درصد از گونه‌های دارویی از طبیعت جمع‌آوری می‌شوند. علاوه بر آن، بیشتر گونه‌های دارویی که در ایران کشت می‌شوند، بومی بوده و ژنوتیپ‌های اصلاح‌شده و وارداتی درصد بسیار ناچیزی از سطح زیر کشت را به خود اختصاص داده‌اند (Khorsand, 2012). بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) که به‌عنوان یکی از مهمترین گیاهان دارویی در نظر گرفته می‌شود، نقش بسیار مؤثری در تقویت حافظه و درمان آلزایمر، بی‌قراری کودکان، اختلالات عصبی ناشی از بی‌خوابی و ناراحتی‌های معده‌ای داشته و به‌عنوان داروی ضد تشنج، تسهیل‌کننده عمل هضم، رفع تپش قلب، سردرد و سرگیجه استفاده می‌شود (Bisset & Wichtl, 1994; Perry et al., 1999; Muller & Klement, 2006).

بررسی تنوع ژنتیکی گیاهان برای پیشبرد برنامه‌های اصلاحی و حفاظت از ذخایر توارثی اهمیت بسیاری دارد (Muhammed, 2012). علاوه بر آن، تعیین مشخصات و گروه‌بندی ژرم‌پلاسماها به اصلاح‌گران امکان می‌دهد تا در نمونه‌گیری از جمعیت‌ها، از دوباره‌کاری خودداری کنند. از این منظر، معیارهای مختلفی مانند صفات مورفولوژیک، نشانگرهای بیوشیمیایی و مولکولی برای بررسی تنوع ژنتیکی به‌کار گرفته می‌شوند (Chahal & Gosal, 2002). تنوع مربوط به صفات مورفولوژیک یک روش ساده و مستقیم به منظور بررسی تنوع ژنتیکی درون و بین جمعیت‌ها بوده و به منظور شناسایی و طبقه‌بندی گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرد (Mohammadi & Prasanna, 2003). از

با توجه به کم بودن تعداد بذر جمعیت‌های مورد استفاده، ابتدا بذرها پس از ضدعفونی سطحی به مدت دو دقیقه با محلول هیپوکلریت سدیم پنج درصد، در ظروف پتری‌دیش روی کاغذ صافی به منظور جوانه‌زنی کشت شدند. پس از جوانه‌زنی، گیاهچه‌های حاصل به گلدان‌های جیفی‌پات در گلخانه منتقل شدند و پس از استقرار کامل گیاهچه‌ها و در مرحله شش برگی، گیاهچه‌ها به مدت یک هفته به شرایط محیطی سازگار و پس از آن به مزرعه منتقل شدند. کشت گیاهچه‌های مربوط به هر جمعیت به صورت دستی در سه ردیف به روش جوی و پشته‌ای انجام شد، به طوری که فاصله پشته‌ها از هم ۵۰ و فاصله بوته‌ها روی پشته‌ها ۳۰ سانتی‌متر بود. پس از کاشت، کلیه مراقبت‌های لازم شامل آبیاری و مبارزه دستی با علف‌های هرز برای تمامی بلوک‌ها به صورت دستی انجام شد. لازم به توضیح است که سال اول به منظور استقرار بوته‌ها در نظر گرفته شد و مطالعات زراعی در بهار و تابستان سال‌های بعد انجام گردید.

به منظور شروع ارزیابی‌های زراعی، ابتدا به منظور یکسان‌سازی شرایط رشد و نمو، در آغاز فصل بهار در هر دو سال ارزیابی، تمامی بوته‌ها از سطح زمین کف‌بر شدند. با توجه به نتایج مطالعات محققان قبلی که بیشترین درصد اسانس و سیترال در مرحله شروع گلدهی بوده است (Sorensen, 2000; Patora et al., 2003; Toth et al., 2003). اندازه‌گیری صفات از ۱۰ بوته در هر تکرار شامل: ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، تعداد ساقه در بوته، تعداد گره در بلندترین ساقه، شاخص کلروفیل (اندازه‌گیری شده به وسیله دستگاه SPAD)، طول و عرض برگ (سانتی‌متر)، قطر ساقه (میلی‌متر) و وزن تر و خشک برگ و ساقه در بوته (گرم) در ابتدای مرحله گلدهی انجام شد. استخراج اسانس از اندام‌های هوایی بوته‌های برداشت شده که در دمای اتاق سایه‌خشک شده بودند، به روش تقطیر با آب و با استفاده از دستگاه کلونجر به مدت سه ساعت انجام شد. سپس اسانس‌های به دست آمده توسط سولفات سدیم خشک، آب‌گیری شده و تا زمان

ساقه، ریشه و برگ در چهار توده جمع‌آوری شده از نقاط مختلف ایران گزارش کردند. مطالعات نشان داده است که در زمینه کاربردهای دارویی، خصوصیات زراعی و ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس بادرنجبویه، پژوهش‌های متعددی (Aharizad et al., 2012; Talle et al., 2012) انجام شده است؛ اما در زمینه اصلاح آن به ویژه در داخل کشور، مطالعات چندانی انجام نشده است (Eyvazi & Heydari, 2011). در این راستا به منظور بررسی تفاوت‌های ژنتیکی و دامنه تنوع جمعیت‌ها و همچنین برنامه‌ریزی برای اهداف اصلاحی، انجام مطالعات پایه‌ای و تعیین ساختار ژنتیکی جمعیت‌های بادرنجبویه به منظور حفظ و توسعه مواد ژنتیکی ضروری به نظر می‌رسد. در نتیجه، این پژوهش با هدف ارزیابی تعیین میزان تنوع ژنتیکی موجود از لحاظ صفات مورفولوژیکی و اسانس در جمعیت‌های ایرانی و خارجی بادرنجبویه انجام شد.

## مواد و روش‌ها

مواد گیاهی شامل ۱۱ جمعیت بادرنجبویه (نه جمعیت بومی ایران، تهیه شده از مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور شامل جمعیت‌های تهران، اردبیل، کرج، فارس، اصفهان، قزوین-۲، قزوین-۳، کردستان و همدان به همراه دو جمعیت خارجی از کشورهای آلمان و ژاپن، تهیه شده از مرکز تحقیقات جهاد دانشگاهی تهران) بود. این پژوهش طرح کرت‌های خرد شده در زمان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز در منطقه کرکج واقع در کیلومتر ۱۲ جاده تبریز- باسمنج انجام شد. این منطقه دارای مختصات جغرافیایی  $38^{\circ}$  و  $46^{\circ}$  طول شرقی و  $5^{\circ}$  عرض شمالی با ارتفاع ۱۳۶۰ متر از سطح دریا می‌باشد. با توجه به آمار هواشناسی، منطقه مورد استفاده دارای زمستان‌های سرد و تابستان‌های گرم بوده و دارای اقلیم سرد و نیمه‌خشک کوهستانی است (Jafarzadeh et al., 1997).

مطالعه به‌روش اسپکتروفتومتری (دستگاه WPA مدل S2100) در طول‌موج مذکور تعیین شد. به‌منظور برآورد پارامترهای ژنتیکی، ابتدا اجزای متشکله واریانس با استفاده از امید ریاضی میانگین مربعات در جدول تجزیه واریانس برآورد شدند. ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی به ترتیب از نسبت جذر واریانس فنوتیپی و ژنتیکی صفات بر میانگین آنها به‌دست آمد. به‌منظور محاسبه وراثت‌پذیری عمومی در واحد میانگین از نسبت واریانس ژنتیکی به واریانس فنوتیپی استفاده شد. پیشرفت ژنتیکی با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد (Falconer, 1960):

$$\text{رابطه (۱)} \quad 100 \times \frac{\sqrt{\text{واریانس فنوتیپی}}}{\text{میانگین صفت}} \times K \times \text{وراثت پذیری} \quad \text{پیشرفت ژنتیکی}$$

اسانس اختلاف معنی‌دار وجود داشت. بین جمعیت‌های مورد ارزیابی از نظر کلیه صفات به‌غیر از ارتفاع بوته اختلاف معنی‌داری وجود داشت. این تفاوت بیانگر وجود تنوع ژنتیکی بین جمعیت‌های مورد مطالعه از نظر صفات مذکور بود. معنی‌دار شدن اثر متقابل جمعیت  $\times$  سال برای کلیه صفات مورد مطالعه به‌غیر از ارتفاع بوته، وزن تر ساقه در بوته، وزن تر برگ در بوته، حکایت از واکنش متفاوت جمعیت‌های مورد بررسی از نظر صفات مزبور در دو سال ارزیابی داشت. بیشترین (۲۲/۱۸) و کمترین (۷/۲۶) درصد ضریب تغییرات به ترتیب مربوط به صفت وزن تر برگ در بوته و شاخص کلروفیل بود.

در این تحقیق، ضریب تنوع فنوتیپی در محدوده‌ای از ۱۴/۸۸ درصد برای شاخص کلروفیل تا ۶۲/۴۹ درصد برای درصد اسانس قرار داشت (جدول ۱). ضریب تنوع ژنتیکی نیز از ۱۰/۷۱ درصد برای قطر ساقه تا ۵۰/۲۲ درصد برای درصد اسانس متغیر بود. بیشترین مقادیر ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی به صفات درصد و عملکرد اسانس، تعداد ساقه در بوته و وزن تر ساقه در

اندازه‌گیری سیترال در محل تاریک در دمای چهار درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند (Saglam *et al.*, 2004). عملکرد اسانس در واحد بوته براساس عملکرد ماده خشک و درصد اسانس محاسبه شد (Heidari *et al.*, 2014). به‌منظور اندازه‌گیری غلظت سیترال که به‌عنوان یکی از مهمترین ترکیبات موجود در اسانس بادرنجبویه گزارش شده است (Moradkhani *et al.*, 2010)، ابتدا با استفاده از محلول استاندارد سیترال (مرک آلمان)، بهترین طول‌موج جذب نور UV توسط سیترال (۲۳۷ نانومتر) به‌دست آمد و بعد غلظت آن در اسانس جمعیت‌های مورد

که در آن  $K$ : شدت گزینش (در سطح احتمال ۵ درصد = ۲/۰۶) است. همبستگی بین صفات با استفاده از ضریب پیرسون بررسی شد. از تجزیه به‌عوامل‌ها به‌منظور درک روابط بین صفات و شناخت عوامل پنهان و کاهش ابعاد داده‌ها با استفاده از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده شد و در آن دوران ماتریس با استفاده از روش وریماکس انجام شد. به‌منظور گروه‌بندی جمعیت‌ها، تجزیه خوشه‌ای به‌روش Ward و با استفاده از مربع فاصله اقلیدسی انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید. به‌منظور تجزیه‌های آماری از نرم‌افزار SAS 9.1 استفاده شد.

## نتایج

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه بر اساس تجزیه مرکب دو سال در یک مکان در جدول ۱ آورده شده است. بین سال‌ها از نظر شاخص کلروفیل، تعداد ساقه در بوته، ارتفاع بوته، غلظت سیترال و درصد

جمعیت‌های ژاپن، قزوین-۳، تهران، قزوین-۲ و آلمان و جمعیت‌های قزوین-۳، کامیاران، ژاپن و اصفهان در سال دوم ارزیابی، بیشترین مقادیر را داشتند. جمعیت‌های ژاپن، قزوین-۳، قزوین-۲ و تهران به ترتیب با ۱/۹۳، ۱/۸۷، ۱/۷۰ و ۱/۶۹ سانتی‌متر در سال اول ارزیابی و جمعیت‌های اصفهان، ژاپن، کامیاران، قزوین-۳ و همدان به ترتیب با ۱/۹۰، ۱/۷۰، ۱/۶۵، ۱/۵۹ و ۱/۵۵ سانتی‌متر، در سال دوم ارزیابی، برترین جمعیت‌ها از لحاظ عرض برگ بودند (جدول ۲).

از لحاظ قطر ساقه، در سال اول جمعیت‌های همدان، کرج، فارس، آلمان، قزوین-۲، قزوین-۳ و تهران و در سال دوم، جمعیت‌های اصفهان، تهران، آلمان، قزوین-۲، قزوین-۳ و کرج، برترین جمعیت‌ها را از نظر قطر ساقه داشتند (جدول ۲). با توجه به معنی دار نشدن برهم‌کنش جمعیت×سال و معنی داری اثر جمعیت برای صفات وزن تر ساقه در بوته و برگ، مقایسه میانگین صفات مذکور با استفاده از میانگین دو سال انجام شد (جدول ۲). نتایج حاصل نشان داد که جمعیت ژاپن بیشترین مقادیر مربوط به دو صفت مذکور را داشت (به ترتیب ۴۵/۴۳ و ۱۱۷/۳۹ گرم). پس از آن جمعیت‌های تهران، کرج و همدان از لحاظ وزن تر ساقه در بوته و جمعیت‌های تهران و قزوین-۳ از لحاظ وزن تر برگ در بوته به‌عنوان برترین جمعیت‌ها در نظر گرفته شدند (جدول ۲). نتایج موجود در جدول ۲ نشان داد که جمعیت‌های تهران، آلمان، همدان و کرج به ترتیب با ۱۲/۳۱، ۱۱/۵۷، ۱۱/۱۲ و ۱۰/۹۷ گرم، بیشترین مقادیر وزن خشک ساقه در بوته در سال اول را داشتند. در سال دوم، جمعیت‌های ژاپن، قزوین-۳، تهران و کرج به ترتیب با ۱۸/۰۶، ۱۵/۲۴، ۱۴/۵۶ و ۱۴/۱۹ گرم در زمهره برترین جمعیت‌ها از لحاظ صفت مذکور بودند. همان‌گونه که مشخص است جمعیت کرج در هر دو ارزیابی مقادیر بالایی را از وزن خشک ساقه در بوته داشت (جدول ۲).

بوته و غلظت سیترال اختصاص داشت. از سوی دیگر تنوع پایینی برای صفات شاخص کلروفیل، قطر ساقه و تعداد گره در جمعیت‌های مورد مطالعه دیده شد. در این پژوهش، بیشترین میزان وراثت‌پذیری عمومی به وزن تر ساقه در بوته ( $h^2=0/71$ )، درصد اسانس ( $h^2=0/65$ ) و تعداد ساقه در بوته ( $h^2=0/58$ ) اختصاص داشت (جدول ۱). مطابق انتظار وراثت‌پذیری عمومی عملکرد اسانس، متوسط و برابر با ۰/۵۴ به دست آمد و کمترین میزان وراثت‌پذیری عمومی ( $h^2=0/41$ ) نیز در صفت تعداد گره مشاهده شد. مطالعه پارامتر پیشرفت ژنتیکی در صفات مورد مطالعه (جدول ۱) نشان داد که صفات درصد اسانس، تعداد ساقه در بوته و عملکرد اسانس به ترتیب با داشتن ۸۳/۱۴، ۶۲/۳۳ و ۵۸/۶۹ درصد بیشترین مقادیر را به خود اختصاص دادند.

با توجه به اینکه برهم‌کنش جمعیت×سال برای کلیه صفات مورد مطالعه به غیر از ارتفاع بوته، وزن تر ساقه در بوته و برگ معنی دار بود، بنابراین مقایسه میانگین جمعیت‌های مورد مطالعه از نظر صفات مورد نظر در هر سال به صورت مجزا انجام شد (جدول ۲). نتایج حاصل نشان داد که در سال اول جمعیت‌های قزوین-۲، قزوین-۳، اردبیل، کامیاران، همدان، ژاپن و کرج اختلاف معنی‌داری با سایر جمعیت‌ها از لحاظ شاخص کلروفیل داشتند. در سال دوم نیز جمعیت‌های قزوین-۲، ژاپن، کامیاران، تهران، اردبیل، اصفهان، آلمان و کرج از لحاظ شاخص کلروفیل در زمهره برترین جمعیت‌ها بودند (جدول ۲). مقایسه میانگین جمعیت‌های بادرنجبویه نشان داد که بیشترین مقادیر مربوط به تعداد ساقه در بوته در سال اول و دوم به جمعیت ژاپن به ترتیب با میانگین ۸۸/۴۲ و ۱۱۹/۹۸ ساقه اختصاص داشت. از لحاظ تعداد گره نیز جمعیت‌های فارس، اصفهان، آلمان، کرج و تهران در هر دو سال دارای اختلاف معنی‌داری با سایرین بودند (جدول ۲). مقایسه میانگین جمعیت‌های مورد مطالعه از لحاظ صفت طول برگ نشان داد که در سال اول ارزیابی،

جدول ۱- تجزیه واریانس کرت‌های خردشده و برآورد پارامترهای ژنتیکی صفات مورد ارزیابی در جمعیت‌های بادرنجبویه

میانگین مربعات														df	منابع تغییر
عملکرد	درصد	غلظت سیترال	وزن خشک برگ در بوته	وزن خشک ساقه در بوته	وزن تر برگ در بوته	وزن تر ساقه در بوته	قطر ساقه	طول برگ	عرض برگ	تعداد گره	ارتفاع بوته	تعداد ساقه در بوته	شاخص کلروفیل		
۵/۶۸**	۰/۰۰۱*	۵۲۶/۳۲*	۹۰/۴۲**	۱۶/۳۹ <sup>ns</sup>	۵۹۳/۶۴ <sup>ns</sup>	۲۱/۱۵ <sup>ns</sup>	۰/۴۷**	۰/۱۹ <sup>ns</sup>	۰/۲۰**	۳/۳۴ <sup>ns</sup>	۳۶/۹۱ <sup>ns</sup>	۳۶۷/۹۷ <sup>ns</sup>	۰/۵۷ <sup>ns</sup>	۲	بلوک
۷/۲۲**	۰/۰۱**	۹۵۸۵/۴۱**	۳۱۹/۸۲**	۵۳/۰۲**	۳۱۳۴/۲۶**	۵۴۰/۶۳**	۰/۳۳**	۱/۹۰**	۰/۷۲**	۲۸/۰۵**	۵۰/۰۰ <sup>ns</sup>	۲۶۲۵/۵۴**	۴۷/۲۷**	۱۰	جمعیت
۰/۶۵	۰/۰۰۰۳	۱۸۹/۳۷	۶۹/۸۱	۱۵/۲۲	۹۰۲/۶۳	۱۱۶/۹۵	۰/۰۳	۰/۰۸	۰/۰۲	۲/۶۰	۲۸/۲۰	۱۷۰/۲۶	۳/۴۶	۲۰	خطای ۱
۷/۲۹*	۰/۰۰۵**	۲۵۰۷۵۵/۱۴**	۰/۵۹ <sup>ns</sup>	۲۹/۶۶*	۱۶۲۵/۱۷**	۳۷۲/۳۴**	۰/۰۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۲۲*	۴/۵۲ <sup>ns</sup>	۴۰۳/۵۷**	۱۵۱۰۳/۵۰**	۹۸/۹۱**	۱	سال
۲/۳۵**	۰/۰۰۲**	۲۷۰۵/۱۱**	۱۰۳/۷۸**	۱۷/۴۵**	۳۹۰/۷۵ <sup>ns</sup>	۳۸/۱۷ <sup>ns</sup>	۰/۱۱*	۰/۵۷**	۰/۲۲**	۸/۹۶*	۲۵/۴۰ <sup>ns</sup>	۷۵۰/۵۹**	۱۳/۲۸**	۱۰	جمعیت × سال
۰/۲۳	۰/۰۰۰۱۱	۵۲۶/۴۰	۲۶/۳۶	۴/۲۴	۲۷۶/۳۴	۲۳/۴۶	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۴	۴/۶۶	۱۵/۵۱	۶۶/۰۹	۳/۴۶	۲۲	خطای ۲
۱۷/۷۸	۱۴/۲۴	۱۵/۶۶	۱۸/۱۰	۱۸/۸۷	۲۲/۱۸	۱۶/۷۶	۱۱/۵۴	۱۳/۵۵	۱۴/۵۶	۱۵/۷۶	۱۳/۹۶	۱۵/۹۴	۷/۲۶	-	ضریب تغییرات خطا (درصد)
۵۲/۸۶	۶۲/۴۹	۳۶/۲۶	۳۴/۱۵	۲۵/۴۳	۳۴/۹۷	۳۴/۴۴	۱۶/۵۰	۳۵/۹۰	۳۱/۸۹	۲۳/۴۵	-	۵۲/۰۱	۱۴/۸۸	-	ضریب تغییرات فنوتیپی (درصد)
۳۸/۸۱	۵۰/۲۲	۲۷/۰۳	۲۲/۷۶	۲۳/۰۰	۲۵/۷۴	۲۹/۰۹	۱۰/۷۱	۲۶/۹۲	۲۳/۳۵	۱۵/۰۳	-	۳۹/۶۷	۱۰/۷۳	-	ضریب تغییرات ژنتیکی (درصد)
۰/۵۴	۰/۶۵	۰/۵۶	۰/۴۴	۰/۴۲	۰/۵۴	۰/۷۱	۰/۴۲	۰/۵۶	۰/۵۴	۰/۴۱	-	۰/۵۸	۰/۵۲	-	وراثت‌پذیری عمومی (درصد)
۵۸/۶۹	۸۳/۱۴	۴۱/۵۰	۳۱/۲۴	۳۰/۷۶	۳۹/۰۳	۵۰/۶۱	۱۴/۳۲	۴۱/۵۸	۳۵/۲۴	۱۹/۸۳	-	۶۲/۳۳	۱۵/۹۴	-	پیشرفت ژنتیکی (درصد)

ns. \* و \*\*: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۲- مقایسه میانگین جمعیت‌های بادرنجویه از نظر صفات مورد مطالعه در دو سال ارزیابی

صفات	سال	اردبیل	اصفهان	فارس	آلمان	قزوین-۲	قزوین-۳	همدان	ژاپن	کامیاران	کرج	تهران
شاخص کلروفیل	سال اول	۲۸/۴۵a	۲۴/۶۹bc	۲۰/۷۳d	۲۴/۱۰c	۲۹/۲۷a	۲۹/۰۹a	۲۷/۲۶a-c	۲۶/۰۳a-c	۲۸/۳۹a	۲۸/۱۰ab	۲۴/۳۵c
	سال دوم	۲۵/۲۰ab	۲۳/۰۵a-c	۲۲/۳۶bc	۲۵/۲۱ab	۲۶/۳۵a	۲۱/۴۹c	۲۱/۸۶bc	۲۵/۵۵ab	۲۲/۵۲bc	۲۵/۴۳ab	۲۴/۵۱a-c
تعداد ساقه در بوته	سال اول	۲۲/۰۸ef	۲۴/۳۳ef	۵۱/۴۲b	۴۴/۸۱bc	۴۱/۱۷b-d	۴۱/۸۳b-d	۳۵/۵۷c-e	۸۸/۴۲a	۲۶/۴۲d-f	۳۳/۹۲c-e	۴۴/۵۸bc
	سال دوم	۲۹/۵۰ed	۲۰/۰۰e	۷۵/۷۵b	۴۴/۳۸cd	۷۱/۰۰b	۷۳/۸۶b	۶۵/۹۲bc	۱۱۹/۹۸a	۷۸/۰۷b	۴۷/۵۶cd	۷۶/۳۳b
تعداد گره	سال اول	۱۴/۴۲a-c	۱۶/۷۸a	۱۷/۲۵a	۱۴/۱۴a-c	۱۰/۶۷cd	۱۱/۰۰cd	۱۲/۴۲b-d	۱۰/۰۰d	۱۲/۰۰b-d	۱۵/۶۱ab	۱۳/۶۱a-d
	سال دوم	۱۳/۰۰bc	۱۳/۸۹a-c	۱۳/۰۰bc	۱۴/۲۵a-c	۱۲/۸۳bc	۱۳/۳۱bc	۱۲/۷۵c	۱۳/۱۵bc	۱۴/۳۳a-c	۱۶/۸۰a	۱۶/۳۳ab
طول برگ (سانتی‌متر)	سال اول	۱/۶۰ef	۱/۲۹f	۱/۷۲d-f	۲/۱۶a-e	۲/۲۵a-d	۲/۶۱ab	۲/۰۷b-e	۲/۷۳a	۱/۹۴c-e	۱/۸۴d-f	۲/۵۲a-c
	سال دوم	۱/۹۳b	۲/۴۶a	۱/۳۸d	۱/۹۱b	۱/۸۲c	۲/۷۲a	۲/۳۱b	۲/۴۴a	۲/۵۶a	۱/۳۲d	۱/۴۴cd
عرض برگ (سانتی‌متر)	سال اول	۱/۲۹cd	۱/۱۵d	۱/۱۵d	۱/۵۰bc	۱/۷۰ab	۱/۸۷a	۱/۴۹bc	۱/۹۳a	۱/۵۵bc	۱/۳۳cd	۱/۶۹ab
	سال دوم	۱/۴۹bc	۱/۹۰a	۰/۹۳e	۱/۳۱cd	۱/۳۴bc	۱/۵۹a-c	۱/۵۵a-c	۱/۷۰ab	۱/۶۵a-c	۰/۹۷de	۰/۹۷de
قطر ساقه (میلی‌متر)	سال اول	۲/۰۷bc	۱/۹۶b-d	۲/۱۱a-c	۲/۰۶a-d	۲/۰۹a-c	۲/۰۴a-d	۲/۲۸a	۱/۸۲d	۱/۹۲cd	۲/۲۲ab	۲/۰۳a-d
	سال دوم	۱/۹۸bc	۲/۵۶a	۱/۷۰c	۲/۱۴a-c	۲/۲۵ab	۲/۱۴a-c	۲/۰۱bc	۱/۹۶bc	۲/۰۴bc	۲/۲۶ab	۲/۲۸ab
وزن تر ساقه در بوته (گرم)	هر دو سال	۱۸/۳۲fe	۱۵/۶۲f	۲۸/۷۰b-e	۲۷/۰۰c-f	۲۴/۶۲d-f	۲۷/۹۳c-e	۳۵/۵۶a-d	۴۵/۴۲a	۱۸/۶۱ef	۳۷/۱۰a-c	۳۸/۸۷ab
	هر دو سال	۴۸/۱۳ed	۳۵/۲۳e	۷۶/۰۷b-d	۷۲/۹۲b-d	۷۱/۱۰b-d	۹۰/۵۱ab	۷۹/۹۴bc	۱۱۷/۳۹a	۵۶/۱۰c-e	۸۰/۵۳bc	۹۶/۲۱ab
وزن خشک ساقه در بوته (گرم)	سال اول	۹/۴۴a-c	۸/۴۶bc	۱۰/۴۶a-c	۱۱/۵۷ab	۹/۴۶a-c	۱۰/۱۲a-c	۱۱/۱۲a-c	۱۰/۷۰a-c	۸/۰۴c	۱۰/۹۷a-c	۱۲/۳۱a
	سال دوم	۶/۹۸bc	۵/۷۲c	۱۲/۱۹a-c	۸/۱۳bc	۱۲/۸۸a-c	۱۵/۲۴ab	۱۱/۱۰a-c	۱۸/۰۶a	۸/۳۵bc	۱۴/۱۹a-c	۱۴/۵۶ab
وزن خشک برگ در بوته (گرم)	سال اول	۲۴/۱۲c	۲۳/۹۲c	۲۸/۵۵a-c	۳۱/۷۲a-c	۲۶/۷۳bc	۲۹/۲۵a-c	۲۹/۷۵a-c	۳۲/۵۲a	۲۳/۵۲c	۲۷/۸۱a-c	۳۵/۱۴a
	سال دوم	۱۶/۷۲cd	۸/۶۶d	۳۳/۴۷ab	۱۹/۱۹b-d	۳۲/۳۱a-c	۳۴/۷۷ab	۳۰/۴۵a-c	۴۳/۵۱a	۲۲/۸۴b-d	۳۴/۱۳ab	۳۴/۹۰ab
غلظت سبترال (ppm)	سال اول	۲۶۳/۲۵a	۲۴۷/۵۰ab	۲۰۴/۰۸cd	۲۵۸/۳۸a	۲۰۹/۱۰b-d	۱۸۵/۹۳ed	۱۵۶/۵۹e	۱۷۲/۰۲ed	۲۳۵/۰۴a-c	۱۸۱/۵۵ed	۱۷۵/۲۸ed
	سال دوم	۲۲۸/۷۳a	۱۰۹/۲۱b	۶۵/۰۶cd	۷۴/۴۷cd	۴۹/۵۰d	۵۲/۱۴d	۹۳/۳۳bc	۶۹/۹۵cd	۹۰/۴۰bc	۵۰/۲۷d	۴۹/۶۲d
درصد اسانس	سال اول	۰/۰۸a-c	۰/۰۶a-c	۰/۰۲d	۰/۰۴cd	۰/۱۰a	۰/۰۸a-c	۰/۰۹ab	۰/۰۵b-d	۰/۱۰a	۰/۰۵cd	۰/۰۴cd
	سال دوم	۰/۱۴a	۰/۱۴a	۰/۰۱c	۰/۰۹b	۰/۰۷b	۰/۰۹b	۰/۰۷b	۰/۰۹b	۰/۰۸b	۰/۰۷b	۰/۰۵bc
عملکرد اسانس (میلی لیتر در بوته)	سال اول	۲/۶۱a-c	۲/۰۶bc	۰/۶۱d	۱/۷۴b-d	۳/۷۶a	۲/۹۹ab	۳/۶۲a	۲/۱۹bc	۳/۰۳ab	۱/۵۹cd	۱/۸۰b-d
	سال دوم	۳/۴۶a-c	۲/۰۳cd	۰/۷۳d	۲/۵۸b-d	۳/۱۴bc	۴/۴۵ab	۲/۹۳b-d	۵/۴۰a	۲/۲۹b-d	۳/۷۴a-c	۲/۵۹b-d

حروف متفاوت در هر ردیف بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ از نظر آزمون چند دامنه‌ای دانکن در هر سال است.

یک درصد بین تعداد گره و عملکرد اسانس مشاهده شد. البته همبستگی سایر صفات با عملکرد اسانس معنی‌دار نبود. از دیگر نتایج آن می‌توان به همبستگی مثبت و معنی‌دار شاخص کلروفیل با درصد اسانس و همچنین همبستگی منفی و معنی‌دار تعداد ساقه در بوته، وزن خشک برگ در بوته و ارتفاع بوته با درصد اسانس اشاره کرد. در این پژوهش، غلظت سیترال همبستگی منفی و معنی‌داری با صفات وزن تر و خشک ساقه و برگ داشت (جدول ۳).

نتایج تجزیه به عامل‌ها بر اساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی با استفاده از چرخش و ریمکس برای ۱۱ جمعیت بادرنجبویه با استفاده از ۱۴ صفت زراعی انجام و در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج حاصل نشان از شناسایی پنج عامل پنهان دارای مقادیر ویژه بالاتر از یک داشت که سهم عوامل اول تا پنجم به ترتیب ۳۲/۲۴، ۲۰/۰۳، ۱۳/۴۸، ۹/۵۶ و ۱۲/۰۷ درصد بود و در مجموع ۸۷/۴۰ درصد تغییرات بین کل داده‌ها را توجیه کردند (جدول ۴). صفات تعداد ساقه در بوته، ارتفاع بوته، وزن تر و خشک ساقه و برگ و غلظت سیترال عمده‌ترین نقش را در تشکیل عامل اول داشتند. در عامل دوم طول و عرض برگ ضرایب مثبت و تعداد گره ضریب منفی داشت. در عامل سوم قطر ساقه، درصد و عملکرد اسانس، در عامل چهارم شاخص کلروفیل و غلظت سیترال و در عامل پنجم قطر ساقه بیشترین اهمیت را در تبیین این عامل‌ها داشتند (جدول ۴).

از سوی دیگر جمعیت‌های تهران و ژاپن در هر دو سال جزو برترین جمعیت‌ها از لحاظ وزن خشک برگ در بوته بودند. به گونه‌ای که در سال اول جمعیت‌های تهران، ژاپن، آلمان، همدان، فارس، قزوین-۳ و کرج و جمعیت‌های ژاپن، تهران، قزوین-۳، فارس، قزوین-۲، همدان و کرج از لحاظ صفت وزن خشک برگ در بوته جزو برترین جمعیت‌ها بودند (جدول ۲). نتایج نشان داد که جمعیت‌های قزوین-۲، کامیاران، همدان، اردبیل، اصفهان و قزوین-۳ در سال اول ارزیابی و جمعیت‌های اردبیل و اصفهان در سال دوم ارزیابی، بیشترین مقادیر صفت درصد اسانس را داشتند (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در سال اول ارزیابی جمعیت‌های قزوین-۲، همدان، کامیاران، قزوین-۳ و اردبیل به ترتیب با ۳/۷۶، ۳/۶۲، ۳/۰۳، ۲/۹۹ و ۲/۶۶ میلی‌لیتر در بوته و جمعیت‌های ژاپن، قزوین-۳، کرج و اردبیل به ترتیب با ۵/۴۰، ۴/۴۵، ۳/۷۴ و ۳/۴۶ میلی‌لیتر در بوته بیشترین عملکرد اسانس را داشتند.

ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورد مطالعه در جدول ۳ درج شده است. بیشترین میزان همبستگی فنوتیپی ( $r = 0.98^{**}$ ) بین صفات وزن خشک برگ در بوته و ساقه بود. در شرایط این پژوهش، همبستگی عملکرد اسانس با شاخص کلروفیل و عرض برگ در سطح احتمال یک درصد و با طول برگ و درصد اسانس در سطح احتمال پنج درصد مثبت و معنی‌دار بود. از سوی دیگر، همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح احتمال



جدول ۳- ضرایب همبستگی پیرسون صفات مورد مطالعه در جمعیت‌های بادرنجویه در دو سال ارزیابی

	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	
شاخص کلروفیل (۱)													۱	
تعداد ساقه در بوته (۲)												۱	-۰/۲۷	
ارتفاع بوته (۳)											۱	-۰/۲۸	-۰/۰۶	
تعداد گره (۴)										۱	-۰/۴۹	-۰/۳۳	-۰/۳۹	
عرض برگ (۵)									۱	-۰/۸۰**	-۰/۵۸	-۰/۱۶	-۰/۳۵	
طول برگ (۶)								۱	-۰/۹۲**	-۰/۸۰**	-۰/۳۵	-۰/۴۰	-۰/۲۰	
قطر ساقه (۷)							۱	-۰/۲۶	-۰/۱۴	-۰/۳۷	-۰/۱۲	-۰/۷۲*	-۰/۲۶	
وزن تر ساقه در بوته (۸)						۱	-۰/۱۶	-۰/۲۳	-۰/۰۲	-۰/۱۱	-۰/۶۶*	-۰/۶۶*	-۰/۰۱	
وزن تر برگ در بوته (۹)					۱	-۰/۹۲**	-۰/۳۴	-۰/۴۷	-۰/۲۱	-۰/۳۵	-۰/۵۵	-۰/۸۱**	-۰/۰۲	
وزن خشک ساقه در بوته (۱۰)				۱	-۰/۹۶**	-۰/۹۲**	-۰/۱۸	-۰/۳۲	-۰/۰۶	-۰/۲۲	-۰/۶۸*	-۰/۷۳*	-۰/۰۶	
وزن خشک برگ در بوته (۱۱)			۱	-۰/۹۸**	-۰/۹۷**	-۰/۹۱**	-۰/۳۱	-۰/۳۴	-۰/۰۷	-۰/۳۰	-۰/۶۱*	-۰/۸۰**	-۰/۰۰	
غلظت سبترال (۱۲)		۱	-۰/۸۰**	-۰/۷۹**	-۰/۷۴*	-۰/۷۲*	-۰/۰۸	-۰/۲۹	-۰/۰۴	-۰/۱۱	-۰/۴۸	-۰/۵۸	-۰/۱۳	
درصد اسانس (۱۳)	۱	-۰/۵۸	-۰/۶۱*	-۰/۵۶	-۰/۵۲	-۰/۵۴	-۰/۳۰	-۰/۳۰	-۰/۶۰	-۰/۳۷	-۰/۶۸*	-۰/۶۲*	-۰/۶۱*	
عملکرد اسانس (۱۴)	-۰/۶۱*	-۰/۱۰	-۰/۲۴	-۰/۲۸	-۰/۳۳	-۰/۲۲	-۰/۰۷	-۰/۷۱*	-۰/۷۸**	-۰/۷۶**	-۰/۲۲	-۰/۰۲	-۰/۷۶**	

\* و \*\*: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۴- ضرایب پنج عامل اصلی (با چرخش وریماکس) برای صفات مورد مطالعه در جمعیت‌های بادرنجبویه

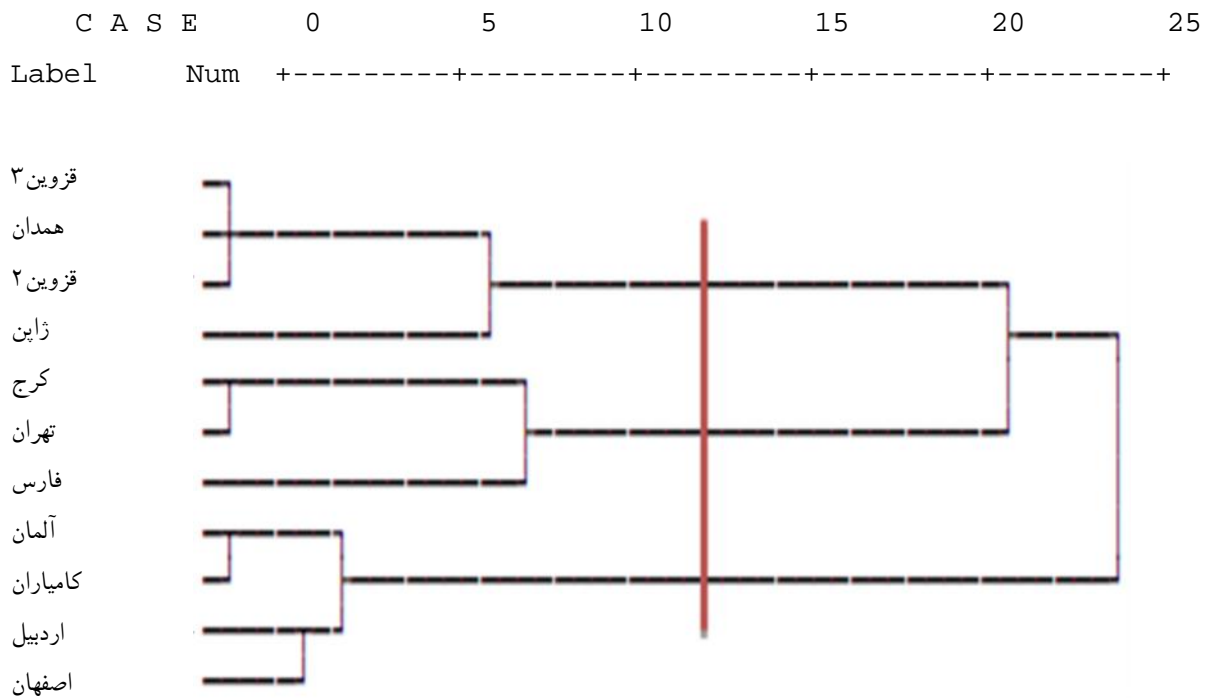
صفات	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم	عامل چهارم	عامل پنجم
تعداد ساقه در بوته	۰/۷۲۱	۰/۲۱۹	-۰/۳۴۳	-۰/۲۵۴	-۰/۲۵۷
ارتفاع بوته	۰/۸۱۱	-۰/۳۶۸	۰/۲۵۸	-۰/۱۸۵	۰/۰۸۶
وزن تر ساقه در بوته	۰/۸۲۹	۰/۲۶۴	-۰/۰۱۹	۰/۰۵۵	۰/۱۹۹
وزن تر برگ در بوته	۰/۸۸۶	۰/۳۵۷	-۰/۰۶۷	۰/۱۶۹	۰/۰۸۶
وزن خشک ساقه در بوته	۰/۹۲۰	۰/۰۷۷	۰/۱۹۰	۰/۱۸۸	۰/۰۸۹
وزن خشک برگ در بوته	۰/۸۷۸	۰/۱۷۷	-۰/۰۳۸	۰/۳۷۱	۰/۰۵۲
غلظت سیترا	-۰/۵۷۸	-۰/۰۵۳	-۰/۱۰۸	۰/۵۷۰	۰/۲۲۱
تعداد گره	۰/۳۳۱	-۰/۷۹۶	۰/۱۳۱	-۰/۰۷۴	۰/۱۱۹
عرض برگ	-۰/۳۵۱	۰/۸۵۰	-۰/۱۱۳	-۰/۱۵۵	۰/۲۳۹
طول برگ	-۰/۰۶۰	۰/۸۵۸	-۰/۱۴۴	-۰/۲۸۷	۰/۲۷۶
قطر ساقه	-۰/۰۰۲	-۰/۱۹۲	۰/۵۳۳	-۰/۴۸۵	۰/۶۱۰
درصد اسانس	-۰/۴۲۴	۰/۳۵۳	۰/۷۳۱	-۰/۱۳۶	-۰/۳۱۴
عملکرد اسانس	۰/۳۰۰	۰/۴۵۳	۰/۷۲۹	۰/۱۹۱	-۰/۳۱۶
شاخص کلروفیل	-۰/۳۱۰	۰/۰۸۰	۰/۲۹۳	۰/۶۲۵	۰/۳۲۳
مقادیر ویژه	۴/۵۱	۲/۸۰	۱/۸۸	۱/۶۹	۱/۳۳
درصد واریانس	۳۲/۲۴	۲۰/۰۳	۱۳/۴۸	۱۲/۰۷	۹/۵۶
درصد واریانس جمعی	۳۲/۲۴	۵۲/۲۸	۶۵/۷۶	۷۷/۸۴	۸۷/۴۰

به منظور تعیین قرابت ژنوتیپ‌ها و گروه‌بندی آنها بر مبنای صفات مورد بررسی، تجزیه خوشه‌ای با استفاده از داده‌های استاندارد شده به روش Ward و با استفاده از مربع فاصله اقلیدسی انجام شد (شکل ۱). نتایج تجزیه تابع تشخیص کانونیک برای تعیین بهترین نقطه برش، نشان‌دهنده تمایز بیشتر با سه گروه با خصوصیات درون‌گروهی مشابه و بین‌گروهی غیرمشابه بود (جدول ۵). به منظور مشخص کردن ارزش هر یک از خوشه‌ها از نظر صفات مورد مطالعه، درصد انحراف از میانگین کل محاسبه شد که نتایج آن در جدول ۶ قابل مشاهده است. چنانچه در یک خوشه، میانگین یک صفت بیشتر از میانگین کل برای آن صفت باشد، خوشه مورد نظر از نظر انتخاب والدین ارزش بیشتری دارد، به شرطی که بزرگ

بودن ارزش آن صفت مطلوب باشد. بر اساس نتایج به‌دست آمده، خوشه اول که شامل ۴ جمعیت اردبیل، اصفهان، کامیاران و آلمان بود، از نظر شاخص کلروفیل، تعداد گره، عرض برگ، قطر ساقه، غلظت سیترا و درصد اسانس به ترتیب با میانگین‌های ۲۵/۲۰، ۱۴/۱۰، ۱/۴۸، ۲/۰۹، ۱۸۸/۳۷ و ۰/۰۹ دارای درصد انحراف مثبت از میانگین کل بودند. لازم به ذکر است که درصد انحراف مربوط به صفات رویشی در جمعیت‌های این خوشه ناچیز بود. خوشه دوم شامل ۳ جمعیت فارس، تهران و کرج بود و از نظر تعداد ساقه در بوته، ارتفاع بوته، تعداد گره، قطر ساقه، وزن تر ساقه در بوته، وزن تر برگ در بوته، وزن خشک ساقه در بوته و وزن خشک برگ در بوته به ترتیب با میانگین‌های ۵۹/۰۹، ۳۲/۰۰، ۱۵/۴۴، ۲/۱۰، ۳۴/۹،

قطر ساقه و غلظت سیترال دارای ارزش بالاتر نسبت به میانگین کل بودند. خوشه سوم برای صفات تعداد درصد و عملکرد اسانس به ترتیب با مقدار ۹/۰۹ و ۲۴/۲۱، دارای ارزش بیشتری از میانگین کل بود.

۸۴/۲۷، ۱۲/۴۴ و ۳۲/۳۳ دارای ارزش بیشتری از میانگین کل بودند. خوشه سوم شامل ۴ جمعیت قزوین-۲، قزوین-۳، همدان و ژاپن بود و ژنوتیپ‌های آن از نظر کلیه صفات مورد مطالعه به غیر از ارتفاع بوته، تعداد گره،



شکل ۱- تجزیه خوشه‌ای جمعیت‌های بادرنجبویه از طریق روش Ward با استفاده از مربع فاصله اقلیدسی بر اساس کلیه صفات

جمعیت‌های همدان و قزوین-۲ به مقدار ۵/۹۳ مشاهده شد. از سوی دیگر بیشترین فاصله اقلیدسی بین جمعیت‌های ژاپن و اصفهان به مقدار ۸۵/۰۶ و جمعیت‌های ژاپن و فارس به مقدار ۵۷/۶۸ به دست آمد.

فواصل مربع اقلیدسی بین جمعیت‌های بادرنجبویه از نظر صفات زراعی مورد بررسی (نتایج نشان داده نشده است) نشان داد که کمترین فاصله مربع اقلیدسی بین جمعیت‌های همدان و قزوین-۳ به مقدار ۵/۵۴ و

جدول ۵- تجزیه تابع تشخیص برای تعیین مناسب‌ترین محل برش دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای در جمعیت‌های بادرنجبویه

تعداد گروه	سطح احتمال	ویلکس لامبدا	کی - دو
۲	۰/۰۰۰	$4 \times 10^{-5}$	۴۴/۷۵
۳	۰/۰۴۸	۰/۰۱۱	۲۴/۳۳
۴	۰/۱۵۲	۰/۱۶۶	۸/۰۸

جدول ۶- میانگین گروه‌ها و درصد انحراف از میانگین کل صفات مورد ارزیابی در جمعیت‌های بادرنجبویه

خوشه	تعداد جمعیت	شاخص کلروفیل	تعداد ساقه در بوته	ارتفاع بوته	تعداد گره	عرض برگ	طول برگ	قطر ساقه	وزن تر ساقه در بوته	وزن تر برگ در بوته	وزن خشک ساقه در بوته	وزن خشک برگ در بوته	غلظت سیترال	درصد اسانس	عملکرد اسانس
۱	۴	میانگین	۲۵/۲۰	۲۶/۱۴	۱۴/۱۰	۱/۴۸	۱/۹۸	۲/۰۹	۱۹/۸۹	۵۳/۱۰	۸/۳۴	۲۱/۳۴	۱۸۸/۳۷	۰/۰۹	۲/۴۸
		درصد انحراف از میانگین کل	۰/۰۹	-۴۰/۸۷	-۷/۸۹	۲/۸۰	۱/۶۰	-۳/۳۱	-۰/۲۵	-۴۵/۲۵	-۴۱/۱۱	-۳۰/۸۷	-۳۲/۹۴	۲۲/۲۷	۱۹/۱۹
۲	۳	میانگین	۲۴/۲۴	۳۲/۰۰	۱۵/۴۴	۱/۱۷	۱/۷۰	۲/۱۰	۳۴/۸۹	۸۴/۲۷	۱۲/۴۴	۳۲/۳۳	۱۲۰/۹۸	۰/۰۴	۱/۸۴
		درصد انحراف از میانگین کل	-۳/۸۷	۱۳/۷۰	۱۱/۸۸	۱۱/۲۰	-۲۴/۱۲	-۲۰/۰۹	-۰/۴۵	۱۷/۲۰	۱۱/۰۹	۱۲/۳۲	۱۲/۲۸	-۲۱/۰۴	-۸۱/۸۲
۳	۴	میانگین	۲۵/۸۶	۵۹/۷۲	۲۷/۴۱	۱/۶۵	۲/۳۷	۲/۰۸	۳۳/۳۹	۸۹/۷۴	۱۲/۳۴	۳۲/۴۱	۱۲۳/۵۷	۰/۰۸	۳/۵۶
		درصد انحراف از میانگین کل	۲/۶۴	۱۴/۶۱	-۲/۸۸	-۱۴/۰۸	۱۱/۴۷	۱۳/۶۰	-۰/۵۹	۱۳/۴۷	۱۶/۵۱	۱۱/۵۵	۱۲/۴۹	-۱۸/۵۰	۹/۰۹
		میانگین کل	۲۵/۱۸	۵۱/۰۰	۲۸/۲۰	۱/۴۶	۲/۰۵	۲/۰۹	۲۸/۸۹	۷۴/۹۲	۱۰/۹۱	۲۸/۳۶	۱۴۶/۴۳	۰/۰۷	۲/۷۰

## بحث

تفاوت آماری معنی‌دار صفات مورد مطالعه در این تحقیق حکایت از آن داشت که جمعیت‌های مورد مطالعه از تنوع ژنتیکی کافی برای صفات مختلف از جمله غلظت سیترال، درصد و عملکرد اسانس برخوردار بودند. از این رو می‌توان از میان آنها، جمعیت‌های با صفات شاخص را انتخاب و در مطالعات اصلاحی استفاده کرد. در ارزیابی سه ساله ۲۲ جمعیت بادرنجبویه که از باغ گیاه‌شناسی اروپا انتخاب شده بودند Seidler-Ło ykowska و همکاران (۲۰۱۳) اختلاف معنی‌داری را از نظر صفات تعداد ساقه در بوته، طول میانگره، طول و عرض برگ، وزن تر و خشک بوته، عملکرد دانه و وزن هزاردانه بین جمعیت‌های مورد مطالعه مشاهده کردند. همچنین Ahmadian Yazdeli و همکاران (۲۰۱۶) در بررسی ۱۳ جمعیت بادرنجبویه، وجود تنوع قابل توجه از لحاظ ارتفاع بوته، تعداد ساقه در بوته، تعداد برگ، طول ریشه، وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه و عملکرد ماده خشک را گزارش کردند. نتایج حاصل از بررسی پارامترها حکایت از بیشتر بودن واریانس و ضریب تنوع فنوتیپی نسبت به واریانس و ضریب تنوع ژنتیکی در کلیه صفات مورد مطالعه داشت که نشان‌دهنده مشارکت بیشتر محیط در بیان صفات مذکور بود (Makeen *et al.*, 2007). در مجموع و بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، تنوع قابل‌ملاحظه‌ای برای صفات درصد و عملکرد اسانس، تعداد ساقه در بوته و وزن تر ساقه در بوته و غلظت سیترال مشاهده شد (جدول ۱) که نشان‌دهنده این است که صفات مذکور اساساً به‌وسیله ژن‌های افزایشی کنترل شده و انتخاب برای آنها به‌منظور بهبود عملکرد اسانس می‌تواند مؤثر باشد (Falconer, 1960). با توجه به اینکه درصد اسانس، تعداد ساقه در بوته و وزن تر ساقه در بوته از اجزای تأثیرگذار بر عملکرد اسانس هستند (Moradkhani *et al.*, 2010)، بنابراین شاید بتوان با استفاده از تنوع بالای ژنتیکی برای آنها و انتخاب ژنوتیپ‌های مناسب، عملکرد اسانس بادرنجبویه را افزایش داد. در بررسی ۱۵ ژنوتیپ بادرنجبویه، Salamati و Yousefi (۲۰۱۴) بیشترین مقادیر مربوط به

ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی را در صفات وزن تر و خشک بوته، عملکرد اسانس و تعداد شاخه‌های جانبی گزارش کردند. در این پژوهش و با توجه به وراثت‌پذیری عمومی و پیشرفت ژنتیکی، صفات وزن تر ساقه در بوته، وزن تر برگ در بوته، تعداد ساقه در بوته و درصد اسانس را می‌توان به‌عنوان ابزارهایی مفید در انتخاب جمعیت‌های بادرنجبویه نام برد. البته بالا بودن ضریب تنوع ژنتیکی در کنار وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی زیاد، دیدگاه روشن‌تری را در رابطه با انتخاب ژنوتیپ‌های برتر ارائه می‌کند (Immanuel *et al.*, 2011).

اسانس حاصل از برگ‌های بادرنجبویه دارای دو ترکیب اصلی سیترونل (۲-۴۰ درصد) و سیترال (۱۰-۳۰ درصد) است (Aziz & El-Ashry, 2009) و سیترال به‌طور وسیعی در صنایع غذایی و آرایشی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Abbaszadeh *et al.*, 2009). با توجه به اجرای روزافزون برنامه‌های اصلاحی در گیاهان دارویی، استفاده از جمعیت‌هایی از بادرنجبویه که توان تولید اسانس و سیترال بیشتری داشته باشند، حائز اهمیت است. از این رو جمعیت اردبیل می‌تواند به‌عنوان یک جمعیت امیدبخش از نظر غلظت سیترال، درصد و عملکرد اسانس در شرایط آب و هوایی تبریز معرفی شود. در این پژوهش، درصد اسانس از ۰/۰۲ تا ۰/۱۴ متغیر بود و در سال‌های مختلف شاهد مقادیر متفاوتی بودیم. درصد اسانس حاصل از برگ‌های بادرنجبویه در مطالعه انجام شده توسط Saglam و همکاران (۲۰۰۴) بین ۰/۲۰ تا ۰/۲۸ درصد و در مطالعه Cosge و همکاران (۲۰۰۹) بین ۰/۰۴ تا ۰/۱۰ درصد گزارش شده است. Askari و Sefidkon (۲۰۰۴) درصد اسانس جمعیت‌های فارس و تهران را به ترتیب ۰/۱۴ و ۰/۲۵ درصد گزارش کرده‌اند که با مقادیر به‌دست‌آمده در این پژوهش مطابقت نداشت. علت این امر را می‌توان تأثیر محیط بر میزان اسانس جمعیت‌های فوق بیان کرد.

عملکرد اسانس به‌طور گسترده‌ای تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد (Omidbeigi, 2005)؛ بنابراین برای بهبود عملکرد اسانس باید ارتباط بین آن و سایر صفات

Keyvanpajouh (۲۰۱۱) با انجام تجزیه به‌عوامل‌ها چهار عامل اصلی و مستقل را با مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک شناسایی کرد که ۷۷/۳۵ درصد از تنوع را پوشش می‌دادند. در ارزیابی Babalar و همکاران (۲۰۱۳) بر روی ۱۰ جمعیت آویشن کوهی، پنج عامل معرفی شدند که در مجموع ۸۲/۹ درصد از تنوع جامعه را شامل می‌شدند و عامل اول دارای بار عاملی مثبت و بزرگ برای صفات طول، عرض و شکل برگ بود. در ارزیابی صفات زراعی در ۷۰ ژنوتیپ آویشن کرمانی، Bigdelou و همکاران (۲۰۱۳) پنج عامل استخراج کردند که در مجموع ۸۴ درصد از تنوع را پوشش می‌دادند. در حالت کلی نتایج حاصل از تجزیه به‌عوامل‌ها به صفات، به ژنوتیپ‌های مورد بررسی و شرایط محیطی وابسته است؛ بنابراین از تجزیه به‌عوامل‌ها می‌توان در شرایط کلی و خاص و برای کاهش تعداد متغیرها به‌تعدادی عامل محدود، شناسایی اجزاء مؤثر در عملکرد استفاده کرد (Kheradmannia & Alirezaei, 2015).

تجزیه خوشه‌ای ارتباط ژنتیکی بین لاین‌ها و ژنوتیپ‌های مختلف را به‌خوبی نشان داده و به انتخاب والدین برای برنامه‌های هیبریداسیون کمک می‌کند (Farshadfar, 2010). گروه‌بندی جمعیت‌های بادرنجبویه بر اساس صفات زراعی و اسانس مورد ارزیابی انجام شد و بر اساس تجزیه تابع تشخیص کانونیک، جمعیت‌های مورد مطالعه در سه گروه قرار گرفتند. از آنجا که جمعیت‌های موجود در هر یک از گروه‌ها دارای قرابت ژنتیکی بیشتری نسبت به جمعیت‌های موجود در گروه‌های متفاوت‌اند، در صورت نیاز به دورگ‌گیری، می‌توان با توجه به جمعیت‌های گروه‌های مختلف و ارزش میانگین صفات برای هر گروه، برای بهره‌وری بیشتر از پدیده‌هایی همانند هتروزیس و تفکیک متجاوز استفاده کرد (Farshadfar, 2010). جمعیت‌های موجود در خوشه سوم از نظر اغلب صفات از جمله درصد و عملکرد اسانس از ارزش بیشتری نسبت به جمعیت‌های دو خوشه دیگر برخوردار بودند. این موضوع نشان می‌دهد که از جمعیت‌های این خوشه می‌توان برای گزینش جمعیت‌های دارای اسانس بالا استفاده کرد و به‌طور

زراعی ارزیابی شود. در این تحقیق همبستگی صفات نشان داد که افزایش عملکرد اسانس بیشتر تحت تأثیر خصوصیات برگ، میزان کلروفیل و درصد اسانس می‌باشد و با بهبود صفاتی مانند شاخص کلروفیل و طول و عرض برگ که همبستگی مثبت و معنی‌داری با درصد اسانس دارند، می‌توان عملکرد اسانس بالاتری را در بادرنجبویه انتظار داشت. در پژوهش Talle و همکاران (۲۰۱۲) همبستگی مثبت و معنی‌داری بین صفات طول و عرض برگ، وزن خشک برگ در بوته و ساقه و عملکرد اندام هوایی با عملکرد اسانس بادرنجبویه مشاهده شد. در همین رابطه Seidler-Ło ykowska و همکاران (۲۰۱۳) بیان کردند که صفات عرض برگ و عملکرد دانه دارای همبستگی منفی و معنی‌داری با عملکرد اسانس هستند. همبستگی منفی بین عملکرد اسانس و ویژگی‌های فنوتیپی مانند تعداد ساقه در بوته‌های جانبی و ارتفاع بوته بادرنجبویه توسط Adzet و همکاران (۱۹۹۲) نیز گزارش شده است. البته وجود برخی از اختلافات در گزارش‌های محققان می‌تواند ناشی از استفاده از جمعیت‌های متفاوت باشد.

به‌منظور درک عمیق ساختار داده‌ها، از تجزیه به‌عوامل‌ها نیز استفاده شد. عامل اول (عامل عملکرد رویشی) که بیشترین حجم از تغییرات داده‌ها را دربرگرفت، دارای ضرایب بزرگ و مثبت (بزرگ‌تر از ۰/۵) برای صفات رویشی و منفی برای غلظت سیترال بود. با توجه به ضرایب، عامل دوم به‌عنوان عامل صفات برگ شناخته شد. عامل سوم دارای ضرایب بزرگ و مثبت برای قطر ساقه، درصد و عملکرد اسانس بود. این عامل را می‌توان به‌نام عامل عملکرد اسانس نامید، در صورتی‌که انتخاب بر اساس آن انجام گردد، این انتخاب بیشترین تأثیر را در صفات مرتبط با عملکرد اسانس خواهد داشت و جمعیت‌های برگ‌گزیده بیشترین میزان را از لحاظ صفات عملکردی خواهند داشت. عامل چهارم نیز برای شاخص کلروفیل و غلظت سیترال و عامل پنجم برای قطر ساقه دارای ضرایب مثبت و بزرگ بودند. در بررسی ۲۰ جمعیت بومادران در شرایط مزرعه‌ای،

آلمان و ژاپن از لحاظ برخی از صفات مرتبط با اندام‌های هوایی، تفاوت‌های قابل توجهی با جمعیت‌های داخلی داشتند. از لحاظ صفات مرتبط با اسانس، جمعیت اردبیل جزو برترین جمعیت‌ها بود. بنابراین نتایج این پژوهش نشان داد که از تنوع موجود در جمعیت‌های داخلی و خارجی می‌توان برای بهبود ویژگی‌های رویشی و اسانس بادرنجبویه استفاده کرد.

### فهرست منابع مورد استفاده

- Abbaszadeh, B., Farahani, H.A., Valadabadi, S.A. and Darvishi, H.H., 2009. Nitrogenous fertilizer influence on quantity and quality values of balm (*Melissa officinalis* L.). Journal of Agricultural Extension and Rural Development, 1(1): 031-033.
- Abdoshahi, R., 2014. Introduction to multivariate statistics. Shahid Bahonar University of Kerman Press, Iran, 240 pp (In Persian).
- Adzet, T., Ponz, R., Wolf, E. and Schulte, E., 1992. Genetic variability of the essential oil content of *Melissa officinalis*. Planta Medicine, 58:558-561.
- Aharizad, S., Rahimi, M.H., Moghadam, M. and Mohebalipour, N., 2012. Study of genetic diversity in lemon balm (*Melissa officinalis* L.) populations based on morphological traits and essential oils content. Annals Biological Res, 3(12): 5748-53.
- Ahmadian Yazdeli, M., Tallei, D., Kordnaecheh, A. and Forghani, A.R., 2016. Genetic structure of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) based on morphological analysis. Proceedings of the Twenty-Fourth National Congress of Genetics. Shahid Beheshti University, Tehran (In Persian).
- Allard, R.W., 1999. Principles of Plant Breeding. John Wiley & Sons, New York.
- Askari, F. and Sefidkon, F., 2004. Essential oil composition of *Melissa officinalis* L. from different regions. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 20(2): 229-237 (In Persian).
- Aziz, E.E. and El-Ashry, S.M., 2009. Efficiency of slow release urea fertilizer on yield and essential oil production of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) plant. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science, 5(2): 141-147.
- Babalar, M., Khoshsookhan, F., Fattahi Moghadam, M.R. and Pourmeidani, A., 2013. Assessment of morphological diversity and oil yields in some populations of thyme (*Thymus kotschyanus* Boiss. & Hohen). Iranian Journal of Horticultural Science, 44 (2): 119-128 (In Persian).

کلی می‌توان آنها را به‌عنوان جمعیت‌های مطلوب در شرایط آب و هوایی این پژوهش محسوب کرد. نکته قابل ذکر قرار گرفتن جمعیت‌های جمع‌آوری شده از قزوین و همچنین جمعیت‌های تهران و کرج در یک گروه می‌باشد که با منشأ جغرافیایی آنها مطابقت داشت. جمعیت آلمان در کنار جمعیت‌های کامیاران، اردبیل و اصفهان قرار گرفت که نشان از تشابه ژنتیکی این جمعیت خارجی با برخی از ژرم‌پلاسم‌های داخل کشور از لحاظ صفات رویشی و اسانس داشت. دیگر جمعیت خارجی یعنی ژاپن، از لحاظ اغلب صفات رویشی مقادیر بالایی از خود نشان داد و استفاده از آن در برنامه‌های اصلاحی مرتبط با صفات رویشی قابل پیشنهاد است. بررسی فواصل مربع اقلیدسی بین جمعیت‌های بادرنجبویه از نظر صفات مورد مطالعه حکایت از آن دارد که چنانچه از دو جمعیت ژاپن و اصفهان و یا ژاپن و فارس دورگ‌گیری شود، نتایج حاصل بسیار متنوع خواهند بود ولی دورگ‌گیری بین جمعیت‌هایی که دارای فاصله ژنتیکی کمی با یکدیگر هستند، توصیه نمی‌شود (Allard, 1999). با انجام تجزیه خوشه‌ای به روش Ward و مربع فاصله اقلیدسی بر روی ۱۳ جمعیت بادرنجبویه، Ahmadian Yazdeli و همکاران (۲۰۱۶) بیان کردند که جمعیت‌های رشت، لاهیجان، کرج، ژاپن، ارومیه، مجارستان، شبستر، نیشابور، مرند، مشهد، ملارد و هیر در چهار گروه قرار گرفتند. این محققان در پژوهش خود بیشترین فاصله ژنتیکی را بین جمعیت‌های شیراز و مرند مشاهده کردند و استفاده از آنها را به‌منظور تولید جمعیت‌های در حال تفرق و نقشه‌یابی در برنامه به‌نژادی بادرنجبویه پیشنهاد کردند.

در مجموع نتایج این مطالعه بیانگر وجود تنوع ژنتیکی قابل ملاحظه‌ای بین جمعیت‌های ایرانی و خارجی از نظر اغلب صفات مورد بررسی بود. نتایج نشان داد که صفات درصد و عملکرد اسانس، تعداد ساقه در بوته و وزن تر ساقه در بوته و برگ از لحاظ پارامترهای ژنتیکی مانند ضریب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی، وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی از مقادیر بالایی برخوردار بوده و استفاده از آنها در برنامه‌های اصلاحی بادرنجبویه پیشنهاد می‌شود. جمعیت‌های خارجی

- thesis, University of Guilan, Iran, 105 pp (In Persian).
- Kheradmannia, M. and Alirezaei, M., 2015. An introduction to multivariate statistics. Negarkhaneh Press, Iran. 222 pp (In Persian).
  - Khorsand, A., 2012. Medicinal plants. Shahrab Press, Iran, 212 pp (In Persian).
  - Madani, Z. and Fotukian, M.H., 2014. Genetic Diversity of some morphological traits in four populations of lemon balm *Melissa officinalis* L. 1<sup>th</sup> Electronic Conference on Environment and Findings in Agricultural Ecosystems. University of Tehran, Iran (In Persian).
  - Makeen, K., Abraham, G., Jan, A. and Singh, A.K., 2007. Genetic variability and correlation studies on yield and its components in mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek]. Journal of Agronomy, 3: 25-34.
  - Mohammadi, S.A. and Prasanna, B.M., 2003. Analysis of genetic diversity in crop plants—salient statistical tools and considerations. Crop Science, 43(4): 1235-1248.
  - Moradkhani, H., Sargsyan, E., Bibak, H., Naseri, B., Sadat-Hosseini, M., Fayazi-Barjin, A. and Meftahizade, H., 2010. *Melissa officinalis* L., a valuable medicine plant: Journal of Medicinal Plants Research, 4: 2753-2759.
  - Muhammed, A., 2012. Genetic diversity in plants (Vol. 8). Springer Science and Business Media, USA, 506 pp.
  - Muller, S.F. and Klement, S., 2006. A combination of valerian and lemon balm is effective in the treatment of restlessness and dyssomnia in children. Phytomedicine, 13: 383-387.
  - Omidbeigi, R., 2005. Production and processing of medicinal plants. Astan Quds Razavi Press, Iran, 347 pp (In Persian).
  - Osman Sari, A. and Ceylan, A., 2002. Yield characteristics and essential oil composition of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) grown in the Aegean region of Turkey. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 26: 217-224.
  - Patora, J., Majda, T., Góra, J. and Klimek, B., 2003. Variability in the content and composition of essential oil from lemon balm (*Melissa officinalis* L.) cultivated in Poland. Acta Poloniae Pharmaceutica, 60: 395-400.
  - Perry, E.K., Pickering, A.T., Wang, W.W., Houghton, P.J. and Perry, N.S., 1999. Medicinal plants and alzheimer's disease: from ethnobotany to phytotherapy. Journal of Pharmacy, 51: 527-534.
  - Saglam, C., Atakisi, I., Turhan, H., Kaba, S., Arslanoglu, F. and Onemli, F., 2004. Effect of
  - Bigdelou, M., Nazeri, V. and Hadian, J., 2013. Evaluation of morphological characters in different populations Kermani thyme (*Thymus caramanicus* Jalas) species native to Iran. Journal of Crop and Farming Breeding Plants, 1(2): 145-160 (In Persian).
  - Bisset, N.G. and Wichtl, M., 1994. Herbal drugs. Medpharm Scientific Publishers, Germany, 352 pp.
  - Brezovac, N., Carovi, K., Kolak, I., Britvec, M. and Šatovi, Z., 2005. Characterization and evaluation of lemon balm (*Melissa officinalis*) accessions held at Croatian bank of plant genes. Sjeminarstvo, 23(1): 57-66.
  - Chahal, G.S. and Gosal S.S., 2002. Principles and procedures of plant breeding: biotechnological and conventional approaches. CRC Press Boca Raton, England, 604 pp.
  - Cosge, B., Ipek, A. and Gurbuz, B., 2009. GC/MS analysis of herbage essential oil from lemon balms (*Melissa officinalis* L.) grown in Turkey. Journal of Applied Biological Sciences, 3(2): 136-139.
  - Eyvazi, A. and Heydari Rikan, M., 2011. Medicinal plants (with an emphasis on improving them). Jahad Daneshgahi Urmia University Press, Iran, 184 pp (In Persian).
  - Falconer, D.S., 1960. Introduction to Quantitative Genetics. Pearson Education, India, 305 pp.
  - Farshadfar, A., 2010. Principles and Multivariate Statistical Methods. Taq-e Bostan Press, Iran, 754 pp (In Persian).
  - Fufa, H., Baenziger, P.S., Beecher, B.S., Dweikat, I., Graybosch, R.A. and Eskridge, K.M., 2005. Comparison of phenotypic and molecular marker-based classifications of hard red winter wheat cultivars. Euphytica, 145: 133-146.
  - Heidari, S., Azizi, M., Soltani, F. and Hadian, J., 2014. Foliar application of Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> and KNO<sub>3</sub> affects growth, essential oil content, and oil composition of French tarragon. Industrial Crops and Products, 62: 526-532.
  - Immanuel, S.C., Pothiraj, N., Thiyagarajan, K., Bharathi, M. and Rabindran, R., 2011. Genetic parameters of variability, correlation and path coefficient studies for grain yield and other yield attributes among rice blast disease resistant genotypes of rice (*Oryza Sativa* L.). African Journal of Biotechnology 10: 3322-3334.
  - Jafarzadeh, A.A., kasrayi, R. and Neyshabouri, M.R., 1997. Detailed studies of 18 hectares of land and soils research station Karkaj. Journal of Agricultural Knowledge, 7 (1): 187-213 (In Persian).
  - Keyvanpajouh, S., 2011. Genetic diversity of Iranian yarrow (*Achillea* ssp.) populations using molecular markers and assessment of their essential oils. M.Sc



- authenticity, production and pharmacological activity. *International Journal of Aromatherapy*, 10: 7-15.
- Talle, B., Darvish, F., Mohammadi, A., Abbaszadeh, B. and Rohami, M., 2012. Assessment of relationship between effective traits on yield and compounds of essential oil and morphological traits of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) accessions using path analysis and canonical correlation. *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, 2: 3719-3723.
  - Tomlinson, T.R. and Akerele, O., 2015. *Medicinal plants: their role in health and biodiversity*. University of Pennsylvania Press, USA, 221 pp.
  - Toth, J., Mrlanova, M., Tekelova, D. and Koremova, M., 2003. Rosmarinic acid an important phenolic active compound of lemon balm (*Melissa officinalis* L.). *Acta Facultatis Pharmaceuticae Universitatis Comenianaе*, 50: 146-139.
  - propagation method, plant density and age of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) herb and oil yield. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Scienc*, 32 (4): 419-423.
  - Salamati, M. and Yousefi, M., 2014. Evaluation of variation for yield and morphological traits in *Dracocephalum moldavica* L. genotypes. *Journal of Plant Research*, 27(1): 91-99 (In Persian).
  - Seidler-Ło ykowska, K., Bocianowski, J. and Król, D., 2013. The evaluation of the variability of morphological and chemical traits of the selected lemon balm (*Melissa officinalis* L.) genotypes. *Industrial Crops and Products*, 49: 515-520.
  - Sen, S., Chakraborty, R. and De, B., 2011. Challenges and opportunities in the advancement of herbal medicine: India's position and role in a global context. *Journal of Herbal Medicine*, 1(3): 67-75.
  - Sorensen, J.M., 2000. *Melissa officinalis*, essential oil,

## Evaluation of genetic diversity in populations of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) in terms of agronomic traits, essential oil and citral concentration

M. H. Rahimi<sup>1\*</sup>, S. Aharizad<sup>2</sup> and N. Mohebalipour<sup>3</sup>

1\* - Corresponding Author, PhD, Graduated from Dept. of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Shahrekord, I.R. Iran. Email: moh124000@gmail.com

2 - Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, I.R. Iran.

3 - Assist. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Mianeh Branch, I.R. Iran.

Received: 13.10.2016 Accepted: 02.01.2017

### Abstract

With many applications in treating and relieving of illnesses, lemon balm (*Melissa officinalis* L.) is considered as a valuable medicinal plant; as a result, sufficient knowledge about its genetic variation and its classification is necessary for selecting suitable genotypes for breeding purposes. Therefore, present study was to investigate genetic diversity and relationships between several traits of 11 populations of lemon balm consisted of nine Iranian plant populations and two foreign plant populations using randomized completely block design with three replications during 2011 and 2012 in research farm of University of Tabriz. Results of analysis of variance showed that genetic diversity for most of the traits was significant. Study of genetic parameters revealed that percentage and yield of essential oil, number of stems per plant, fresh weight of stem and citral concentration had the highest amounts of genetic advance, genetic and phenotypic coefficient of variations. The highest heritability was observed on fresh weight of stems per plant ( $h^2=0.71$ ), essential oil percentage ( $h^2=0.59$ ) and number of stem per plant ( $h^2=0.58$ ). Ardabil population was superior in terms of citral concentration and percentage and yield of essential oil among the populations. Pearson correlation coefficients indicated a positive and significant relationship between essential oil yield with chlorophyll index, leaf length and width and essential oil percentage and also a significant negative correlation with number of nodes. In factor analysis based on principal component analysis method with eigenvalues greater than one, five factors were determined that a total of 87.40% of the total variance was explained by them. Cluster analysis divided the studied populations into three groups. Due to the observed variability in the present study, selection of desirable populations for breeding programs regarding to improvement of agronomic traits and essential oil of the species is possible.

**Keywords:** Agronomic traits, essential oil, genetic diversity, lemon balm.