Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 51, No 2, Summer 2020 (295-305)
DOI: 10.22059/ijhs.2019.275826.1600

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۵۱، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۹ (ص ۳۰۵-۲۹۵)

بررسی ترکیب‌پذیری عمومی خصوصیات مورفولوژی و فیتوشیمیایی در جمعیت‌های مختلف آویشن دنایی (*Thymus daenensis* Celak) در آزمون پلی‌کراس

سیاوش محمدی[۱]، لیلا تبریزی رائینی[۲*]، مجید شکرپور[۳]، جواد هادیان[٤] و هارتویگ شولز[٥]

۱، ۲ و ۳. دانشجوی دکتری، استادیار و دانشیار، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج

٤. دانشیار، پژوهشکدهٔ گیاهان و مواد اولیهٔ دارویی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

٥. استاد، مؤسسه JKI آلمان، برلین

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۲۱ – تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۲۲)

چکیده

آویشن دنایی (*Thymus daenensis* Celak) یکی از گونه‌های اندمیک ایران است که به‌دلیل داشتن درصد بالای اسانس و همچنین میزان بالای تیمول در اسانس اهمیت دارد و در صنایع دارویی و غذایی استفاده آن رو به گسترش است. به‌منظور ارزیابی خصوصیات ژنتیکی و ترکیب‌پذیری عمومی (GCA)، ۱۲ جمعیت آویشن دنایی از طرح آمیزشی پلی‌کراس استفاده شد. خزانه پلی‌کراس در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ٦ تکرار در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹٤ اجرا شد. سپس آزمون نتاج پلی‌کراس در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹٦ در ایستگاه تحقیقاتی گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز دانشگاه تهران واقع در کرج مورد مطالعه قرار گرفت. صفات رشدی و عملکردی، درصد و عملکرد اسانس و میزان تیمول و کارواکرول مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. نتایج نشان داد که از نظر صفات مؤثر در عملکرد مانند ارتفاع بوته، وزن تر و خشک بوته و وزن خشک برگ جمعیت‌های ایلام، اصفهان ۲، مرکزی ۱ و ۲ میزان ترکیب‌پذیری عمومی بالایی را نشان دادند و جمعیت‌های ایلام و ملایر ۲ بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی را برای درصد اسانس و عملکرد اسانس نشان دادند. به‌طورکلی، نتایج این پژوهش حاکی از تنوع بالای جمعیت‌های مورد مطالعه از نظر خصوصیات مورفولوژیک و فیتوشیمیایی بود و در نهایت می‌توان از جمعیت های ایلام، ملایر ۲، مرکزی ۱ و مرکزی ۲ جهت ایجاد رقم سنتتیک و یا خزانه ژنتیکی جدید برای گزینش ژنوتیپ های برتر استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: اسانس، اصلاح آویشن، تیمول، خصوصیات ژنتیکی.

Study on general combining ability of morphological and phytochemical traits in different populations of *Thymus daenensis* in polycross test

Siavash Mohammadi[1], Leila Tabrizi[2*], Majid Shokrpour[3], Javad Hadian[4] and Hartwig Schulz[5]
1, 2, 3. Ph.D. Candidate, Assistant Professor and Associate Professor, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, 31587-11167, Iran
4. Associate Professor, Medicinal Plants and Drugs Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
5. Professor, Julius Kühn-Institut (JKI), 14195 Berlin, Germany
(Received: Feb. 10, 2019 - Accepted: Mar. 13, 2019)

ABSTRACT

Thymus daenensis, one of the endemic thyme in Iran, is very important in the pharmaceutical and food industries due to high percentage of essential oils and high levels of thymol in essential oils. In order to evaluate genetic parameters and general combining ability (GCA) in 12 populations of *T. daenensis*, a polycross design has been used. Polycross test in a randomized complete block design with 6 replications in 2014 and 2015, and polycross progeny test in a randomized complete block design with 3 replications in 2016 and 2017 were carried out in the Horticultural Department, University of Tehran. Karaj. Iran. Morphological traits, essential oil content and yield, thymol and carvacrol were evaluated. Results revealed that, the high level of GCA for important traits such as plant height, plant fresh and dry weight and leaf dry weight were obtained in populations of Ilam, Isfahan 2, Markazi 1 and Markazi 2 and for essential oil percentage and yield were obtained in populations of Ilam and Malayer 2. Overall, the results of this study indicated a high diversity for morphological and phytochemical traits in studied populations. Also, Ilam, Malayer 2, Markazi 1 and Markazi 2 populations with positive and high GCA provide good opportunities for creating synthetic varieties or new genetic source for selection of superior genotypes.

Keywords: Essential oil, genetic parameters, thyme breeding, thymol.

* Corresponding author E-mail: l.tabrizi@ut.ac.ir

مقدمه

آویشن (*Thymus* spp.) یکی از مهمترین گیاهان دارویی است که کاربرد فراوانی در صنایع دارویی، غذایی و ادویه ای دارد. جنس آویشن (*Thymus*) از تیره نعناع (Lamiaceae) است که در برگیرنده حدود ۸۰۰ گونه در دنیا می‌باشد. جنس آویشن در ایران نیز از تنوع گونه‌ای قابل‌توجهی برخوردار است، به‌طوری که ۱۸ گونه مختلف از این جنس در بخش‌های مختلف ایران گزارش شده که در این میان چهار گونه اندمیک یا انحصاری هستند. یکی از گونه‌های اندمیک آویشن در ایران، آویشن دنایی (*Thymus daenensis* Celak) (Jamzad, 2009) می باشد که به‌دلیل داشتن تیمول بالا در اسانس آن و همچنین اسیدهای فنولی آزاد به‌ویژه رزمارینیک اسید در عصاره، کاربرد آن در صنایع دارویی و غذایی رو به گسترش است (Omidbeigi, 2004). از این‌رو، آویشن دنایی به‌عنوان یک گزینه مطلوب برای تأمین مواد اولیه گیاهی برای داروهای مبتنی بر تیمول مطرح است. اسانس گل و برگ آویشن دنایی دارای اثرهای ضداسپاسم، ضدنفخ، ضدروماتیسم و ضدعفونی کننده قوی است. همچنین از اسانس برخی گونه‌های آویشن در تهیه محلول دهان‌شویه و شربت ضدسرفه استفاده می‌شود (Taherian *et al*., 2009). علاوه بر این اندام هوایی این گیاه به‌طور گسترده‌ای در درمان بیماری‌های التهابی و سرماخوردگی و نیز درمان ناراحتی‌های گوارشی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Tohidi *et al*., 2017). لازم به ذکر است که مقدار تیمول در آویشن دنایی تا بیش از ۸۰ درصد و میزان اسانس نیز تا بیش از پنج درصد گزارش شده است (Rustaie *et al*., 2009).

با وجود اهمیت آویشن دنایی در صنایع دارویی، تحقیقات اندکی در زمینه به‌نژادی و ایجاد رقم‌های مناسب جهت استفاده در سیستم‌های کشت انجام شده و عمده تحقیقات در زمینه بررسی تنوع جمعیت‌های مختلف این گونه بوده است. براساس این تحقیقات تنوع بسیار بالایی از لحاظ ژنتیکی، مورفولوژی و فیتوشیمیایی در آویشن دنایی گزارش شده است (Rustaie *et al*., 2009). آویشن دنایی گیاهی دگرگشن بوده و گرده‌افشانی در آن توسط حشرات به‌ویژه زنبور عسل انجام می‌شود. علاوه بر این به‌دلیل ریز بودن گل‌های آویشن و این‌که گل آذین آویشن فشرده است و گل‌ها همزمان باز نمی‌شوند عمل دورگ گیری و اخته‌کردن دستی بسیار دشوار است. بنابراین اغلب سیستم‌های اصلاحی در این نوع گیاهان نظیر آویشن روش‌هایی هستند که نیازی به اخته کردن و یا تلاقی با دست ندارند (Kasperbauer, 1990). در این راستا در مراحل اولیه برنامه‌های اصلاحی برای جوامع بزرگ این گیاهان می‌توان از طریق ارزیابی ترکیب‌پذیری، جمعیت‌های برتر را انتخاب کرد. ترکیب‌پذیری عمومی ژنوتیپ، متوسط مشارکتی است که آن ژنوتیپ در عملکرد یک سری از ترکیبات هیبریدی و در مقایسه با مشارکت و نقش سایر ژنوتیپ‌ها دارد و بیانگر میزان اثر افزایشی ژن‌هاست (Wricke & Weber, 1986).

پلی‌کراس یکی از روش‌های ارزیابی ترکیب‌پذیری عمومی می‌باشد که از طریق آزادگرده‌افشانی گروهی از ژنوتیپ‌ها به‌طور تصادفی و یکنواخت انجام می‌شود. در این روش بهترین والدین از نظر ترکیب‌پذیری عمومی انتخاب و برای ایجاد یک خزانه ژنی جدید و یا تولید رقم ساختگی (سنتتیک) مورد استفاده قرار می‌گیرند (Wricke & Weber, 1986). هدف از تولید این رقم‌های در برنامه‌های اصلاحی، تهیه رقمی است که علاوه بر بهره‌برداری از خصوصیات ژنوتیپ‌های گوناگون، در رابطه با صفت موردنظر از مقداری یکنواختی نیز برخوردار باشد. (Hassani *et al*., 2005). از پلی‌کراس در برنامه‌های اصلاحی گیاهان مختلف به‌ویژه گیاهان علوفه‌ای همچنین در گیاهانی مثل آویشن که دارای گلچه‌های ریز و دگرگشن هستند می‌توان استفاده کرد (Nguyen and Sleeper, 1983). استفاده از تلاقی‌های پلی‌کراس به‌دلیل سهولت اجرا، تولید بذر فراوان، تعداد والد بیشتر و استفاده از آثار افزایشی برای تهیه ارقام ساختگی متداول است (Frandsen, 1940; Hanson, 1988).

در گیاهان دارویی تلاقی‌های پلی‌کراس به‌منظور تعیین والدین رقم‌های ساختگی متعدد با موفقیت انجام شده است. در برنامه اصلاحی درمنه شرقی (*Artemisia scoparia*) پس از بررسی تنوع جمعیت‌های طبیعی، ۲۵ فرد با ویژگی‌های مطلوب را انتخاب و هم‌گروه نمودند. سپس با انجام تلاقی پلی‌کراس بین این هم‌گروه‌ها و

ارزیابی نتاج آن‌ها، هم‌گروه‌های با ترکیب‌پذیری مناسب انتخاب و جهت ایجاد رقم ساختگی ترکیب شدند (Heuberger, 2010). همچنین به روشی مشابه، رقم‌های ساختگی دو گونه مریم گلی (*Salvia miltiorrhiza*)، دم شیر (*Leonurus japonica*) و زیره (*Carum carvi*) اصلاح و معرفی شدند (Heuberger, 2010). روش تولید واریته ساختگی برای اصلاح اسطوخودوس فرانسوی (*Lavandula angustifolia*) نیز مورد استفاده قرار گرفته است. نتیجه حاصل معرفی رقم سنتتیک 'Etherio' بود که دارای سازگاری، زنده مانی و عملکرد گل و اسانس بالا و درصد بالای ترکیبات لینالول و لینالیل استات بود (Hassiotisa *et al*., 2010). در گیاه مرزه رشینگری (*Satureja rechingeri* Jamzad) که از گونه‌های اندمیک ایران است به‌منظور تعیین والدین مناسب در تولید واریته سنتتیک، همگروه‌های این گیاه مورد بررسی قرار گرفتند. در این تحقیق، نتاج نیمه خواهری از تلاقی پلی‌کراس هم‌گروه‌های برتر تهیه و جهت ارزیابی کشت شدند. با گزینش ۲۰ درصد از خانواده‌های ناتنی برای صفت عملکرد اسانس براساس قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی خانواده‌های گوناگون به‌عنوان والدین مناسب جهت تولید واریته سنتتیک انتخاب شدند (Eghlima *et al*., 2015). همچنین در تحقیقی به‌منظور ارزیابی ترکیب‌پذیری عمومی در گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum*)، تلاقی پلی کراس بین ۱۲ توده مختلف صورت پذیرفت و بذرهای حاصل از پلی کراس ۱۲ توده ارزیابی شدند. در نهایت با توجه به میزان قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی توده‌ها و به‌ویژه با لحاظ کردن عملکرد بذر توده‌های نهاوند ۱، نهاوند ۲، مرکزی و قزوین برای ایجاد رقم ساختگی انتخاب شدند (Kermanshahani *et al*., 2018). همچنین در مطالعات گوناگون از تلاقی‌های پلی‌کراس در گیاهان زراعی و علوفه ای نیز برای افزایش عملکرد و بهبود صفات مهم و تولید ارقام سنتتیک استفاده شده است که از جمله آنها می‌توان به فستوکای بلند (*Festuca aurondinace* Schreb) (Amini, 2015)، اسپرس (*Onobrychis viciifolia*) (Tourchi *et al*., 2007)، یونجه (Monirifar, 2010)، پیاز (Mansouri, 2008) و سایر گیاهان علوفه‌ای و مرتعی (Kölliker *et al*., 2005; Vogel & Mitchell, 2008; Shah Nazari *et al*., 2010; Zarabian & Majidi, 2010; Amini, 2011; Araghi, 2011) اشاره نمود. به‌طور کلی هدف از انجام تحقیق حاضر ارزیابی جمعیت‌های مختلف آویشن دنایی از لحاظ ترکیب‌پذیری و پارامترهای ژنتیکی در آزمون پلی‌کراس جهت شناسایی جمعیت‌های مناسب با ترکیب‌پذیری بالا به‌منظور تولید ارقام سنتتیک و یا ایجاد خزانه ژنتیکی جدید جهت گزینش ژنوتیپ‌های برتر بود.

مواد و روش‌ها

محل و زمان آزمایش

این تحقیق در سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۶ در دو مرحله شامل تشکیل خزانه پلی‌کراس و آزمون پلی‌کراس درگلخانه و مزرعه تحقیقاتی گروه علوم و مهندسی باغبانی و فضای سبز دانشگاه تهران واقع در کرج اجرا شد.

مواد گیاهی

مواد گیاهی شامل بذر ۱۲جمعیت آویشن دنایی جمع‌آوری شده از نقاط مختلف کشور بودند که مشخصات آن‌ها در جدول ۱ آمده است. بذر این جمعیت‌ها از مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، پژوهشکده گیاهان و مواد اولیه دارویی دانشگاه شهید بهشتی و گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز دانشگاه تهران تهیه شدند.

ایجاد خزانه پلی‌کراس

ابتدا بذر جمعیت‌های مختلف آویشن دنایی در بهمن‌ماه سال ۱۳۹۳ در گلخانه تحقیقاتی گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز دانشگاه تهران در سینی کشت و بستر پیت ماس کشت و آبیاری به‌طور مرتب انجام شد و در اردیبهشت سال ۱۳۹۴ نشاهای آویشن دنایی آماده انتقال به زمین اصلی شدند. برای تشکیل خزانه پلی‌کراس و به‌منظور توزیع تصادفی مواد گیاهی از طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار (جمعیت‌ها) و ۶ تکرار استفاده شد.

جدول ۱. نام و محل جمع‌آوری جمعیت‌های مختلف آویشن دنایی مورد استفاده

Table 1. The Names and collection locations of the studied populations of *Thymus daenensis*

Population number	Population name	Collection province	Population number	Population name	Collection province
1	Khanemiran	Markazi	7	Malayer 1	Hamedan
2	Arak	Markazi	8	Malayer 2	Hamedan
3	Markazi 1	Markazi	9	Lorestan	Lorestan
4	Markazi 2	Markazi	10	Zagheh	Lorestan
5	Isfahan 1	Isfahan	11	Ilam	Ilam
6	Isfahan 2	Isfahan	12	Fars	Fars

زیرا این طرح بیشترین شانس را برای گرده‌افشانی تصادفی و وقوع تلاقی‌های پلی‌کراس بین توده‌ها فراهم می‌آورد. فاصله بین ردیف‌های کشت ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی هر ردیف ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. پس از انتقال نشاها به مزرعه خزانه پلی‌کراس آبیاری گیاهان توسط سیستم آبیاری قطره ای انجام شد و در بهار و تابستان گیاهان از نظر علف‌های هرز کنترل شدند. در تابستان ۱۳۹۴ گیاهان وارد مرحله گلدهی شدند در این زمان گرده‌افشانی تصادفی بین توده‌ها توسط حشرات گرده‌افشان، به‌خصوص زنبور عسل انجام شد. جهت بهبود کارایی گرده‌افشانی از کندوی زنبور عسل (دو عدد در صد متر مربع) در مزرعه نیز استفاده شد. به دنبال گرده‌افشانی مناسب و تصادفی بین جمعیت‌های مذکور در خزانه پلی‌کراس، تکامل و رسیدن میوه و بذر در آنها به خوبی صورت پذیرفت. سپس در پاییز ۱۳۹۴ پس از رسیدن کامل بذرها به تفکیک جمعیت برداشت و سپس بوجاری شدند. در نهایت ۱۲ توده بذری حاصل شد که جهت ادامه آزمایش و آزمون نتاج پلی‌کراس در سردخانه نگهداری شدند.

ارزیابی نتاج پلی‌کراس

به‌منظور ارزیابی نتاج حاصل از خزانه پلی‌کراس جهت گزینش جمعیت‌های برتر با قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی بالا، بذرهای جمع‌آوری‌شده از مرحله قبل، ابتدا در زمستان ۱۳۹۴ در گلخانه و در سینی نشا و بستر پیت ماس کشت و آبیاری شدند و در بهار ۱۳۹۵ گیاهان به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در زمین اصلی کشت شدند. فاصله بین ردیف‌های کشت ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی هر ردیف ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. پس از انتقال نشاها به مزرعه آبیاری گیاهان توسط سیستم آبیاری قطره ای انجام شد و در بهار و تابستان ۱۳۹۵ گیاهان از نظر علف‌های هرز کنترل شدند. با توجه به این‌که آویشن دنایی گیاهی چند ساله است، گیاهان در سال اول رشد در مزرعه پتانسیل واقعی خود را از نظر رشد و عملکرد نشان نخواهند داد و صرفا جنبه استقرار گیاهان مطرح است. لذا در سال اول (بهار و تابستان ۱۳۹۵) گیاهان از نظر آبیاری و علف‌های هرز کنترل شدند و اندازه‌گیری صفات مختلف در سال دوم و در مرحله گلدهی کامل (بهار و تابستان ۱۳۹۶) انجام گرفت.

اندازه‌گیری صفات رشدی و عملکرد

اندازه‌گیری صفات رشدی و عملکردی نتاج پلی‌کراس در سال دوم (۱۳۹۶) کشت در مرحله گلدهی کامل (خرداد ماه) انجام شد. برای هر خانواده ناتنی در هر بلوک ۲۰ گیاه و در نهایت ۶۰ گیاه (مجموع ۳ بلوک) اندازه‌گیری شد. صفات رشدی اندازه‌گیری شده شامل ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های جانبی، طول میانگره، تعداد میانگره، طول گل آذین اصلی، طول برگ، عرض برگ، فرم بوته (بین عدد ۱ (کاملاً خوابیده) تا ۵ (کاملاً ایستاده))، وزن تر و خشک بوته، وزن خشک برگ و نسبت برگ به کل بوته بود. همچنین پس از اندازه‌گیری صفات رشدی، گیاهان برداشت شدند و جهت انجام آنالیزهای فیتوشیمیایی شامل درصد و عملکرد اسانس و اجزای اصلی اسانس (تیمول و کارواکرول)، در سایه خشک‌شدند.

استخراج اسانس

پس از خشک‌شدن گیاهان در سایه و در دمای اتاق، استخراج اسانس با استفاده از روش تقطیر با آب توسط

دستگاه کلونجر بر اساس فارماکوپه بریتانیا و به‌مدت ۳ ساعت انجام شد (British pharmacopoeia, 1988). سپس اسانس حاصل در ظرف‌های شیشه‌ای مناسب تا زمان انجام آنالیز اسانس در یخچال نگهداری شد.

آنالیز اسانس با استفاده از دستگاه GC/MS و GC/FID

استخراج اسانس و همچنین آنالیز اجزای اسانس به‌خصوص تیمول و کارواکرول، توسط دستگاه GC/MS و GC/FID در گروه فیتوشیمی مؤسسه JKI شهر برلین در کشور آلمان انجام شد. اسانس جمعیت‌های مختلف آویشن دنایی پس از آماده‌سازی، به‌دستگاه گاز گروماتوگرافی گازی مجهز به طیف‌سنج جرمی (GC/MS) و دستگاه گروماتوگرافی گازی مجهز به دتکتور FID (GC/FID) تزریق شد. دستگاه GC/MS مورد استفاده از نوع Agilent مدل MSD 5972/HP با ستون MS-HP۵ به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه ۰/۵ میکرومتر بود. برنامه دمایی ستون به این نحو تنظیم شد کـه ابتدا از ۶۰ تا ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد با گرادیان حرارتی ۳ درجه سانتی‌گراد در دقیقه و سپس تا ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد با گرادیان ۸ درجه سانتی‌گراد در دقیقه افزایش یافت و به‌مدت ۱۰ دقیقه در این دما متوقف شد. دمای اتاقک تزریق ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد بود و از گاز هلیم به‌عنوان گاز حامل با سرعت جریان ۱/۱ میلی‌لیتر در دقیقه استفاده شد. طیف‌سنج جرمی (MS) مورد استفاده با ولتاژ یونیزاسیون ۷۰ الکترون ولت، روش یونیزاسیون EI و نرم‌افزار مورد استفاده Chemstation بود. شناسایی طیف‌ها به‌کمک شاخص بازداری آنها و مقایسه آن با شاخص‌های موجود در کتب مرجع (Adams, 2017) و با استفاده از طیف‌های جرمی ترکیبات استاندارد و استفاده از اطلاعات موجود در کتابخانه کامپیوتری صورت گرفت. دستگاه GC/FID از نوع Agilent مدل 6890N HP با ستون HP-۵ به طول ۵۰ متر، قطر داخلی ۰/۳۲ میلی‌متر و ضخامت لایه ۰/۵۲ میکرومتر بود. برنامه دمایی ستون از ۶۰ تا ۲۲۰ درجه با گرادیان حرارتی ۸ درجه در دقیقه تنظیم شد و به‌مدت ۱۰ دقیقه در این دما متوقف شد. همچنین دمای اتاقک تزریق ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد و از گاز هیدروژن به‌عنوان گاز حامل با سرعت جریان ۱/۰ میلی‌لیتر در دقیقه استفاده شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

مقادیر ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) برای صفات مختلف از اختلاف بین میانگین هر توده با میانگین کل محاسبه شد (Lothrop *et al*., 1985). اجزای واریانس محیطی و ژنتیکی براساس امید ریاضی میانگین مربعات برآورد گردیدند. ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی به‌ترتیب به صورت نسبت انحراف معیار فنوتیپی و ژنتیکی به میانگین هر صفت محاسبه گردیدند (Lothrop *et al*., 1985).

$$V_G = (MSg - Mse)/r$$

$$V_P = V_G + V_E$$

$$PCV = \frac{\sqrt{VP}}{\bar{x}} \times 100$$

$$GCV = \frac{\sqrt{VG}}{\bar{x}} \times 100$$

در این فرمول‌ها، V_E واریانس محیطی، V_G واریانس ژنتیکی، V_P واریانس فنوتیپی، Mse میانگین مربعات خطای آزمایش، MSg میانگین مربعات ژنوتیپ‌ها (تیمار)، PCV ضریب تغییرات فنوتیپی و GCV ضریب تغییرات ژنوتیپی می‌باشند. برآورد وراثت پذیری خصوصی (h^2) و بازده ژنتیکی (ΔG) صفات نیز از طریق فرمول‌های زیر محاسبه شد. در این فرمول، σ^2_{gca} برآوردی از واریانس ترکیب‌پذیری عمومی (واریانس ژنتیکی)، σ^2_e برآورد واریانس خطا در جدول تجزیه واریانس، h^2 وراثت پذیری خصوصی، k شدت گزینش و σ_p جذر واریانس فنوتیپی صفت می باشد همچنین در این تحقیق شدت گزینش ۵ درصد و k=2.06 بود (Nguyen & Sleper, 1983).

$$H^2 = \frac{\sigma^2_A}{\sigma^2_P} = \frac{4\sigma^2_{gca}}{4\sigma^2_{gca}+\sigma^2_e}$$

$$\Delta G = k\, h^2\, \sigma_p$$

تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از این آزمایش و محاسبات مربوطه با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS ver. 20 و اکسل ۲۰۱۳ انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات مختلف نتاج پلی‌کراس در جمعیت‌های مختلف آویشن دنایی در جدول ۲ نشان داده شده است. براساس این نتایج اثر جمعیت برای صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، تعداد میانگره، طول برگ، وزن خشک بوته، وزن خشک برگ، درصد اسانس و عملکرد اسانس در سطح ۵ درصد و برای صفات عرض برگ، فرم بوته، وزن تر بوته، نسبت برگ به کل بوته، تیمول و کارواکرول در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد.

ترکیب‌پذیری عمومی (GCA)

مقادیر ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) صفات مختلف در جدول ۳ نشان داده شده است. همان‌طورکه مشاهده میشود، میانگین ارتفاع بوته در بین جمعیت‌های مختلف ۲۳/۸۴ سانتی‌متر بود. برای صفت ارتفاع بوته بیشترین مقادیر ترکیب‌پذیری عمومی به‌ترتیب در جمعیت‌های مرکزی ۲، مرکزی ۱، اراک و ایلام و کمترین میزان آن به‌ترتیب در جمعیت‌های زاغه، ملایر ۲، لرستان و اصفهان ۱ به‌دست آمد. از نظر تعداد شاخه جانبی در بوته با میانگین ۶۹/۳۳ بین خانواده‌های ناتنی، بیشترین مقدار ترکیب‌پذیری عمومی به‌ترتیب در جمعیت‌های مرکزی۲، مرکزی ۱، فارس و اصفهان ۲ مشاهده شد و جمعیت‌های لرستان، زاغه، ایلام و خانه میران به‌ترتیب کمترین میزان ترکیب‌پذیری را برای تعداد شاخه جانبی در بوته نشان دادند. همچنین بیشترین میزان ترکیب‌پذیری عمومی در صفت تعداد میانگره به‌ترتیب در جمعیت‌های مرکزی ۲ و ایلام مشاهده شد و کمترین میزان آن به‌ترتیب در جمعیت‌های اصفهان ۱، زاغه و لرستان بود و میانگین آن نیز در بین جمعیت‌ها برابر ۸/۹۶ حاصل شد. بیشترین میزان ترکیب‌پذیری عمومی در صفت فرم بوته مربوط به جمعیت ایلام و بعد از آن به‌ترتیب مربوط به جمعیت‌های اراک، ملایر ۱ و ملایر ۲ بود. میانگین وزن تر بوته در بین خانواده‌های ناتنی آویشن دنایی برابر ۱۲۸/۵۹ گرم بود و از نظر این صفت بیشترین میزان ترکیب‌پذیری عمومی به‌ترتیب مربوط به جمعیت‌های ایلام، اصفهان ۲، مرکزی ۱ و ۲ (به‌ترتیب به میزان ۲۵/۵۱، ۲۰/۱۱، ۱۹/۲۸ و ۱۸/۰۴) و کمترین میزان آن به‌ترتیب مربوط به جمعیت‌های زاغه، ملایر۲، فارس و اراک بود. همچنین میانگین وزن خشک بوته در بین خانواده‌های ناتنی آویشن دنایی ۳۷/۴۲ گرم حاصل شد و بیشترین میزان ترکیب‌پذیری عمومی نیز در صفت وزن خشک بوته به‌ترتیب در جمعیت‌های مرکزی ۱ و ۲، اصفهان ۲ و ایلام ۴ (به‌ترتیب به میزان ۹/۷۴، ۷/۷۱، ۶/۵۱ و ۶/۱۴) مشاهده شد و کمترین میزان آن نیز به‌ترتیب در جمعیت‌های زاغه، فارس، اراک و ملایر ۲ (به‌ترتیب به میزان ۱۹/۷۳-، ۴/۷۶-، ۳/۶۹- و ۱/۴۶-) بود. در صفت نسبت برگ به کل بوته نیز بیشترین میزان ترکیب‌پذیری عمومی به‌ترتیب در جمعیت‌های زاغه، ایلام، ملایر ۲ و اصفهان ۲ و کمترین میزان آن در جمعیت‌های ملایر ۱، فارس و لرستان مشاهده شد همچنین میانگین این صفت بین جمعیت‌های مختلف آویشن دنایی ۶۸/۵۰ درصد بود. میانگین صفت وزن خشک برگ در بین خانواده‌های ناتنی آویشن دنایی ۲۵/۴۶ گرم حاصل شد و بیشترین میزان ترکیب‌پذیری عمومی در این صفت به‌ترتیب مربوط به جمعیت‌های مرکزی ۱، اصفهان ۲، ایلام و مرکزی ۲ (به‌ترتیب به میزان ۶/۰۶، ۵/۸۲، ۵/۸۱ و۴/۹۰) مشاهده شد و کمترین میزان آن به‌ترتیب مربوط به جمعیت‌های زاغه، فارس، ملایر ۲ و اراک بود. میانگین صفت درصد اسانس بین خانواده‌های ناتنی آویشن دنایی برابر ۵/۸۰ درصد مشاهده شد. از لحاظ درصد اسانس بیشترین میزان ترکیب‌پذیری عمومی مربوط به جمعیت ایلام بود که به‌طور قابل ملاحظه ای (به میزان ۱/۴۹) بالا تر از سایر جمعیت‌ها بود و بعد از آن به‌ترتیب در جمعیت‌های ملایر ۱ و۲ و مرکزی ۱ بودند و کمترین میزان آن نیز به‌ترتیب در جمعیت‌های اصفهان ۲ و زاغه (به میزان ۱/۵۵- و ۱/۲۶-) مشاهده شد. میانگین عملکرد اسانس در بوته در بین خانواده‌های ناتنی ۱/۴۸ میلی‌لیتر حاصل شد و جمعیت ایلام نیز از نظر صفت عملکرد اسانس بیشترین میزان ترکیب‌پذیری عمومی (به میزان ۰/۷۹) را نشان داد و بعد از به‌ترتیب جمعیت‌های مرکزی ۱، ملایر ۲ و مرکزی ۲ (به‌ترتیب به میزان ۰/۵۱، ۰/۲۰ و ۰/۱۳) بودند و کمترین میزان آن نیز به‌ترتیب در جمعیت‌های زاغه و فارس (به‌ترتیب به میزان ۰/۸۷- و ۰/۱۷-) حاصل شد. میزان تیمول برای جمعیت‌ها به‌طور میانگین حدود ۷۵ درصد بود. ترکیب‌پذیری عمومی تیمول به جز جمعیت زاغه، در سایر جمعیت‌ها

اختلاف قابل ملاحظه ای را نشان نداد ولی جمعیت زاغه به‌طور قابل ملاحظه ای کمتر از سایر جمعیت‌ها بود بیشترین ترکیب‌پذیری کارواکرول نیز در جمعیت زاغه (۱۰/۵ درصد) بود ولی در سایر جمعیت‌ها تفاوت قابل ملاحظه ای (۰/۵ تا ۳/۳ درصد) دیده نشد (جدول ۳).

نتایج خصوصیات ژنتیکی

نتایج برآورد اجزای واریانس، ضریب تنوع و توارث‌پذیری صفات اندازه‌گیری‌شده در جدول ۴ نشان داده شده است. صفت درصد کارواکرول بیشترین ضریب تنوع ژنتیکی و فنوتیپی را نشان داد که بیشتر ناشی از میزان بالای درصد کارواکرول در اسانس جمعیت زاغه در مقایسه با سایر جمعیت‌ها می‌باشد. بعد از صفت درصد کارواکرول، بیشترین میزان ضریب تنوع فنوتیپی مربوط به صفات عملکرد اسانس، وزن تر بوته، وزن خشک برگ، وزن خشک بوته، تعداد شاخه جانبی و درصد اسانس (به‌ترتیب ۲۷/۲۹، ۲۳/۹۱، ۲۰/۸۰، ۲۰/۷۴، ۱۶/۰۴ و ۱۴/۳۴ درصد) بود. بیشترین میزان ضریب تنوع ژنتیکی نیز به‌ترتیب در صفات وزن تر بوته، عملکرد اسانس، وزن خشک بوته، وزن خشک برگ، تعداد شاخه جانبی و درصد اسانس (به‌ترتیب ۲۲/۵۷، ۲۲/۰۶، ۱۶/۲۱، ۱۵/۴۱، ۱۲/۸۵ و ۱۰/۹۹ درصد) مشاهده شد. این موضوع حاکی از تنوع قابل ملاحظه در بین نتاج برای این صفات است. کمترین میزان ضریب تنوع فنوتیپی به‌ترتیب در صفات درصد تیمول، طول برگ، نسبت برگ به کل بوته (به‌ترتیب ۴/۵۰، ۵/۰۵ و ۵/۷۸ درصد) و کمترین میزان ضریب تنوع ژنتیکی نیز به‌ترتیب در صفات طول برگ، درصد تیمول و نسبت برگ به کل بوته (به‌ترتیب ۳/۸۹، ۳/۹۹ و ۴/۸۵ درصد) مشاهده گردید. همچنین بازده ژنتیکی (ΔG) برای صفات مختلف اندازه‌گیری شد (جدول ۴). با اعمال شدت گزینش ۵ درصد (k=2.06)، میزان پاسخ موردنظر برای صفات مهم وزن تر بوته، وزن خشک بوته، وزن خشک برگ به‌ترتیب ۶۱/۴۶، ۱۳/۸۱ و ۹/۰۵ گرم، درصد اسانس ۱/۴۶ و عملکرد اسانس ۰/۷۴ میلی‌لیتر محاسبه گردید.

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در نتاج پلی‌کراس جمعیت‌های مختلف آویشن دنایی

Table 2. Analysis of variance of the measured traits in the progeny of polycross at different populations of *Thymus daenensis*

SOV	df	Mean of squares															
		Plant height	Lateral branches number	Internode length	Internode number	inflorescence length	Leaf length	Leaf width	Plant form	Plant fresh weight	Plant dry weight	Leaf to shoot ratio	Leaf dry weight	Essential oil content	Plant essential oil yield	Thymol	Carvacrol
Block	2	32.5*	575.3*	0.014^{ns}	3.27*	0.059^{ns}	0.013^{ns}	0.0002^{ns} s	0.008^{ns}	3790.1*	903.7*	85.37*	324.0*	2.03*	1.12*	0.91^{ns}	1.10^{ns}
Population	11	16.36*	368.1*	0.128^{ns}	1.64*	0.176^{ns}	0.035*	0.0033**	0.208**	2835.4**	180.4*	46.94**	84.2*	2.08*	0.49*	33.9**	18.2**
Error	22	5.82	118.6	0.064	0.57	0.099	0.015	0.0003	0.025	307.5	69.58	13.94	38.02	0.86	0.17	7.26	1.23
CV (%)	-	10.12	16.62	11.46	8.42	13.07	5.70	4.21	4.28	13.64	22.29	5.45	24.26	15.96	27.77	3.62	33.78

*، ** و ns: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و نبود اختلاف معنی‌دار.

*, **, ns: Significantly differences at 5% and 1% of probability levels and non-significant, respectively.

جدول ۳. ترکیب‌پذیری عمومی صفات اندازه‌گیری شده در جمعیت‌های مورد مطالعه آویشن دنایی

Table 3. The general combining ability (GCA)of the measured traits in the studied populations of *Thymus daenensis*

Traits	Mean	Half-Sib families											
		Khanemiran	Arak	Markazi 1	Markazi 2	Isfahan 1	Isfahan 2	Malayer 1	Malayer 2	Lorestan	Zhagheh	Ilam	Fars
Plant height (cm)	23.84	1.36	1.99	2.72	3.26	-1.84	-0.34	0.13	-2.91	-2.41	-3.98	1.53	0.49
Lateral branches number	69.33	-5.06	5.01	15.68	18.54	-8.13	7.04	-2.59	-3.79	-15.69	-10.66	-10.49	10.14
Internode number	8.96	-0.32	0.21	0.18	1.54	-0.89	0.18	-0.49	-0.16	-0.59	-0.79	1.18	-0.06
Leaf length (cm)	2.12	0.08	-0.02	0.05	0.05	0.22	-0.02	-0.12	-0.05	0.12	-0.12	-0.15	-0.05
Leaf width (cm)	0.41	0.022	-0.004	-0.011	0.016	-0.071	-0.014	-0.011	-0.018	0.016	0.072	0.012	-0.008
Plant form	3.70	0.003	0.303	-0.131	-0.264	-0.197	-0.031	0.269	0.003	-0.164	-0.231	0.603	-0.164
Plant fresh weight (g)	128.59	10.48	-2.22	19.28	18.04	8.44	20.11	11.48	-26.13	18.11	-83.19	25.51	-19.89
Plant dry weight (g)	37.42	0.31	-3.69	9.74	7.71	1.01	6.51	-1.12	-1.46	-0.66	-19.73	6.14	-4.76
Leaf to shoot ratio	68. 50	1.02	-0.38	-1.35	-1.11	-1.51	2.35	-6.71	3.52	-2.78	7.95	3.65	-4.65
Leaf dry weight (g)	25.46	0.67	-2.48	6.06	4.90	0.05	5.82	-3.22	0.37	-1.34	-11.99	5.81	-4.65
Essential oil content (%)	5.80	-0.14	0.03	0.53	-0.47	0.03	-1.55	0.82	0.74	-0.09	-1.26	1.49	-0.14
Essential oil yield (ml)	1.48	-0.02	-0.13	0.51	0.13	-0.01	-0.17	-0.01	0.20	-0.11	-0.87	0.79	-0.31
Thymol (%)	74.74	0.32	-0.31	1.86	0.66	1.86	0.46	2.16	0.62	1.39	-10.41	0.29	1.12
Carvacrol (%)	3.13	-1.49	-0.33	-0.63	0.04	-0.59	0.21	-1.59	-2.59	0.07	7.34	-0.59	0.17

جدول ۴. پارامترهای ژنتیکی صفات مورد اندازه‌گیری در آویشن دنایی

Table 4. Genetic parameters of the measured traits in *Thymus daenensis*

Traits	Estimation of variance components			Coefficient of variation (CV%)		h^2	ΔG
	Environmental	Genotypic	Phenotypic	Genotypic	Phenotypic		
Plant height (cm)	1.94	3.52	5.45	7.86	9.80	0.88	4.23
Lateral branches number	44.30	79.40	123.70	12.85	16.04	0.88	20.11
Internode number	0.19	0.36	0.55	6.67	8.25	0.88	1.34
Leaf length (cm)	0.005	0.01	0.01	3.89	5.09	0.85	0.19
Leaf width (cm)	0.0001	0.001	0.001	7.75	8.12	0.98	0.07
Plant form	0.01	0.06	0.07	6.67	7.11	0.97	0.52
Plant fresh weight (g)	102.49	842.66	945.15	22.57	23.91	0.97	61.46
Plant dry weight (g)	23.19	36.95	60.15	16.26	20.74	0.86	13.81
Leaf to shoot ratio	4.65	11.00	15.65	4.85	5.78	0.90	7.37
Leaf dry weight (g)	12.67	15.39	28.07	15.41	20.80	0.83	9.05
Essential oil content (%)	0.29	0.41	0.69	10.99	14.34	0.85	1.46
Plant essential oil yield (ml)	0.06	0.11	0.16	22.06	27.29	0.88	0.74
Thymol (%)	2.42	8.89	11.31	3.99	4.50	0.94	6.49
Carvacrol (%)	0.37	5.70	6.08	76.35	78.80	0.98	5.00

بحث

همان‌طورکه نتایج ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) نشان داد (جدول ۳) دامنه وسیعی برای مقدار GCA در اغلب صفات مورد ارزیابی به‌خصوص برای وزن تر و خشک بوته و همچنین درصد و عملکرد اسانس مشاهده شد. این دامنه تغییرات وسیع قدرت ترکیب‌پذیری عمومی برای بیشتر صفات در این مطالعه نشان داد که پلی کراس می‌تواند باعث تمایز جمعیت‌های اولیه شده و روشی مناسب برای شناسایی جمعیت‌های برتر برای تولید واریته ساختگی در آویشن دنایی باشد. از مهمترین صفاتی که جهت انتخاب جمعیت‌های مناسب و با GCA بالا به‌منظور ایجاد رقم ساختگی می‌توان نام برد، ارتفاع بوته، وزن تر و خشک بوته، نسبت برگ به کل بوته، فرم رشد بوته، درصد و عملکرد اسانس می‌باشد. همانطور که در جدول ۳ مشاهده شد جمعیت‌های ایلام، اصفهان ۲، مرکزی ۱ و ۲ از نظر صفاتی چون ارتفاع بوته، وزن تر بوته، وزن خشک بوته و وزن خشک برگ میزان ترکیب‌پذیری عمومی بالایی را داشتند. همچنین از نظر درصد و عملکرد اسانس بیشترین میزان GCA مربوط به جمعیت ایلام بود و بعد از آن جمعیت‌های ملایر ۲ و ۱ نیز GCA بالایی را در این صفات نشان دادند. جمعیت اصفهان ۲ علیرغم این‌که میزان رشد و عملکرد بالایی را نشان داد، ولی میزان اسانس و در نهایت عملکرد اسانس در آن پایین‌تر از جمعیت‌های برتر بود. یکی از صفات مهم دیگر در آویشن دنایی فرم بوته است که از لحاظ برداشت مکانیزه در مزرعه اهمیت دارد. از نظر این صفت نیز جمعیت ایلام بالاترین میزان GCA را نشان داد. همچنین برای اغلب صفات مهم کمترین میزان GCA در جمعیت زاغه حاصل شد. علاوه بر این در همه جمعیت‌های آویشن دنایی مورد استفاده در این مطالعه، تیمول به‌عنوان ترکیب اصلی اسانس (میانگین ۷۵ درصد) شناسایی شد و به جز جمعیت زاغه در سایر جمعیت‌ها تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای در میزان تیمول در اسانس مشاهده نشد. در مطالعه‌ای روی دارویی سرخارگل (*Echinacea purpurea* L.) قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی خانواده‌های خواهر- برادر ناتنی بر پایهٔ گزینش ژنوتیپ‌های برتر و ارزیابی نتاج آن‌ها در یک جمعیت دارای تنوع بررسی شد. نتایج نشان داد که خانواده‌های با شماره ۹۳، ۷۲، ۹۲ و ۹۷ در ویژگی‌هایی مانند تعداد غنچه، تعداد گل، ارتفاع بوته، قطر گیاه، تعداد انشعاب از قاعده و وزن خشک نسبت به دیگر خانواده‌ها برتر بودند که با توجه به ترکیب‌پذیری عمومی شایان توجه آن‌ها، ترکیب بذرهای والدینی آن‌ها برای تشکیل جمعیت بهبود یافتهٔ بعدی می‌تواند سودمند واقع شود (Yavari *et al*., 2017). همچنین در مطالعه دیگری به‌منظور ایجاد رقم ساختگی در گیاه دارویی گشنیز، ۱۲ توده مختلف را با استفاده از طرح پلی‌کراس ارزیابی کردند نتایج این تحقیق نشان داد که از نظر ترکیب‌پذیری عمومی، سه توده برای صفت زودگلدهی، چهار توده برای رشد رویشی و دو توده برای شاخص عملکرد اسانس دارای بالاترین ارزش بودند و با توجه به میزان ترکیب‌پذیری عمومی

توده‌ها و به‌ویژه با لحاظ کردن عملکرد بذر توده‌های نهاوند ۱، نهاوند ۲، مرکزی و قزوین برای تولید رقم ساختگی انتخاب شدند (Kermanshahani *et al.*, 2018). با توجه به نتایج ترکیب‌پذیری عمومی جمعیت‌های مختلف آویشن دنایی برای صفات مهم، می‌توان جمعیت‌های ایلام، ملایر ۲، مرکزی ۱ و ۲ را جهت ایجاد یک خزانه ژنتیکی جدید به‌منظور گزینش ژنوتیپ‌های برتر معرفی کرد. همچنین با توجه به درصد بالای اسانس و صفات ظاهری مطلوب مانند بیوماس انتظار می‌رود تلاقی بین این ژنوتیپ‌ها برای ایجاد یک رقم ساختگی نیز مفید واقع شود.

همانطور که نتایج خصوصیات ژنتیکی نشان داد (جدول ۴) بیشترین میزان ضریب تنوع ژنتیکی و فنوتیپی در صفات وزن تر بوته، عملکرد اسانس، وزن خشک بوته، وزن خشک برگ، تعداد شاخه جانبی و درصد اسانس مشاهده شد. این موضوع حاکی از تنوع قابل ملاحظه در بین نتاج برای این صفات است. تنوع فنوتیپی برای کلیه صفات مورد بررسی بیشتر از ضرایب تنوع ژنتیکی بودند و در بعضی موارد تفاوت این دو ناچیز بود که نشان می دهد اثر محیط در برآورد و پارامترهای ژنتیکی برای این صفات ناچیز می باشد. نزدیک بودن مقادیر ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی به‌عنوان دلیلی بر تأثیر ناچیز محیط بر برآورد فراسنجه‌های ژنتیکی توسط Estilai *et al.* (1992) نیز گزارش شد. همچنین بیشترین میزان قابلیت توارث به‌ترتیب مربوط به صفات درصد کاواکرول، عرض برگ، فرم بوته، وزن تر بوته، درصد تیمول و نسبت برگ به کل بوته بود و کمترین میزان آن نیز به‌ترتیب در صفات طول گل آذین اصلی، طول میانگره، وزن خشک برگ، طول برگ، درصد اسانس و وزن خشک بوته مشاهده شد (جدول ۴). مقادیر بالای وراثت پذیری خصوصی بین خانواده‌های ناتنی برای ویژگی‌های مورد بررسی تا حدی ناشی از وجود اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در درون واریانس ژنتیکی است. بدیهی است برآورد دقیق تر پارامتر یاد شده نیازمند تکرار آزمایش در محیط‌ها یا سال‌های مختلف است تا جداسازی واریانس ژنتیکی از اثر متقابل آن با محیط امکان‌پذیر باشد (Yavari *et al.*, 2017). تجزیه و تحلیل تنوع ژنتیکی یکی از مهمترین مراحل در برنامه‌های اصلاحی است که امکان طبقه بندی دقیق نمونه‌های تحت ارزیابی را فراهم می‌کند و به‌نژادگر را در تشخیص مواد ژنتیکی مورد نیاز خود جهت برنامه‌های اصلاحی بعدی و پیشبرد سریعتر اهداف اصلاحی خود کمک می‌کند. در مطالعه حاضر صفاتی چون وزن تر و خشک بوته و عملکرد اسانس بیشترین میزان ضریب تغییرات ژنتیکی و فنوتیپی را نشان دادند و بیانگر این است که تنوع بالایی برای این صفات در جمعیت‌های مختلف آویشن دنایی وجود دارد که در گزینش ژنوتیپ‌های برتر اهمیت بالایی دارد. در تحقیق Yavari و همکاران (2017) در گیاه دارویی سرخارگل ویژگی‌های وزن تر، وزن خشک، تعداد گل و تعداد انشعاب از قاعده بیشترین ضریب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی و ویژگی زمان گلدهی کمترین میزان این ضرایب را داشتند. این موضوع نشان می‌دهد که تنوع قابل ملاحظه‌ای در بین خانواده‌های خواهر- برادر ناتنی برای ویژگی‌های وزن تر، وزن خشک، شمار گل و شمار انشعاب از قاعده در این آزمایش وجود دارد. در مطالعه دیگری در بین خانواده‌های ناتنی گیاه دارویی گشنیز بیان شد که تنوع ژنتیکی و فنوتیپی بالایی از نظر صفات رشدی و عملکرد مانند تعداد بذر و تعداد انشعابات وجود دارد. در این مطالعه نیز در همه صفات تنوع فنوتیپی بیشتر از تنوع ژنتیکی بود و عنوان شد که در صفاتی که تنوع ژنتیکی تفاوت ناچیزی با تنوع فنوتیپی دارد، اثر محیط ناچیز می‌باشد (Kermanshahani *et al.*, 2018). همچنین در تحقیق حاضر بازده ژنتیکی (ΔG) با اعمال شدت گزینش ۵ درصد برای صفات مختلف اندازه‌گیری شد (جدول ۴). میزان پاسخ موردنظر برای صفات مهم وزن تر بوته، وزن خشک بوته، وزن خشک برگ به‌ترتیب ۶۱/۴۶، ۱۳/۸۱، ۹/۰۵ گرم، برای درصد اسانس ۱/۴۶ و عملکرد اسانس ۰/۷۴ میلی‌لیتر محاسبه گردید. در این راستا در تحقیقی در بین خانواده‌های ناتنی یونجه بیان شد که با شدت گزینش ۳۰ درصد میزان پیشرفت ژنتیکی برای عملکرد علوفه تر و خشک به‌ترتیب ۲/۳ و ۱/۵۸ تن در هکتار محاسبه گردید که انتظار می رود از نظر عملکرد علوفه

تر ۱۸ درصد و از نظر عملکرد خشک ۱۷/۵ درصد نسبت به میانگین کل، بازدهی داشته باشدکه در صورت وقوع، بازدهی مناسبی محسوب می‌شود (Monirifar, 2010). براساس نتایج به‌دست‌آمده در تحقیق حاضر نیز در آویشن دنایی انتظار می‌رود با اعمال شدت گزینش ۵ درصد از نظر صفات وزن تر بوته، وزن خشک بوته، وزن خشک برگ، درصد اسانس و عملکرد اسانس به‌ترتیب به میزان ۴۷/۸۰، ۳۶/۹۳، ۳۵/۵۴، ۲۵/۱۳ و ۴۹/۶۴ درصد نسبت به میانگین کل بازدهی داشته باشد که بازدهی بالا و مناسبی می‌باشد.

نتیجه گیری کلی

در این تحقیق به‌منظور گزینش جمعیت‌های برتر با ترکیب پذیری بالا در آویشن دنایی جهت ایجاد رقم ساختگی و یا خزانه ژنتیکی جدید، ۱۲ جمعیت آویشن دنایی در طرح پلی‌کراس ارزیابی شدند و در نهایت نتایج نشان داد که از نظر صفات مهمی نظیر ارتفاع بوته، وزن تر و خشک بوته و وزن خشک برگ جمعیت‌های ایلام، اصفهان ۲، مرکزی ۱ و ۲ میزان ترکیب‌پذیری عمومی بالایی را نشان دادند و از لحاظ صفات مهم درصد اسانس و عملکرد اسانس جمعیت ایلام و ملایر ۲ بالاترین میزان ترکیب‌پذیری عمومی را نشان دادند، ولی میزان ترکیب‌پذیری عمومی در جمعیت اصفهان ۲ از لحاظ صفات درصد اسانس و عملکرد اسانس پایین بود. بنابر این با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان جمعیت‌های ایلام، ملایر ۲، مرکزی ۱ و ۲ را جهت ایجاد رقم ساختگی و یا خزانه ژنتکی جدید برای گزینش ژنوتیپ‌های برتر، معرفی کرد.

REFERENCES

1. Amini, F. (2015). General combining ability of half-sib families of tall fescue (*Festuca arundinaceum* Schreb). *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 2(23), 215-225. (in Farsi)
2. Araghi, B. (2011). *Estimation of general combining ability and genetic parameters of different traits through polycross test in Dactylis glomerata and Bromus inermis.* MSc. Thesis, Faculty of Agriculture. Isfahan University of Technology, Iran. (in Farsi)
3. Pharmacopoeia, B. (1988). Bernan Press. *London: HMSO*, *2*, 137-138.
4. Eghlima, GH., Hadian, J. & Motallebi Azar A. (2015). The heritability of yield and morphological traits of clones *Satureja rechingeri* Jamzad. *Journal of Applied Crop Breeding*, 3 (2), 243-256. (in Farsi)
5. Estilai, A. B., Ehdaie, B., Naqvi, H. H., Dierig, D. A., Ray, D. T. & Thompson, A. E. (1992). Correlations and path analysis of agronomic traits in guayule. *Crop Science*, 32, 953-957.
6. Frandsen, H. N. (1940). *Some breeding experiments with timothy*. Imp. Bur. Joint Publ. 30: 80-92.
7. Hanson, A. A. (1988). *Alfalfa and Alfalfa Improvement*. Madison, Wisconsin, USA.
8. Hassani, M., Saeidi, G. & Rezai, A. (2005). Estimation of genetic parameters and combining ability for yield and yield components in bread wheat. *Journal of Water and Soil Science*, 9 (1), 157-171. (in Farsi)
9. Hassiotisa, C.N., Tarantilis, P.A., Daferera, D. & Polissiou, M.G. (2010). Etherio, a new variety of *Lavandula angustifolia* with improved essential oil production and composition from natural selected genotypes. *Industrial Crops and Products*, 32, 77-82.
10. Heuberger, H. (2010). Cultivation and breeding of Chinese medicinal plant in Germany. Planta Medica. 76: 1956-1962.
11. Jamzad, Z. (2009), *Thymus and Satureja* Species *of Iran*. Research institute of Forests and Rangelands. 172 p. (in Farsi)
12. Kasperbauer, M. J. (1990). *Biotechnology in tall fescue improvement*. CRC Press, Boca, Raton. Florida. US.199 p.
13. Kermanshahani, M., Dehshiri, A. & Asare M. H. (2018). Selection of superior parents by using polycross test to produce coriander synthetic varieties. In: Proceedings of *4th National Conference on Seed Science and Technology*. Karaj, Iran. (in Farsi)
14. Kölliker, R., Boller, B. & Widmer, F. (2005). Marker assisted polycross breeding to increase diversity and yield in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). Euphytica, 146(1-2), pp.55-65.
15. Lothrop, J. E., Atkins, R. E. & Smith, O. S. (1985). Variability for yield and yield components in IAPIR grain sorghum random mating population II. Correlations, estimated gain from selection, and correlated responses to selection. Crop Science, 25, 240-244.
16. Mansouri, S. M., Mobli, M., Ebadi, R. & Rezai A. (2008). Polycross effects on agronomical characteristics and yield of nine onion genotypes in Isfahan. *Journal of Water and Soil Science*, 12(45), 615-625. (in Farsi)

17. Monirifar, H. (2010). Half-sib progeny test for selection of best parents for development of a synthetic variety of alfalfa. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 12 (1), 66-75. (in Farsi)
18. Nguyen, H. T. & Sleper, A. (1983). Theory and application of half-sib matings in forage breeding. *Theoretical and Applied Genetics*, 64, 187-196.
19. Omid Beigi, R. (2004). *Production and Processing of Medicinal Plants*. Astan Ghods Razavi Publications. 424 p. (in Farsi)
20. Roustaei, A. (2009). *The effect of climatic condition on morphological and phytochemical characteristics of Thymus daenensis*. PhD thesis, Faculty of Agriculture. University of Tehran. Karaj, Iran. (in Farsi)
21. Shahnazari, M., Siahsar B., Khayyam-Nekouei M. & Mohammadi, R. (2010). Investigation of genetic parameters and general combining ability of genotypes of tall fescue. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 2 (18), 249-266.
22. Taherian, A. A., Babae, M., Vafaei, A. A., Jarrahi, M., Jadidi, M. & Sadeghi, H. (2009). Antinociceptive effects of hydroalcoholic extract of *Thymus vulgaris*. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 83-89.
23. Tohidi, B., Rahimmalek, M. & Arzani, A. (2017). Essential oil composition, total phenolic, flavonoid contents, and antioxidant activity of *Thymus* species collected from different regions of Iran. *Food Chemistry*, 220, 153-161.
24. Tourchi, M., S. Aharizad, M. Moghaddam, F. Etedali & Tabataba Vakili S. H. (2007). Determination of genetically parameters and combining ability of native sainfoin ecotypes for forage yield. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 40, 213-222. (in Farsi)
25. Vogel, K. P. & Mitchell, R. B. (2008). Heterosis in switchgrass: biomass yield in swards. *Crop Science*, 48(6), 2159-2164.
26. Wricke, G. & Weber, W. E. (1986). *Quantitative Genetic and Selection in Plant Breeding*. Walter De Gruyter. New York.
27. Yavari, A., Shokrpour, M., Tabrizi L. & Hadian, J. (2015). Analysis of morphological variation and general combining ability in half sib families of *Echinacea purpurea* L. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 47 (4), 617-630. (in Farsi)
28. Zarabian, M. & Majidi, M. (2010). Evaluation of drought tolerance in germination stage of *Onobrychis sativa* in polycross test. In: Proceedings of *11th Iranian Crop Sciences Congress*. Tehran. Iran. (in Farsi)