

## بررسی ترکیب پذیری عمومی خصوصیات مورفولوژی و فیتوشیمیایی در جمعیت‌های مختلف آویشن دنايي (*Thymus daenensis* Celak) در آزمون پلی کراس

سیاوش محمدی<sup>۱</sup>، لیلا تبریزی رائینی<sup>۲\*</sup>، مجید شکرپور<sup>۳</sup>، جواد هادیان<sup>۴</sup> و هارتویگ شولز<sup>۵</sup>  
 ۱، ۲ و ۳. دانشجوی دکتری، استادیار و دانشیار، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج  
 ۴. دانشیار، پژوهشکده گیاهان و مواد اولیه دارویی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران  
 ۵. استاد، مؤسسه JKI آلمان، برلین

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

### چکیده

آویشن دنايي (*Thymus daenensis* Celak) یکی از گونه‌های اندمیک ایران است که به دلیل 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. به منظور ارزیابی خصوصیات ژنتیکی و ترکیب‌پذیری عمومی (GCA)، ۱۲ جمعیت آویشن دنايي از طرح آمیزشی پلی کراس استفاده شد. خزانه پلی کراس در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۶ تکرار در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ اجرا شد. سپس آزمون نتاج پلی کراس در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ 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. به‌طور کلی، نتایج این پژوهش حاکی از تنوع بالای جمعیت‌های مورد مطالعه از نظر خصوصیات مورفولوژیک و فیتوشیمیایی بود و در نهایت می‌توان از جمعیت‌های ایلام، ملایر ۲، مرکزی ۱ و مرکزی ۲ جهت ایجاد رقم سنتتیک و یا خزانه ژنتیکی جدید برای گزینش ژنوتیپ‌های 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<sup>1</sup>, Leila Tabrizi<sup>2\*</sup>, Majid Shokrpour<sup>3</sup>, Javad Hadian<sup>4</sup> and Hartwig Schulz<sup>5</sup>

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 قابل توجهی برخوردار است، به طوری 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 دناپی (*Thymus daenensis* Celak) (Jamzad, 2009) می‌باشد که به دلیل داشتن تیمول بالا در اسانس آن و همچنین اسیدهای فنولی آزاد به ویژه رزمارینیک اسید در عصاره، کاربرد آن در صنایع دارویی و غذایی رو به گسترش است (Omidbeigi, 2004). از این رو، آویشن دناپی به عنوان یک گزینه مطلوب برای تأمین مواد اولیه گیاهی برای داروهای مبتنی بر تیمول مطرح است. اسانس گل و برگ آویشن دناپی 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 به طور 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 دناپی 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 دناپی 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 دناپی گزارش شده است (Rustaie et al., 2009). آویشن دناپی گیاهی دگرگشن بوده و گرده‌افشانی در آن توسط حشرات به ویژه زنبور عسل انجام می‌شود. علاوه بر این به دلیل ریز بودن گل‌های

آویشن و این که گل آذین آویشن فشرده است و گل‌ها همزمان باز نمی‌شوند عمل دورگ گیری و اخته کردن 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 به طور 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 به ویژه 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 به دلیل 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 به منظور 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

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 دناپی 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 در گلخانه و مزرعه تحقیقاتی گروه علوم و مهندسی باغبانی و فضای سبز دانشگاه تهران واقع در کرج اجرا شد.

#### مواد گیاهی

مواد گیاهی شامل بذر ۱۲ جمعیت آویشن دناپی 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 دناپی 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 دناپی 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.

ارزیابی نتایج 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، نتایج نیمه‌خواهری 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 پلی‌کراس بین ۱۲ توده مختلف صورت پذیرفت و بذره‌های حاصل از پلی‌کراس 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 علوفه‌ای 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) و یونجه (Monirifar, 2010)، پیاز (Mansouri, 2008) و

جدول ۱. نام و محل جمع‌آوری جمعیت‌های مختلف آویشن دناپی 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

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 دناپی گیاهی چند ساله است، گیاهان در سال اول رشد در مزرعه پتانسیل واقعی خود را از نظر رشد و عملکرد نشان نخواهند داد و صرفاً 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 ناتی 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 خشک شدند.

#### استخراج اسانس

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

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 بذری 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، بذرها جمع‌آوری شده 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

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 وراثت‌پذیری خصوصی ( $h^2$ ) و بازده ژنتیکی ( $\Delta G$ ) صفات نیز از طریق فرمول‌های زیر محاسبه شد. در این فرمول،  $\sigma_{gca}^2$  برآوردی از واریانس ترکیب‌پذیری عمومی (واریانس ژنتیکی)،  $\sigma_e^2$  برآورد واریانس خطا در جدول تجزیه واریانس،  $h^2$  وراثت‌پذیری خصوصی،  $k$  شدت‌گزینش و  $\sigma_p$  جذر واریانس فنوتیپی صفت می‌باشد همچنین در این تحقیق شدت‌گزینش ۵ درصد و  $k=2.06$  بود (Nguyen & Sleper, 1983).

$$H^2 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_P^2} = \frac{4\sigma_{gca}^2}{4\sigma_{gca}^2 + \sigma_e^2}$$

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

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

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 دناپی پس از آماده‌سازی، به‌دستگاه گاز گروماتوگرافی گازی مجهز به طیف‌سنج جرمی (GC/MS) و دستگاه گروماتوگرافی گازی مجهز به دکتور 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 که 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 اتاق تزریق ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد بود و از گاز هلیوم 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 اتاق

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات مختلف نتاج پلی‌کراس در جمعیت‌های مختلف آویشن دناپی 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 به ترتیب در جمعیت‌های مرکزی ۲، مرکزی ۱، اراک و ایلام و کمترین میزان آن به ترتیب در جمعیت‌های زاغه، ملایر ۲، لرستان و اصفهان ۱ به دست آمد. از نظر تعداد شاخه جانبی در بوته با میانگین ۶۹/۳۳ بین خانواده‌های ناتنی، بیشترین مقدار ترکیب‌پذیری عمومی به ترتیب در جمعیت‌های مرکزی ۲، مرکزی ۱، فارس و اصفهان ۲ مشاهده شد و جمعیت‌های لرستان، زاغه، ایلام و خانه میران به ترتیب کمترین میزان ترکیب‌پذیری را برای تعداد شاخه جانبی در بوته نشان دادند. همچنین بیشترین میزان ترکیب‌پذیری عمومی در صفت تعداد میانگره به ترتیب در جمعیت‌های مرکزی ۲ و ایلام مشاهده شد و کمترین میزان آن به ترتیب 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 به ترتیب مربوط به جمعیت‌های اراک، ملایر ۱ و ملایر ۲ بود. میانگین وزن تر بوته در بین خانواده‌های ناتنی آویشن دناپی برابر ۱۲۸/۵۹ گرم بود و از نظر این صفت بیشترین میزان ترکیب‌پذیری عمومی به ترتیب مربوط به جمعیت‌های ایلام، اصفهان ۲، مرکزی ۱ و ۲ (به ترتیب به میزان ۲۵/۵۱، ۲۰/۱۱، ۱۹/۲۸ و ۱۸/۰۴) و کمترین میزان آن به ترتیب مربوط به جمعیت‌های زاغه، ملایر ۲، فارس و اراک بود. همچنین

میانگین وزن خشک بوته در بین خانواده‌های ناتنی آویشن دناپی ۳۷/۴۲ گرم حاصل شد و بیشترین میزان ترکیب‌پذیری عمومی نیز در صفت وزن خشک بوته به ترتیب در جمعیت‌های مرکزی ۱ و ۲، اصفهان ۲ و ایلام ۴ (به ترتیب به میزان ۹/۷۴، ۷/۷۱، ۶/۵۱ و ۶/۱۴) مشاهده شد و کمترین میزان آن نیز به ترتیب در جمعیت‌های زاغه، فارس، اراک و ملایر ۲ (به ترتیب به میزان ۱۹/۷۳، ۴/۷۶، ۳/۶۹ و ۱/۴۶-) بود. در صفت نسبت برگ به کل بوته نیز بیشترین میزان ترکیب‌پذیری عمومی به ترتیب 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 دناپی ۶۸/۵۰ درصد بود. میانگین صفت وزن خشک برگ در بین خانواده‌های ناتنی آویشن دناپی ۲۵/۴۶ گرم حاصل شد و بیشترین میزان ترکیب‌پذیری عمومی در این صفت به ترتیب مربوط به جمعیت‌های مرکزی ۱، اصفهان ۲، ایلام و مرکزی ۲ (به ترتیب به میزان ۶/۰۶، ۵/۸۲، ۵/۸۱ و ۴/۹۰) مشاهده شد و کمترین میزان آن به ترتیب مربوط به جمعیت‌های زاغه، فارس، ملایر ۲ و اراک بود. میانگین صفت درصد اسانس بین خانواده‌های ناتنی آویشن دناپی برابر ۵/۸۰ درصد مشاهده شد. از لحاظ درصد اسانس بیشترین میزان ترکیب‌پذیری عمومی مربوط به جمعیت ایلام بود که به طور قابل ملاحظه‌ای (به میزان ۱/۴۹) بالا تر از سایر جمعیت‌ها بود و بعد از آن به ترتیب در جمعیت‌های ملایر ۱ و ۲ و مرکزی ۱ بودند و کمترین میزان آن نیز به ترتیب 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 به ترتیب جمعیت‌های مرکزی ۱، ملایر ۲ و مرکزی ۲ (به ترتیب به میزان ۰/۵۱، ۰/۲۰ و ۰/۱۳) بودند و کمترین میزان آن نیز به ترتیب در جمعیت‌های زاغه و فارس (به ترتیب به میزان ۰/۸۷- و ۰/۱۷-) حاصل شد. میزان تیمول برای جمعیت‌ها به طور میانگین حدود ۷۵ درصد بود. ترکیب‌پذیری عمومی تیمول به جز جمعیت زاغه، در سایر جمعیت‌ها

بیشترین میزان ضریب تنوع ژنتیکی نیز به ترتیب در صفات وزن تر بوته، عملکرد اسانس، وزن خشک بوته، وزن خشک برگ، تعداد شاخه جانبی و درصد اسانس (به ترتیب 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 به ترتیب در صفات درصد تیمول، طول برگ، نسبت برگ به کل بوته (به ترتیب ۴/۵۰، ۵/۰۵ و ۵/۷۸ درصد) و کمترین میزان ضریب تنوع ژنتیکی نیز به ترتیب در صفات طول برگ، درصد تیمول و نسبت برگ به کل بوته (به ترتیب ۳/۸۹، ۳/۹۹ و ۴/۸۵ درصد) مشاهده گردید. همچنین بازده ژنتیکی (ΔG) برای صفات مختلف اندازه گیری 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 به ترتیب ۶۱/۴۶، ۱۳/۸۱ و ۹/۰۵ گرم، درصد اسانس ۱/۴۶ و عملکرد اسانس ۰/۷۴ میلی لیتر محاسبه گردید.

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

**نتایج خصوصیات ژنتیکی**

نتایج برآورد اجزای واریانس، ضریب تنوع و توارث پذیری صفات اندازه گیری شده 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 جمعیت ها می باشد. 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 (به ترتیب ۲۷/۲۹، ۲۳/۹۱، ۲۰/۸۰، ۲۰/۷۴، ۱۶/۰۴ و ۱۴/۳۴ درصد) بود.

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در نتاج پلی کراس جمعیت های مختلف آویشن دناپی

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 <sup>*</sup>	575.3 <sup>*</sup>	0.014 <sup>ns</sup>	3.27 <sup>*</sup>	0.059 <sup>ns</sup>	0.013 <sup>ns</sup>	0.0002 <sup>ns</sup>	0.008 <sup>ns</sup>	3790.1 <sup>*</sup>	903.7	85.37 <sup>*</sup>	324.0 <sup>*</sup>	2.03 <sup>*</sup>	1.12 <sup>*</sup>	0.91 <sup>ns</sup>	1.10 <sup>ns</sup>
Population	11	16.36 <sup>*</sup>	368.1 <sup>*</sup>	0.128 <sup>ns</sup>	1.64 <sup>*</sup>	0.176 <sup>ns</sup>	0.035 <sup>*</sup>	0.0033 <sup>**</sup>	0.208 <sup>**</sup>	2835.4 <sup>**</sup>	180.4 <sup>*</sup>	46.94 <sup>**</sup>	84.2 <sup>*</sup>	2.08 <sup>*</sup>	0.49 <sup>*</sup>	33.9 <sup>**</sup>	18.2 <sup>**</sup>
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

ns: اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و نبود اختلاف معنی دار.

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

جدول ۳. ترکیب پذیری عمومی صفات اندازه گیری شده در جمعیت های مورد مطالعه آویشن دناپی

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

Traits	Mean	Half-Sib families											
		Khanmiran	Arak	Markazi 1	Markazi 2	Isfahan 1	Isfahan 2	Malayer 1	Malayer 2	Lorestan	Zhaqheh	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 دناپی

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

Traits	Estimation of variance components			Coefficient of variation (CV%)		h <sup>2</sup>	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

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 دناپی 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 پایه گزینش ژنوتیپ‌های برتر و ارزیابی نتایج آن‌ها در یک جمعیت دارای تنوع بررسی شد. نتایج نشان داد که خانواده‌های با شماره ۹۳، ۹۲، ۹۱ و ۹۰ 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 بذره‌های والدینی آن‌ها برای تشکیل جمعیت بهبود یافته 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

### بحث

همان‌طور که 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 دناپی 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 این که 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 دناپی فرم بوته است که از لحاظ برداشت مکانیزه در مزرعه





ساختگی و یا خزانه ژنتیکی جدید، ۱۲ جمعیت آویشن دناایی 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 ژنتیکی جدید برای گزینش ژنوتیپ‌های برتر، معرفی کرد.

تر ۱۸ درصد و از نظر عملکرد خشک ۱۷/۵ درصد نسبت به میانگین کل، بازدهی داشته باشد که در صورت وقوع، بازدهی مناسبی محسوب می‌شود (Monirifar, 2010). براساس نتایج به‌دست‌آمده در تحقیق حاضر نیز در آویشن دناایی 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.

#### نتیجه‌گیری کلی

در این تحقیق به‌منظور گزینش جمعیت‌های برتر با ترکیب‌پذیری بالا در آویشن دناایی جهت ایجاد رقم

#### 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., Ehdai, 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 4<sup>th</sup> 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. Turchi, 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 11<sup>th</sup> Iranian Crop Sciences Congress. Tehran. Iran. (in Farsi)