مقاله پژوهشی

Research Article

نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران
جلد ۳۹، شماره ۱، صفحه ۱۵-۱ (۱۴۰۲)

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/IJMAPR.2022.359111.3190
شناسه دیجیتال (DOR): 20.1001.1.17350905.1402.39.1.1.6

بررسی تنوع مورفولوژیک و محتوای پارتنولید برخی جمعیت‌های بابونه کبیر (*Tanacetum parthenium* (L.) Schultz-Bip.)

ریحانه زندی[۱]، محمدحسین میرجلیلی[۲*]، قاسم اقلیما[۳]، علی سنبلی[۴] و حسن رضادوست[۵]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه کشاورزی، پژوهشکده گیاهان و مواد اولیه دارویی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۲*- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه کشاورزی، پژوهشکده گیاهان و مواد اولیه دارویی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

پست الکترونیک: m-mirjalili@sbu.ac.ir

۳- استادیار، گروه کشاورزی، پژوهشکده گیاهان و مواد اولیه دارویی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۴- دانشیار، گروه بیولوژی، پژوهشکده گیاهان و مواد اولیه دارویی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۵- استادیار، گروه فیتوشیمی، پژوهشکده گیاهان و مواد اولیه دارویی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: تیر ۱۴۰۱ تاریخ اصلاح نهایی: آبان ۱۴۰۱ تاریخ پذیرش: آبان ۱۴۰۱

چکیده

بابونه کبیر (*Tanacetum parthenium* (L.) Schultz-Bip.) گیاه دارویی چندساله از خانواده کاسنی (Asteraceae) و منبع غنی از سزکوئی‌ترپن لاکتون پارتنولید است که اثرهای ضد سرطانی، ضد التهابی، ضد اسپاسم و به‌ویژه ضد میگرن آن گزارش شده است. در این تحقیق اندام هوایی پنج جمعیت وحشی این گیاه از استان‌های مازندران (مرزن‌آباد، سیاه‌بیشه و ولی‌آباد) و تهران (آهار و گچسر) در سال ۱۳۹۹ در مرحله گلدهی کامل برداشت شد و صفات مورفولوژیک و محتوای پارتنولید آنها ارزیابی گردید. نتایج، تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ را میان جمعیت‌های مورد مطالعه برای همه صفات نشان داد. بیشترین ارتفاع بوته (۱۳۰ سانتی‌متر)، وزن خشک گل (۸/۶۰ گرم بر بوته) و محتوای پارتنولید (۰/۳۳ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک سرشاخه گلدار) به‌ترتیب در جمعیت‌های گچسر، سیاه‌بیشه و مرزن‌آباد مشاهده شد. محتوای پارتنولید با صفات طول برگ، تعداد شاخه جانبی و قطر تاج همبستگی منفی و با صفت تعداد کاپیتول همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ نشان داد. تجزیه خوشه‌ای، پنج جمعیت بابونه کبیر را در دو گروه اصلی جای داد. تجزیه به عامل‌ها نشان داد که سه عامل اول توانستند ۹۳/۰۶٪ از کل واریانس را توجیه کنند. به‌طور کلی، نتایج نشان‌دهنده وجود تنوع بالا در جمعیت‌های بابونه کبیر برای استفاده در برنامه‌های به‌نژادی و کشت و اهلی کردن این گونه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پارتنولید، تجزیه به عامل‌ها، تجزیه خوشه‌ای، تنوع مورفولوژیک.

مقدمه

استفاده از گونه‌های مختلف گیاهی به‌عنوان مواد اولیه دارویی و حفظ ژرم‌پلاسم به‌منظور بهبود ترکیب‌های دارویی و خصوصیات تغذیه‌ای آنها از زمان‌های قدیم به‌طور گسترده در سراسر جهان مرسوم بوده است. ترکیب‌های طبیعی گیاهان دارویی اخیراً توجه علمی را برای برآوردن الزامات

Copyright: © 2023 by the authors. This is an open access, peer-reviewed article published by Research Institute of Forests and Rangelands (http://ijmapr.areeo.ac.ir/) and distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

بهداشت و ایمنی در صنایع غذایی و دارویی به خود جلب کرده‌اند (Geetha & Chakravarthula, 2018). بنابراین، استفاده از ارقام همگن با خواص متمایز و بهبود یافته، پیش‌نیاز تولید در صنعت گیاهان دارویی و داروهای گیاهی خواهد بود (Herison *et al.*, 2018). وجود تنوع ژنتیکی در میان توده‌های گیاهی منشأ گرفته از مناطق مختلف می‌تواند فرصتی مطمئن برای انتخاب صفات مطلوب برای تولید ارقام جدید باشد (García-Díaz *et al.*, 2020). تنوع ژنتیکی برای سازگاری گیاهان با شرایط محیطی رخ می‌دهد (Mohebodini *et al.*, 2006) و هدف از اصلاح نباتات، شناسایی جمعیت مطلوب در میان جمعیت‌های مختلف است (Herison *et al.*, 2018).

بابونه کبیر (*Tanacetum parthenium* (L.) Schultz-Bip.) یکی از مهمترین گونه‌های دارویی از خانواده کاسنی (Asteraceae) است که بومی قزاقستان، آسیای مرکزی و منطقه مدیترانه می‌باشد، ولی امروزه کشت آن در سراسر جهان گسترش پیدا کرده است (Pareek *et al.*, 2011؛ Pourianezhad *et al.*, 2016). این گیاه در ایران، در برخی مناطق ازجمله گیلان، مازندران، تهران، آذربایجان‌غربی و شرقی به‌صورت خودرو می‌روید (Mozaffarian, 2008). از این گیاه برای درمان آسم، درد گوش، آرتریت، یبوست، سردرد، تب، التهاب پوست، اختلالات قاعدگی، اسپاسم، پسوریازیس، درد تورم معده، سرگیجه، درد دندان، وزوز گوش و دفع حشرات استفاده می‌شود، به همین دلیل این گیاه را بابونه کبیر نیز می‌نامند (Sharopov *et al.*, 2015). ارزش دارویی بابونه کبیر به‌دلیل وجود ترکیب‌های فعال زیستی آن ازجمله پارتنولید است که به‌عنوان ماده مؤثره اصلی گیاه شناخته می‌شود. خاصیت ضد سرطانی و ضد التهابی آن فعالیت‌های بیولوژیکی است که برای پارتنولید گزارش شده است. پارتنولید از تجمع پلاکت‌ها و ترشح سروتونین و سایر ترکیب‌های التهاب‌زا جلوگیری می‌کند. این ترکیب همچنین دارای اثر ضد اسپاسم بوده، حساسیت و واکنش عضلات صاف دیواره رگ‌های خونی مغز را نسبت به بعضی ترکیب‌ها ازجمله پروستاگلاندین‌ها و سروتونین از بین می‌برد که موجب بروز اثر پیشگیری‌کننده از میگرن می‌شوند (Majdi *et al.*, 2014؛ Pourianezhad *et al.*, 2016؛ Kouhpaikar *et al.*, 2020؛ Ahmadi Livani *et al.*, 2021). با توجه به ارزش دارویی پارتنولید، تولید آن در چندین منبع گیاهی مورد توجه قرار گرفته، ولی گیاه بابونه کبیر یکی از منابع غنی این ترکیب زیست فعال خاص گزارش شده است (Mahood *et al.*, 2022).

امروزه تأثیر عوامل ژنتیکی و محیطی و اثر متقابل آنها بر خصوصیات مورفولوژیک بر میزان مواد فعال بیولوژیکی گیاهان دارویی (فنل‌ها، فلاونوئیدها، آلکالوئیدها و ترپن‌ها) به‌طور گسترده‌ای تأیید شده است (Eghlima *et al.*, 2021). بررسی تنوع مورفولوژیک و فیتوشیمیایی بین گیاهان دارویی و معطر زمینه را برای انجام برنامه‌های اصلاحی به‌منظور بهبود ویژگی‌های عملکردی و دارویی آنها امکان‌پذیر می‌کند. روش‌های مختلفی برای بررسی تنوع بین گیاهان وجود دارد که رایج‌ترین آنها ارزیابی تنوع مورفولوژیک است (Hashemi Moghaddam *et al.*, 2021). در مطالعه Ahmadi و همکاران (۲۰۱۸)، تنوع ۶۱ جمعیت از بابونه آلمانی با استفاده از نشانگرهای مورفولوژیک بررسی و صفات قطر طولی و عرضی تاج پوشش، سطح تاج پوشش، ارتفاع و تعداد گل در بوته، زمان گلدهی، زمان برداشت، وزن تر و وزن خشک سرشاخه اندازه‌گیری شد و نتایج پژوهش آنان نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار میان جمعیت‌های مورد مطالعه برای تمامی صفات بجز زمان گلدهی و قطر طولی تاج پوشش بود. همچنین، Mohammadi و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی تنوع مورفولوژیک ۲۶ جمعیت بابونه آلمانی جمع‌آوری شده در ایران پرداختند. نتایج مطالعه آنان نشان داد که صفات عملکرد گل، شاخص برداشت و وزن تر و خشک ۵۰ گل به‌ترتیب دارای بیشترین ضرایب تغییرات فنوتیپی بودند و توده‌های ژنتیکی براساس تجزیه خوشه‌ای در پنج گروه مختلف قرار گرفتند. بررسی جمعیت‌های مختلف بابونه آلمانی در منطقه اصفهان نیز نشان داد که صفات عملکرد

بیولوژیکی، عملکرد اقتصادی، تعداد گل و مقدار اسانس در بوته بالاترین تنوع فنوتیپی را داشتند (Solouki *et al.*, 2008). مرور منابع علمی نشان داد که تاکنون مقایسه‌ای بین صفات مورفولوژیک و محتوای پارتنولید در جمعیت‌های بابونه کبیر در ایران گزارش نشده است. با توجه به اهمیت و ارزش دارویی گیاه و همچنین لزوم برنامه‌ریزی برای وارد کردن ژنوتیپ برتر به سیستم‌های کشت و تولید، این تحقیق با هدف ارزیابی تنوع صفات مورفولوژیک، عملکردی و محتوای پارتنولید در جمعیت‌های بومی بابونه کبیر و انتخاب بهترین جمعیت برای شروع فعالیت‌های اصلاحی، کشت و اهلی‌سازی انجام شد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

در این پژوهش که در بهار و تابستان سال ۱۳۹۸ انجام شد با استفاده از فلور ایران، رویشگاه‌های طبیعی بابونه کبیر در استان‌های تهران و مازندران شناسایی شدند. با مراجعه به مناطق مورد نظر، سرشاخه‌های گلدار پنج جمعیت گیاه از مناطق آهار و گچسر در استان تهران و مناطق مرزن‌آباد، سیاه‌بیشه و ولی‌آباد در استان مازندران در مرحله گلدهی کامل جمع‌آوری و در شرایط سایه خشک شدند. مشخصات جغرافیایی محل جمع‌آوری نمونه‌ها و کد هرباریومی (هرباریوم پژوهشکده گیاهان و مواد اولیه دارویی دانشگاه شهید بهشتی) در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی مکان جمع‌آوری برخی جمعیت‌های وحشی بابونه کبیر

Table 1. Geographical characteristics of some *Tanacetum parthenium* wild populations collecting sites

Number	Province	Population	Voucher number*	Longitude (E)	Latitude (N)	Altitude (m)
1	Mazandaran	Vali Abad	MPH-2265	51°17′	36°15′	1866
2	Mazandaran	Siah Bisheh	MPH-2266	51°20′	36°11′	2379
3	Mazandaran	Marzanabad	MPH-1704	51°14′	36°17′	1210
4	Tehran	Āhar	MPH-2269	51°30′	36°54′	2044
5	Tehran	Gachsar	MPH-2270	51°15′	35°08′	2706

* Herbarium specimens are stored in the Herbarium of the Research Institute of Plants and Medicinal Raw Materials of Shahid Beheshti University

ارزیابی صفات مورفولوژیک

به‌منظور ارزیابی صفات مورفولوژیک، از هر رویشگاه ۱۰ نمونه کامل گیاهی در زمان گلدهی کامل (بالای ۷۵٪ گلدهی) گیاه انتخاب و صفات کمّی و کیفی شامل طول برگ (از محل اتصال به ساقه تا انتهای پهنک)، تعداد گلچه شعاعی، تعداد گلچه لوله‌ای، ارتفاع بوته، قطر تاج (قطر بزرگ تاج پوشش)، تعداد شاخه‌های جانبی، تعداد گل، تعداد کاپیتول، قطر کاپیتول، طول کاپیتول، وزن خشک بوته (اندام هوایی) و وزن خشک گل (همراه مقدار کمی دمگل) در بوته اندازه‌گیری و ثبت شدند.

استخراج و اندازه‌گیری پارتنولید

برای عصاره‌گیری و اندازه‌گیری پارتنولید، ۲۰۰ میلی‌گرم از سرشاخه‌های گلدار خشک جمعیت‌های بابونه کبیر پودر شد. سپس ۱۰ میلی‌لیتر متانول: اسیدفرمیک (۱:۱۰۰۰ *v/v*) به آنها اضافه شد و به‌مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد در دستگاه حمام اولتراسونیک (SingenHtw Elmasonic-D 78224, Elma Germany Company) قرار داده شد (Majdi *et al.*, 2014). در ادامه، عصاره‌ها در دستگاه سانتریفیوژ یخچال‌دار (R5702, Eppendorf Company) به‌مدت

۱۰ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه قرار داده شدند. برای داشتن عصاره همگن و تبخیر حلال، عصاره‌ها به‌مدت ۴۰ دقیقه در دستگاه روتاری قرار گرفتند. پس از آن، ۱۰ میلی‌لیتر حلال متانول: اسیدفرمیک به آن اضافه شده و در میکروتیوب‌های ۲ میکرولیتری ریخته شدند و به‌مدت ۱۲ دقیقه سانتریفیوژ شدند. عصاره‌ها را از فیلتر ۰/۴۲ میکرون عبور داده و به ویال‌های HPLC منتقل و تا زمان آنالیز در یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

از سیستم HPLC (Knauer, Germany) مجهز به دو پمپ (Wellchron-K1001) و آشکارساز PDA (K2800) برای جداسازی و اندازه گیری استفاده شد. از ستون ساخت شرکت Eurosphere از نوع RP-C18 با قطر داخلی ۴/۶ میلی متر و طول ۲۵۰ میلی‌متر استفاده شد. از حلال‌های استونیتریل و آب مخصوص HPLC به‌عنوان فاز متحرک و با برنامه شویش شیبی استفاده شد. این برنامه شامل شویش ستون با ۹۵٪ آب به‌مدت ۵ دقیقه و تغییر ترکیب درصد از ۹۵٪ به ۵٪ در مدت ۳۰ دقیقه طراحی گردید. نمونه‌ها در طول موج جذب و نشر ۲۵۴ نانومتر ارزیابی شدند. استاندارد پارتنولید از شرکت فیتولب آلمان تهیه گردید. به‌منظور رسم منحنی استاندارد پارتنولید، غلظت های ۰/۰۰۱، ۰/۰۱، ۰/۱، ۱، ۴، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر تهیه و به دستگاه تزریق گردید. از نرم افزار شرکت EZchorm که بر روی سیستم عامل ویندوز نصب شده است، برای انتگرال گیری و محاسبه سطح زیر منحنی استفاده شد. مساحت پیک غلظت‌های استاندارد حساب شده و منحنی استاندارد با نرم‌افزار اکسل رسم گردید و بعد رابطه خط $y=28429x+62.642$ ($R^2=0.9999$) بدست آمد.

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

تجزیه واریانس در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۰ تکرار، مقایسه میانگین‌ها (با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن)، آزمون بوت استرپ و تجزیه به عامل‌ها با استفاده از روش چرخش وریماکس برای صفات کمّی با استفاده از نرم‌افزار SPSS ver.19 انجام شد. همچنین دیاگرام ضرایب همبستگی با استفاده از روش پیرسون و با استفاده از نرم‌افزار R ver.4.0.4 و تجزیه خوشه‌ای به روش Ward با استفاده از نرم‌افزار OriginPro 2021 رسم گردید.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از بررسی صفات مورفولوژیک و محتوای پارتنولید جمعیت‌های مختلف بابونه کبیر (جدول ۲) نشان داد که در بین پنج جمعیت از نظر کلیه صفات مورد مطالعه در سطح ۱٪ اختلاف معنی‌داری وجود دارد. مقادیر F مربوط به تکرار درون جمعیت‌ها برای ارتفاع بوته و قطر تاج در سطح ۵٪ معنی‌دار و برای بقیه صفات معنی‌دار نشد.

مقایسه میانگین‌ها

نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۳) نشان داد که بیشترین میزان ارتفاع بوته مربوط به جمعیت گچسر با میانگین ۱۳۰ سانتی‌متر و کمترین مربوط به جمعیت آهار با میانگین ۵۳ سانتی‌متر بود. مقایسه طول برگ بیانگر این واقعیت است که جمعیت ولی‌آباد با میانگین ۳۴/۳۲ میلی‌متر بیشترین و جمعیت آهار با میانگین ۲۳/۸۰ میلی‌متر کمترین طول برگ را داشت. مقایسه میانگین تعداد شاخه‌های جانبی نشان داد که جمعیت سیاه‌بیشه با میانگین ۱۵ شاخه جانبی در بوته بیشترین و جمعیت مرزن‌آباد با میانگین ۳ شاخه جانبی در بوته کمترین مقدار را داشت. از نظر وزن خشک گل، جمعیت سیاه‌بیشه با میانگین ۸/۶۰ گرم بر بوته دارای بیشترین و جمعیت گچسر با میانگین ۵/۳۰ گرم بر بوته دارای کمترین مقدار بودند. بیشترین و کمترین تعداد کاپیتول در بوته با ۱۱۴ و ۶۵ به‌ترتیب در جمعیت سیاه‌بیشه و آهار بدست آمد. از نظر قطر کاپیتول، جمعیت گچسر با ۱۶/۳۲ میلی‌متر بیشترین و جمعیت آهار با ۱۲/۴۳ میلی‌متر، کمترین مقدار را داشتند.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات برخی جمعیت‌های وحشی بابونه کبیر

Table 2. ANOVA of traits in some *Tanacetum parthenium* wild populations

Sources of variation	df	Mean squares												
		Leaf length	Plant dry weight	Flower dry weight	Number of radial florets	Number of tubular florets	Plant height	Corolla diameter	Number of lateral branches	Number of flowers	Capitol diameter	Capitol length	Number of capitols	Parthenolide content
Repetition	9	1.53	234.62	47.08	62.83	8.51	11.09*	71.64*	0.03	4.68	0.65	0.31	24.73	0.03
Population	4	89.00**	1043.51**	211.32**	475.19**	183.31**	211.54**	428.38**	2.34**	20.07**	3.73**	4.82**	421.28**	0.41**
Experimental error	36	0.93	237.32	44.14	98.71	49.32	24.45	51.61	0.06	5.06	0.53	0.45	38.61	0.83

* and **: Significantly different at 5 and 1% of probability levels, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات برخی جمعیت‌های وحشی بابونه کبیر

Table 3. Means comparison of traits in some *Tanacetum parthenium* wild populations

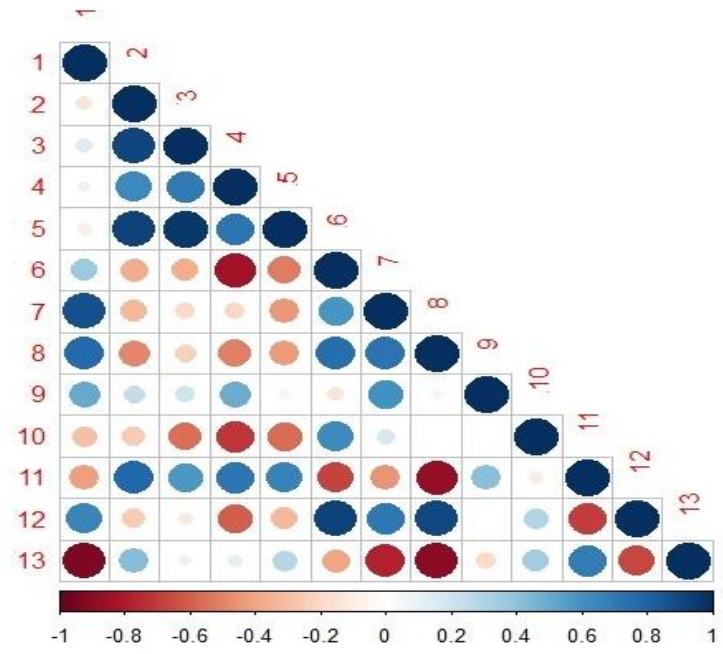
Traits	Unit	Vali Abad	Siah Bisheh	Marzanabad	Āhar	Gachsar
Leaf length	mm	34.32a	34.10a	22.41c	23.80bc	24.27b
Plant dry weight	$g.plant^{-1}$	24.00d	34.00b	39.00a	28.00c	21.00e
Flower dry weight	$g.plant^{-1}$	6.40c	8.60ab	8.20b	7.30a	5.30d
Number of radial florets	-	70.00ab	67.00b	73.00a	72.00a	53.00c
Number of tubular florets	-	120.70d	167.50b	172.20a	157.00c	105.10e
Plant height	cm	90.00c	116.00b	72.00d	53.00e	130.00a
Corolla diameter	cm	150.00a	120.00b	66.00d	44.00e	96.00c
Number of lateral branches	-	12.00b	15.00a	3.00d	7.00c	12.00b
Number of flowers	-	60.90a	27.00c	43.60b	8.10d	8.25d
Capitol diameter	mm	14.04bc	13.40c	14.93b	12.43d	16.32a
Capitol length	mm	4.00bc	3.80c	5.40a	4.20b	3.40d
Number of capitols	-	91.00c	114.00a	70.00d	65.00e	102.00b
Parthenolide content	$mg.g^{-1}$ dry weight	0.01d	0.01d	0.33a	0.17b	0.08c

Means with the similar letter(s) in each column show insignificant difference according to Duncan test, $p<0.01$.

نتایج مقایسه میانگین‌ها برای صفت محتوای پارتنولید نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار با ۰/۳۳ و ۰/۰۱ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک به‌ترتیب در جمعیت‌های مرزن‌آباد و سیاه‌بیشه بدست آمد (جدول ۱). صفات مهمی مانند محتوای پارتنولید (C.V.=۸۶/۲۰)، میانگین تعداد گل در بوته (C.V.=۶۹/۳۱)، تعداد شاخه جانبی (C.V.=۴۳/۴۸)، قطر تاج (C.V.=۳۹/۵۶) و ارتفاع بوته (C.V.=۳۰/۴۶) ضریب تغییرات بالایی داشتند که این نشان از دامنه انتخاب وسیع‌تر برای آن صفات است (جدول ۳).

همبستگی صفات

نتایج حاصل از تجزیه همبستگی نشان داد که ارتفاع گیاه با تعداد کاپیتول، تعداد شاخه جانبی، قطر تاج و قطر کاپیتول دارای همبستگی مثبت و با تعداد گلچه‌های شعاعی دارای همبستگی منفی و معنی‌دار در سطح ۵٪ است. صفت وزن خشک گل با صفات وزن خشک بوته، تعداد گلچه‌های لوله‌ای و تعداد گلچه‌های شعاعی دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح ۱٪ و با صفت طول کاپیتول دارای همبستگی منفی و معنی‌دار در سطح ۵٪ می‌باشد. محتوای پارتنولید با صفات طول برگ، تعداد شاخه جانبی و قطر تاج، همبستگی منفی و با صفت تعداد کاپیتول، همبستگی مثبت معنی‌دار در سطح ۵٪ دارد. البته بین وزن خشک و تعداد گل در بوته همبستگی معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۱).



شکل ۱- نقشه حرارتی ضریب همبستگی پیرسون برای صفات مورد مطالعه در برخی جمعیت‌های وحشی بابونه کبیر

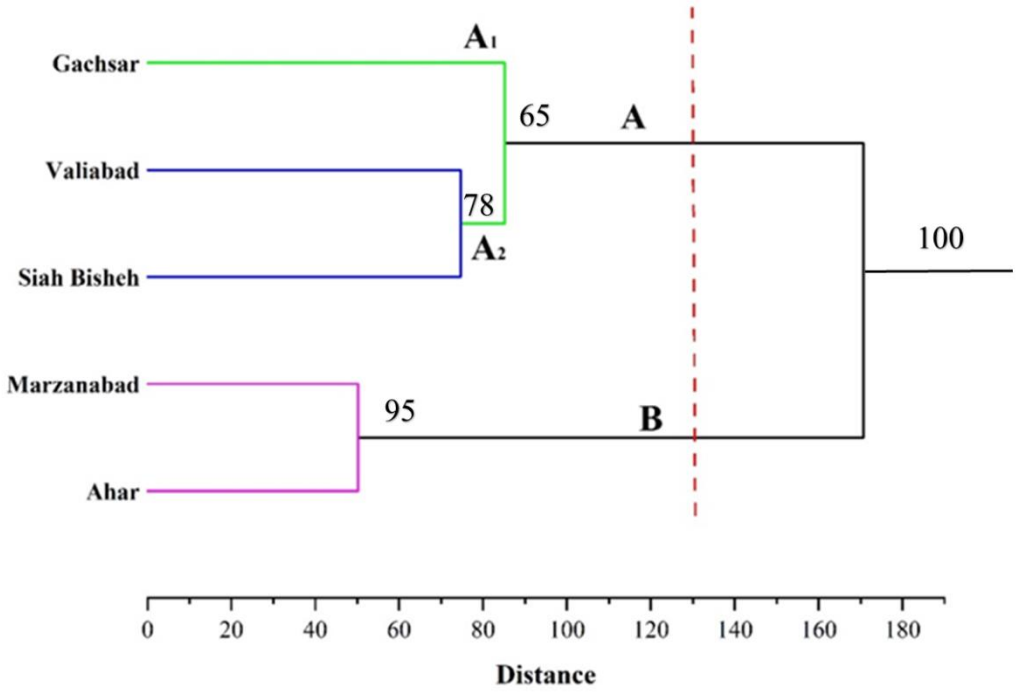
(1: طول برگ، 2: وزن خشک بوته، 3: وزن خشک گل، 4: تعداد گلچه شعاعی، 5: تعداد گلچه لوله‌ای، 6: ارتفاع بوته، 7: قطر تاج، 8: تعداد شاخه جانبی، 9: میانگین تعداد گل، 10: قطر کاپیتول، 11: طول کاپیتول، 12: تعداد کاپیتول و 13: محتوای پارتنولید)

Figure 1. Heat map of Pearson correlation coefficient for studied traits in some *Tanacetum parthenium* wild opulations

(1: Leaf length, 2: Plant dry weight, 3: Flower dry weight, 4: Number of radial florets, 5: Number of tubular florets, 6: Plant height, 7: Corolla diameter, 8: Number of lateral branches, 9: Number of flowers, 10: Capitol diameter, 11: Capitol length, 12: Number of capitols, and 13: parthenolide content)

تجزیه خوشه‌ای

تجزیه خوشه‌ای براساس صفات مورفولوژیک و محتوای پارتنولید، جمعیت‌ها را در فاصله ۱۳۰ اقلیدسی به دو گروه اصلی (A و B) تقسیم کرد (شکل ۲). گروه A نیز به دو زیرگروه A_1 و A_2 تقسیم‌بندی شد. جمعیت گروه A_1 (گچسر) از نظر صفات قطر کاپیتول و ارتفاع بوته، جمعیت‌های گروه A_2 (ولی‌آباد و سیاه‌بیشه) از نظر صفات طول برگ، قطر تاج، تعداد شاخه جانبی و تعداد کاپیتول و جمعیت‌های گروه B (مرزن‌آباد و آهار) از نظر محتوای پارتنولید برتر بودند.



شکل ۲- نمودار درختی حاصل از تجزیه خوشه‌ای براساس صفات مورفولوژیک و محتوای پارتنولید برخی جمعیت‌های وحشی بابونه کبیر (روش **Ward**) (ضریب همبستگی کوفنتیک= ۰/۹۴، مقادیر بوت استرپ بدست آمده از ۱۰۰ تکرار)

Figure 2. Cluster analysis dendrogram constructed based on morphological traits and parthenolide content in some *Tanacetum parthenium* wild populations (Ward method)
(Coph. corr. = 0.94; bootstrap values obtained from 100 replications)

تجزیه به عامل‌ها

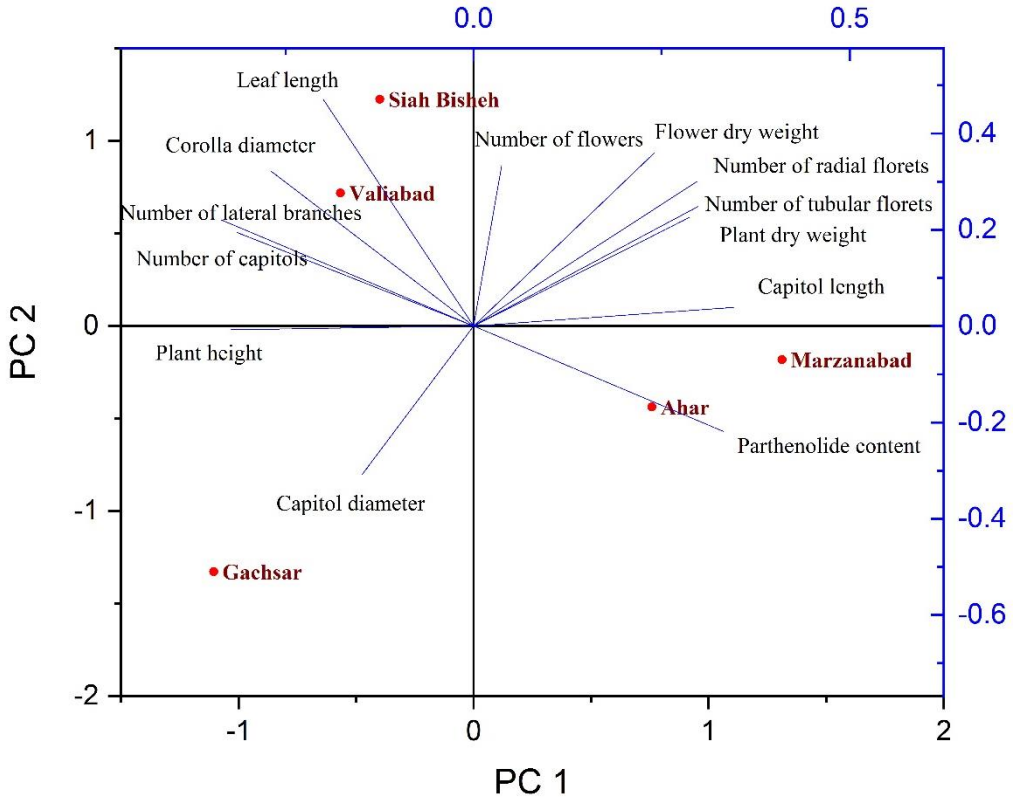
طبق آزمون تجزیه به عامل‌ها (جدول ۴)، عامل اول تا سوم به‌ترتیب ۴۹/۴۵٪، ۳۱/۴۴٪ و ۱۲/۱۶٪ از واریانس کل را توجیه کردند. در عامل اول، صفات طول برگ (۰/۶۵۵)، وزن خشک بوته (۰/۹۵۳)، وزن خشک گل (۰/۹۰۵)، تعداد گلچه شعاعی (۰/۹۱۴)، تعداد گلچه لوله‌ای (۰/۹۶۵)، قطر کاپیتول (۰/۶۱۰) و محتوای پارتنولید (۰/۸۶۵-) بیشترین تأثیر را داشتند. در عامل دوم، صفات ارتفاع بوته (۰/۸۴۱)، تعداد شاخه جانبی (۰/۸۹۹) و قطر تاج (۰/۷۷۳) و در عامل سوم، میانگین تعداد گل (۰/۹۴۴) بیشترین ضرایب را دارا بودند (جدول ۴).

جدول ۴- مقادیر ویژه و واریانس تجمعی سه عامل اصلی حاصل از تجزیه به عامل‌ها براساس صفات مورفولوژیک و محتوای پارتنولید برخی جمعیت‌های وحشی بابونه کبیر

Table 4. Eigen values and cumulative variance of first three principal components from principle coordinate analysis (PCA) based on morphological traits and parthenolide content in some *Tanacetum parthenium* wild populations

Variable	Component		
	1	2	3
Leaf length	0.655	0.621	0.387
Plant dry weight	0.953	0.081	0.214
Flower dry weight	0.905	0.096	0.243
Number of radial florets	0.914	0.234	0.274
Number of tubular florets	0.965	0.136	0.154
Plant height	0.494	0.841	-0.009
Corolla diameter	0.319	0.773	0.547
Number of lateral branches	-0.226	0.899	0.064
Number of flowers	0.248	0.083	0.944
Capitol diameter	0.610	0.538	-0.012
Capitol length	-0.759	-0.612	-0.048
Number of capitols	0.592	0.791	0.116
Parthenolide content	-0.865	-0.451	-0.135
Total	6.42	4.08	1.58
Variance (%)	49.45	31.44	12.16
Cumulative (%)	49.45	80.90	93.06

شکل ۳ نشان‌دهنده نمودار بارگذاری شده ضرایب بُردارهای ویژه بین صفات مورفولوژیک و محتوای پارتنولید عامل اول و دوم تجزیه به عامل‌هاست. گروه‌بندی افراد در پلات دوبعدی منطبق بر خوشه بود. در پلات پراکنش، صفات مختلف به‌صورت بُردار نمایش داده شده است.



شکل ۳- بای‌پلات حاصل از تجزیه به عامل‌ها براساس صفات مورفولوژیک و محتوای پارتنولید برخی جمعیت‌های وحشی بابونه کبیر

Figure 3. Biplot of principle coordinate analysis (PCA) based on morphological traits and parthenolide content in some *Tanacetum parthenium* wild populations

بحث

خاصیت ذاتی ژنتیکی و همچنین سازش و تطابق با محیط می‌تواند دلیل اختلاف بین افراد یک گونه باشد (Zare *et al.*, 2013). یکی از مهمترین پارامترهای مؤثر بر رشد گیاهان دارویی تفاوت‌های اکولوژیکی و جغرافیایی در رویشگاه‌های مختلف است (Ramak & Asri, 2019). برای پیشبرد برنامه‌های اصلاحی، آگاهی از میزان تنوع بین جمعیت‌ها اهمیت بسیاری دارد. در این پژوهش، برخی صفات مورفولوژیک، عملکردی و محتوای پارتنولید پنج جمعیت وحشی بابونه کبیر بررسی شد. نتایج این پژوهش نشان داد جمعیت‌های بابونه کبیر جمع‌آوری شده، از نظر صفات مورفولوژیک و محتوای پارتنولید، تنوع ژنتیکی چشمگیری دارند. براساس مقادیر آمارهای توصیفی صفات مطالعه شده، مقادیر حداقل و حداکثر صفات متنوع بود، همچنین بیشترین دامنه تغییرات مربوط به صفات محتوای پارتنولید، تعداد گل در بوته، تعداد شاخه جانبی، قطر تاج و ارتفاع بوته بود. ضریب تغییرات بالاتر یک صفت بیانگر دامنه وسیع‌تر برای گزینش آن صفت است (Eghlima *et al.*, 2019). Eghlima و همکاران (۲۰۱۸) در تحقیقی روی مرزه رشینگری بیشترین دامنه تغییرات را برای صفات وزن تر بوته، وزن خشک بوته، وزن برگ و تعداد شاخه‌های اصلی گزارش کردند. در مطالعاتی روی گیاه شیرین‌بیان نشان داده شد که عرض بوته، قطر ساقه اصلی، عرض برگ، تعداد شاخه جانبی، وزن تر اندام هوایی و عملکرد ریشه

دارای دامنه تغییرات بالایی هستند (Eghlima *et al.*, 2019).

برای بررسی روابط جمعیت‌های مختلف می‌توان از فاکتورهای مورفولوژیک و فیتوشیمیایی استفاده کرد. وجود همبستگی بین صفات مورفولوژیک و صفات فیتوشیمیایی می‌تواند به به‌نژادگران در برنامه‌های به‌نژادی کمک زیادی کند (Parsafar *et al.*, 2021). با توجه به نتایج این پژوهش، محتوای پارتنولید با صفات طول برگ، تعداد شاخه جانبی و قطر تاج دارای همبستگی منفی و با صفت تعداد کاپیتول دارای همبستگی مثبت معنی‌دار در سطح ۵٪ بود. همچنین نتایج نشان داد که بین وزن خشک و تعداد گل در بوته همبستگی معنی‌دار وجود نداشت. این موضوع نشان‌دهنده این است که با افزایش تعداد گل در بوته، عملکرد بیولوژیک در گیاه افزایش می‌یابد، در نتیجه مواد فتوسنتزی بیشتری به گل‌ها اختصاص یافته و وزن تر و خشک گل کاهش نمی‌یابد. در مطالعه‌ای روی بابونه آلمانی دریافتند که صفات وزن تر و خشک ۵۰ گل، شاخص گلدهی و تعداد گل در بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفت عملکرد گل خشک در بوته در سطح ۱٪ داشت (Mohammadi *et al.*, 2014). در مطالعه‌ای دیگر روی بابونه آلمانی، عملکرد گل در بوته با تعداد گل و تعداد شاخه فرعی گل‌دهنده در سطح ۱٪ همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد (Mehdikhani *et al.*, 2014). همچنین، Mavandi و همکاران (۲۰۲۱) در مطالعه خود روی ژنوتیپ‌های مختلف بابونه آلمانی گزارش کردند که ارتفاع بوته با صفات قطر سرگل، قطر دیسک گل، تعداد گلچه زبانه‌ای و وزن تک گل، همبستگی مثبت و با صفات عملکرد گل، عملکرد اندام هوایی، تعداد گل و عملکرد اسانس، همبستگی منفی و معنی‌دار داشت. ارزیابی محتوای پارتنولید موجود در جمعیت‌های مختلف نشان داد که میزان پارتنولید موجود در بین جمعیت‌ها از ۰/۰۱ تا ۰/۳۳ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک متغیر بود. در مطالعه Wu و همکاران (۲۰۰۶)، محتوای پارتنولید در عصاره بابونه کبیر ۲/۲ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک گزارش شده است. در پژوهشی دیگر، محتوای پارتنولید موجود در ژنوتیپ‌های مختلف بابونه کبیر جمع‌آوری شده از باغ Chelesa Physic لندن، بین ۰/۱ تا ۱/۳ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک بود (Smith & Burford, 1992). Shahhoseini و همکاران (۲۰۱۹) محتوای پارتنولید در بابونه کبیر را به‌طور میانگین ۱/۸۹ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک گزارش کردند.

نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای در این مطالعه نشان داد که جمعیت‌های وحشی بابونه کبیر در دو گروه اصلی قرار گرفتند. در مطالعه روی بابونه آلمانی (Mohammadi *et al.*, 2014)، شیرین‌بیان (Eghlima *et al.*, 2019)، مرزه خوزستانی (Hadian *et al.*, 2011) و مرزه رشینگری (Eghlima *et al.*, 2018)، تجزیه خوشه‌ای با الگوی پراکنش جغرافیایی آنها مرتبط نبود که با نتایج حاصل از این مطالعه مطابقت دارد. در این پژوهش، تنوع مورفولوژیک و گروه‌بندی جمعیت‌های مورد مطالعه بابونه کبیر با پراکنش جغرافیایی جمعیت‌ها در ارتباط نبود و پراکنش جمعیت‌ها در خوشه از الگوی جغرافیایی پیروی نمی‌کند که این موضوع احتمالاً می‌تواند به علت تشابه نسبی شرایط محیطی و اکولوژیکی رویشگاه‌های محل جمع‌آوری جمعیت‌ها باشد (Solouki *et al.*, 2013).

در تجزیه به عامل‌ها در این پژوهش، سه عامل اول ۹۳/۰۶٪ از واریانس را توجیه کردند. با توجه به اینکه عامل اول بیشترین میزان تغییرات را توجیه کرد، صفات قرار گرفته در این عامل را می‌توان به‌عنوان اجزای عملکرد نامگذاری کرد. بنابراین در عامل اول، هر صفتی که دارای ضریب عاملی بزرگی است، می‌تواند در برنامه‌های به‌نژادی استفاده شود (Tian *et al.*, 2019). نتایج تجزیه به عامل‌ها نشان داد که بیشترین تفاوت جمعیت‌ها مربوط به صفات طول برگ، وزن خشک بوته، وزن خشک گل، تعداد گلچه شعاعی و لوله‌ای، قطر کاپیتول و محتوای پارتنولید است که همه آنها در عامل اول قرار گرفتند. در مطالعه‌ای که روی جمعیت‌های

مختلف بابونه آلمانی انجام شد، نتایج تجزیه به عامل‌ها بیشترین تفاوت جمعیت‌ها را مربوط به صفات ارتفاع گیاه، قطر گل، قطر نهنج، تعداد گلچه زبانه‌ای، عرض برگ، تعداد گل در بوته، عملکرد هر بوته، وزن ۱۰۰ گل، وزن هزاردانه، طول دوره رویشی و طول دوره زایشی نشان داد و فاکتور اول بیشترین سهم را به خود اختصاص داد و در مجموع ۵۸/۴۶٪ از واریانس کل را توجیه کرد (Pirkhezri *et al.*, 2008). در پژوهشی دیگر روی توده‌های بابونه آلمانی، تجزیه به عامل‌ها، بیشترین تفاوت توده‌ها را در خصوصیات روز تا شروع گلدهی، روز تا ظهور غنچه، تعداد گلچه زبانه‌ای، ارتفاع گیاه و روز تا ۱۰۰٪ گلدهی نشان داد که بیشتر آنها در عامل اصلی اول با درصد واریانس ۳۱/۴۹ قرار داشتند (Mehdikhani *et al.*, 2014). براساس نتایج حاصل از این پژوهش، گروه‌بندی افراد در پلات دوبعدی منطبق بر خوشه بود. در پلات پراکنش، بیشتر بودن طول بُردار نشان‌دهنده نقش مهمتر آن صفت در تنوع بین جمعیت‌ها می‌باشد. هر چه زوایه بین بُردارها کم باشد، همبستگی بین متغیرها مثبت و قوی‌تر خواهد بود و اگر زاویه بُردارها منفرجه و بیشتر از ۹۰ درجه باشد، همبستگی منفی بین متغیرهای مختلف را نشان می‌دهد (Mezaka *et al.*, 2020).

نتایج کلی این پژوهش نشان داد که تنوع بالایی بین جمعیت‌های مختلف بابونه کبیر از نظر صفات مورفولوژیک و محتوای پارتنولید وجود دارد که نشان‌دهنده قابلیت ژنتیکی بالا در جمعیت‌های مورد مطالعه است. جمعیت‌های مرزن‌آباد و آهار از نظر محتوای پارتنولید برتر بودند. ازاین‌رو، به‌نژادگران با در دست داشتن اطلاعات صحیح و دقیق از تنوع ژنتیکی گیاه مورد نظر می‌توانند با کارآیی بیشتری نسبت به بهره‌برداری از منابع ژنتیکی اقدام کرده و به‌طور مستقیم به جمع‌آوری ذخایر توارثی مورد نیاز مبادرت ورزند و جمعیت‌های برتر در پروژه‌های به‌نژادی به‌منظور ایجاد ارقام مرغوب و مطلوب صنایع غذایی و دارویی بکار روند.

References

- Ahmadi Livani, M., Pourakbar, L., Sateii, A. and Ebadi, M., 2021. Evaluation of germacrene A synthase gene expression under salinity stress in Feverfew. Iranian Genetics Society, 16(2): 143-150.
- Ahmadi, F., Modarresi, M. and Kohanmoo, M.A., 2018. A study on the genetic diversity of different populations of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) using morphological traits and essential oil percentage. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 34(1): 115-130.
- Eghlima, Gh., Hadian, J. and Motallbi Azar, A.R., 2018. Survey on Diversity of morphological and biological production traits of *Satureja rechingeri* Jamzad clones in Dezfool climate. Plant Production (Scientific Journal of Agriculture), 40(4): 41-53.
- Eghlima, Gh., Sanikhani, M., Kheiry, A., Hadian, J. and Aelaei, M., 2019. A Survey of genetic diversity of *Glycyrrhiza glabra* L. some populations using morphological and phytochemical characteristics. Plant Production Research, 26(4): 209-226.
- Eghlima, GH., Sanikhani, M., Kheiry, A., Hadian, J. and Aelaei, M., 2021. Evaluation of glabridin content and its relationship with environmental factors in some different populations of *Glycyrrhiza glabra* L. native to Iran. Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants, 9(1): 35-46.
- García-Díaz, M., Gil-Serna, J., Patiˆno, B., García-Cela, E., Magan, N. and Medina, A., 2020. Assessment of the effect of *Satureja montana* and *Origanum virens* essential oils on aspergillus flavor growth and aflatoxin production at different water activities. Toxins, 12(3): 142.
- Geetha, V. and Chakravarthula, S.N., 2018. Chemical composition and anti-inflammatory activity of *Boswellia ovalifoliolata* essential oils from leaf and bark. Journal of Forestry Research, 29: 373-381.
- Hadian, J., Mirjalili, M.H. and Ganjpoor, N., 2011. Morphological and phytochemical characterization of natural population of *Satureja khuzestanica*. Chemistry & Biodiversity, 8: 1-15.
- Hashemi Moghaddam, H., Sefidkon, F., Jafari, A.A. and Kalatejar, S., 2021. Effect of habitat factors on aerial yield, morphological traits and essential oil content of *Nepeta binaludensis* Jamzad. Iranian Journal of Horticultural Science, 54(4): 813-824.

- Herison, C., Sutjahjo, S., Sulastrini, I. and Rustikawati Marwiyah, S., 2018. Genetic diversity analysis in 27 tomato accessions using morphological and molecular markers. Agrivita, 40: 36-44.
- Kouhpaikar, H., Sadeghian, M.H., Rafatpanah, H., Kazemi, M., Iranshahi, M., Delbari, Z., Khodadai, H. and Rassouli, F., 2020. Synergy between parthenolide and arsenic trioxide in adult T-cell leukemia/lymphoma cells in vitro. Iranian Journal of Basic Medicinal Sciences, 23: 616-622.
- Mahood, H.E., Abbas, M.K. and, Zahid, N.A., 2022. Micropropagation of feverfew (*Tanacetum parthenium*) and quantification of parthenolide content in Its micropropagated and conventionally grown plants. Horticulturae, 8: 50-62.
- Majdi, M., Karimzadeh, G. and Malboobi, M.A., 2014. Spatial and developmental expression of key genes of terpene biosynthesis in feverfew (*Tanacetum parthenium*). Biologia Plantarum, 58: 379-384.
- Mavandi, P., Assareh, M.H., Dehshiri, A., Rezadoost, H. and Abdossi, V., 2021. Evaluation of morphophysiological traits and essential oil production in Iranian genotypes and foreign varieties of Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) through multivariate analyses. Scientia Horticulturae, 282: 110017.
- Mehdikhani, H., Zeinali, H., Solouki, M. and Imamjomeh, A., 2014. Investigation of agronomic traits and their relationships in german chamomile landraces (*Matricaria chamomilla* L.). Applied Field Crops Research, 27(105): 81-90.
- Mezaka, I., Kronberga, A., Nakurte, I., Taskova, I., Jakovels, D. and Primavera, A., 2020. Genetic, chemical and morphological variability of chamomile (*Chamomilla recutita* L.) populations of Latvia. Industrial Crops and Product, 154: 112612.
- Mohammadi, R., Dehghani, H. and Zainali, H., 2014. Study the genetic diversity of different chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) landraces using morphological and phonological traits. Journal of Agronomy, 27(105): 74-63.
- Mohammadi, R., Dehghani, H. and Zaindi, H., 2013. Study the genetic diversity of different chamomile landraces using morphological and phonological traits. Agronomy journal (Pajouhesh & Sazandegi), 104: 63-74.
- Mohebodini, M., Dehghani, H. and Sabaghpour, S.H., 2006. Stability of performance in lentil (*Lens culinaris* Medik) genotypes in Iran. Euphytica, 149: 343-352.
- Mozaffarian, V., 2008. Flora of Iran No. 59: Daisy family Compositae: (Anthemideae and Echinopeae). Publications of Forests and Rangelands Research Institute, Tehran, Iran.
- Pareek, A., Suthar, M., Rathore, G. and Bansal, V., 2011. Feverfew (*Tanacetum parthenium* L.): A systematic review. Pharmacognosy Reviews, 5: 103-113.
- Parsafar, S., Eghlima, GH., Mirjalili, M.H., Nejad Ebrahimi, S. and Hadian, J., 2021. Investigation of ecological, morphological and phytochemical characteristics of Goldenrod (*Solidago virgaurea* L.) native to Iran. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 37(6): 1039-2053.
- Pirkhezri, M.A.D., Hasani, M.E. and Fakhr Tabatabaei, M., 2008. Evaluation of genetic diversity of some German chamomile populations (*Matricaria chamomilla* L.) using some morphological and agronomical characteristics. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 22: 87-98.
- Pourianezhad, F., Tahmasebi, S., Abdusi, V., Nikfar, S. and Mirhoseini, M., 2016. Review on feverfew, a valuable medicinal plant. Journal of Herbmed Pharmacology, 5: 45-49.
- Ramak, P. and Asri, Y., 2019. Effect of growth degree days and soil properties on phenology and morphological characters of *Allium jesdianum* Boiss. & Buhse. in Lorestan Province. Iranian Journal of Plant Biology, 10 (4): 35-52.
- Shahhoseini, R., Azizi, M., Asili, J., Moshtaghi, N. and Samiei, L., 2019. Comprehensive assessment of phytochemical potential of *Tanacetum parthenium* L. phenolic compounds, antioxidant activity, essential oil and parthenolide. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 22(3): 614-629.
- Sharopov, F.S., Setzer, W.N., Isupov, S.J. and Wink, M., 2015. Composition and bioactivity of the essential oil of *Tanacetum parthenium* from a wild population growing in Tajikistan. American Journal of Essential Oil and Natural Products, 2(4): 32-34.

- Smith, R.M. and Burford, M.D., 1992. Supercritical fluid extraction and gas chromatographic determination of the sesquiterpene lactone parthenolide in the medicinal herb Feverfew (*Tanacetum parthenium*). Journal of Chromatography A, 627: 255-261.
- Solouki, M., Mahdikhani, H. and Zeinali, H., 2013. Study the genetic diversity of chamomile landraces (*Matricaria aurea* L.) Sch. Bip.) using random and semi-random primers. Journal of Crop Breeding, 5(11): 69-82.
- Solouki, M., Mehdikhani, H., Zeinali, H. and Emamjomeh A.A., 2008. Study of genetic diversity in chamomile (*Matricaria chamomilla*) based on morphological and molecular markers. Scientia Horticulturae, 117(3): 281-287.
- Tian, K., Dietzenbacher, E. and Jong-A-Pin, R., 2019. Measuring industrial upgrading: applying factor analysis in a global value chain framework. Economic Systems Research, 31(4): 642-664.
- Wu, C., Chen, F., Wang, X., Kim, H.J., He, G.Q., Haley-Zitlin, V. and Huang, G., 2006. Antioxidant constituents in Feverfew (*Tanacetum parthenium*) extract and their chromatographic quantification. Food Chemistry, 96: 220-227.
- Zare, M., Ganj Khanloo, H., Sharifi Ashorabadi, E. and Maddah Arefi, H., 2013. Evaluation of genetic variation, compatibility, selection and introduction of suitable germplasm within *Thymus daenensis* Celak. accessions in centric province. Eco-phytochemical Journal of Medical Plants, 1(1): 15-24.

Study on morphological diversity and parthenolide content of some feverfew (*Tanacetum parthenium* (L.) Schultz-Bip.) populations

R. Zandi[1], M. H. Mirjalili[2*], Gh. Eghlima[3], A. Sonboli[4] and H. Rezadoost[5]

1- M.Sc. student of Agriculture, Department of Agriculture, Medicinal Plants and Drugs Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
2*- Corresponding author, Department of Agriculture, Medicinal Plants and Drugs Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran, E-mail: m-mirjalili@sbu.ac.ir
3- Department of Agriculture, Medicinal Plants and Drugs Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
4- Department of Biology, Medicinal Plants and Drugs Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
5- Department of Phytochemistry, Medicinal Plants and Drugs Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Received: June 2022 Revised: November 2022 Accepted: November 2022

Abstract

Feverfew (*Tanacetum parthenium* (L.) Schultz-Bip.) is a perennial medicinal plant from Asteraceae family and a rich source of sesquiterpene lactone parthenolide with anti-cancer, anti-inflammatory, anti-spasm, and especially anti-migraine properties. In this study, the aerial parts of five wild populations of this plant were harvested from Mazandaran (Marzanabad, Siah Bisheh, and Valiabad) and Tehran (Ahar and Gachsar) provinces at full flowering stage in 2020 to evaluate their morphological traits and parthenolide content. The results showed a significant difference at 1% probability level among the studied populations for all the traits. The highest plant height (130 cm), flower dry weight (8.60 g.plant^{-1}), and parthenolide content (0.33 mg.g^{-1} dry weight) were observed in Gachsar, Siah Bisheh, and Marzanabad populations, respectively. Parthenolide content correlated with leaf length, number of lateral branches, and crown diameter negatively and with number of capitols positively and significantly at 5% probability level. Cluster analysis put the feverfew populations in two main groups. Principal coordinate analysis showed that the first three factors could explain 93.06% of the total variance. Overall, the results indicated the existence of high diversity in feverfew populations for use in breeding programs and cultivation and domestication of this species.

Keywords: Parthenolide, principle coordinate analysis, cluster analysis, morphological diversity.