Research Article

Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research DOI: 10.22092/ijrfpbgr.2026.373261.1498

Vol. 34, No. 1, Page 41-56 (2026)

Introduction of selected populations of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) based on quantitative and qualitative traits in Isfahan province, Iran

Lili Safaii [1*], Najmeh Hadi Bidakhovidi[2], Jafari, Aliashraf[3]

1* Research Instructor, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran.
Email: safaii2000@yahoo.com
2 Assist. Prof., Research Institutes of Forest and Rangelands (AREEO), Tehran, Iran.
3 Prof., Research Institutes of Forest and Rangelands (AREEO), Tehran, Iran.

Received: 2026/06/21 Revised: 2026/09/07 Accepted: 2026/09/19

Abstract

Background and Objective: German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) is an annual plant belonging to the Asteraceae family, holding a special place in the pharmaceutical, food, and cosmetic industries due to its valuable bioactive compounds, such as flavonoids, coumarins, and phenolic acids, which are used in the cosmetic, health and pharmaceutical industries. Obtaining high-quality and high-quantity varieties is of great importance for achieving sustainable agriculture. This study aimed to select superior populations of German chamomile based on quantitative and qualitative traits in Isfahan Province, Iran.

Materials and Methods: This study was conducted in two separate experiments. In the first experiment (2024), 18 populations were cultivated and evaluated, followed by 8 selected populations in the second experiment (2025); both trials utilized a randomized complete block design with three replications at the Shahid Fazveh Research Farm, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Isfahan, Iran. Data collected from studied traits included plant height, flower diameter, sepal diameter, number of petals, the number of flowers per plant, root length, dry weight of a single flower, branch head weight and dry weight of roots at the 50% flowering stage . The aerial parts of the plants were harvested, dried, and their essential oil was extracted by water distillation using a Clevenger apparatus. The essential oil compounds were identified using gas chromatography (GC) and gas chromatography-mass spectrometry (GC/MS). Flower and essential oil yields were also determined in each population. The data were analyzed using the analysis of variance (ANOVA) test and the mean comparisons were conducted using Duncan's test. Factor analysis was employed to determine the contribution of each trait to data variation. Genotypes were grouped using Ward's cluster analysis, and finally, based on the statistical analysis of data from the second experiment, populations were identified that were superior in terms of shoot yield and key essential oil constituents.

Results: There were significant differences among the selected chamomile populations in most of the traits in both experiments. Factor analysis grouped the 13 studied traits into five factors in the first experiment, which collectively accounted for 84% of the total variance. The number of flowers, flower weight per plant, shoot weight, and flower yield had exhibited positive factor loadings and were collectively designated as the "flower yield potential" factor.

Copyright: © 2026 by the authors. This is an open access, peer-reviewed article published by Research Institute of Forests and Rangelands (http://ijrfpbgr.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.

The second factor comprised essential oil percentage and yield, while the third factor represented flower size. Cluster analysis categorized the 18 studied populations into three groups, with flower yield serving as the primary distinguishing factor among them. Given the importance of flower and essential oil yields, and based on the cluster analysis results from the first experiment, eight populations were selected for cultivation in the second experiment (scheduled for the year 2025). The mean comparison of these eight populations indicated that five of them, specifically Isfahan 1, 5, and 6, along with Khuzestan 2 and 10, could be selected for the next phase of the study (involving research-extension trials) due to their superior performance regarding flower yield, essential oil yield, essential oil percentage, and main essential oil compounds, with the ultimate goal of breeding improved varieties. Essential oil compound analysis of the populations in both experiments also revealed that Isfahan populations 1, 5, and 6 had higher mean levels of chamazulene and α-bisabolol oxide A, while Khuzestan populations 2 and 10 exhibited higher mean levels of α-bisabolol oxide A.

Conclusion: The summary of the results showed that Isfahan 1 and 5 and Khuzestan 10 populations were high in terms of flower yield, essential oil yield and essential oil percentage; Isfahan 6, due to optimal flower yield and Khuzestan 2, due to appropriate essential oil percentage and essential oil yield, can be selected and prioritized to achieve varieties with high quantitative and qualitative yields.

Keywords: *Matricaria chamomilla*, Yield, Asteraceae, Variation, Oil

معرفی جمعیت‌های منتخب گیاه دارویی بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) براساس صفات کمی و کیفی در استان اصفهان

لیلی صفائی[۱*]، نجمه هادی بیداخویدی[۲] و علی‌اشرف جعفری[۳]

[۱*] نویسنده مسئول، مربی پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران. پست‌الکترونیک: safaii2000@yahoo.com

[۲] استادیار، بخش تحقیقات گیاهان دارویی و معطر، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

[۳] استاد، بخش تحقیقات مرتع، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۳/۳۱ تاریخ اصلاح نهایی: ۱۴۰۵/۰۶/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۶/۲۸

چکیده

سابقه و هدف: گیاه داروئی بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) گیاهی یکساله متعلق به خانواده کاسنیان (Asteraceae) است که به‌دلیل دارا بودن ترکیبات زیست‌فعال ارزشمند مانند فلاونوئیدها، کومارین‌ها و اسیدهای فنولی، جایگاه ویژه‌ای در صنایع دارویی، غذایی و آرایشی-بهداشتی دارد. از آنجا که دستیابی به ارقام با کیفیت و کمیت بالا در رسیدن به کشاورزی پایدار دارای اهمیت زیادی است، این تحقیق با هدف مطالعه و معرفی جمعیت‌های منتخب بابونه آلمانی براساس صفات کمی و کیفی در استان اصفهان پایه‌ریزی شد.

مواد و روش‌ها: این طرح در دو آزمایش جداگانه اجرا شد. در آزمایش اول (سال ۱۴۰۳) تعداد ۱۸ جمعیت و در آزمایش دوم (سال ۱۴۰۴) تعداد ۸ جمعیت منتخب در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقاتی شهید فزوه (وابسته به مرکز آموزش و تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان) کشت و ارزیابی شدند. در طول فصل زراعی و در مرحله ۵۰ درصد گلدهی، صفات ارتفاع گیاه، قطر گل، قطر نهنج، تعداد گلبرگ، تعداد گل در بوته، طول ریشه، وزن خشک تک‌گل، وزن سرشاخه و وزن خشک ریشه بررسی شد. اندام هوایی گیاهان برداشت و پس از خشک شدن با روش تقطیر با آب و دستگاه کلونجر اسانس‌گیری گردید. شناسایی ترکیب‌های اسانس با استفاده از دستگاه‌های گاز کروماتوگرافی (GC) و گاز کروماتوگرافی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC/MS) انجام شد. همچنین عملکرد گل و اسانس جمعیت‌ها تعیین شد. پس از جمع‌آوری داده‌های آزمایش اول، تجزیه واریانس انجام و پس از تأیید اختلاف‌های معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها، مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن انجام شد. به منظور تعیین سهم هر صفت در تنوع داده‌ها، از تجزیه به عامل‌ها استفاده گردید. برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها، تجزیه خوشه‌ای به روش Ward انجام شد. داده‌های آزمایش دوم نیز همانند آزمایش اول تجزیه واریانس و مقایسه میانگین شده و براساس نتایج تجزیه خوشه‌ای، جمعیت‌های مطلوب از لحاظ عملکرد سرشاخه و ترکیب‌های شاخص اسانس شناسایی گردیدند.

نتایج: نتایج حاصل از محاسبه شاخص‌های آماری مختلف، نشان‌دهنده وجود تفاوت‌های آماری معنی‌دار در بین جمعیت‌های منتخب بابونه از نظر اغلب صفات ارزیابی شده در هر دو آزمایش بود. در آزمایش اول، با استفاده از تجزیه به عامل‌ها، ۱۳ صفت مورد مطالعه در قالب پنج عامل که در مجموع ۸۴ درصد از تغییرات کل را توجیه می‌کردند گروه‌بندی شدند. چهار صفت تعداد گل، وزن گل در بوته، وزن سرشاخه و عملکرد گل دارای بار عامل مثبت بودند که به نام ظرفیت عملکرد گل نامگذاری شدند. عامل دوم، درصد و عملکرد اسانس و عامل سوم اندازه گل بود. تجزیه خوشه‌ای نیز ۱۸ جمعیت مورد مطالعه را در سه گروه قرار داد که عمده تفاوت این گروه‌ها مربوط به صفت عملکرد گل بود. با توجه به اهمیت عملکرد گل و عملکرد اسانس و براساس نتایج تجزیه خوشه‌ای آزمایش

اول، تعداد ۸ جمعیت، برای کاشت در آزمایش دوم (سال ۱۴۰۴) انتخاب شدند. نتایج حاصل از مقایسه میانگین این هشت جمعیت نشان داد که ۵ جمعیت شامل جمعیت‌های اصفهان ۱، ۵ و ۶ و خوزستان ۲ و ۱۰ به دلیل داشتن عملکرد گل، عملکرد اسانس و درصد اسانس و ترکیبات شاخص اسانس بالاتر می‌توانند انتخاب و در مرحله بعدی این تحقیق با کشت تحقیقی ترویجی برای رسیدن به ارقام دارای عملکرد کمی و کیفی بالا در دستور کار قرار بگیرند. آنالیز اسانس جمعیت‌ها نیز در هر دو آزمایش نشان داد که جمعیت‌های ۱ و ۵ و ۶ اصفهان دارای میانگین بیشتری از ترکیبات کامازولن و آلفابیزابولول اکسایدa و جمعیت‌های خوزستان ۲ و ۱۰ دارای میانگین بیشتری از ترکیب آلفابیزابولن اکسایدa بودند.

نتیجه‌گیری: جمع‌بندی نتایج در هر دو مرحله نشان داد که جمعیت‌های اصفهان ۱ و ۵ و خوزستان ۱۰ از نظر عملکرد گل، عملکرد اسانس و درصد اسانس بالا، اصفهان ۶ به دلیل عملکرد گل بهینه و خوزستان ۲ به دلیل درصد اسانس و عملکرد اسانس مناسب می‌توانند انتخاب و برای رسیدن به ارقام دارای عملکرد کمی و کیفی بالا در دستور کار قرار بگیرند.

واژه‌های کلیدی: عملکرد، اسانس، خانواده کاسنی، تنوع، *Matricaria chamomilla*

مقدمه

بابونه آلمانی گیاهی متعلق به خانواده کاسنیان (Asteraceae) با نام علمی *Matricaria chamomilla* L. می‌باشد. این گیاه یکساله، بدون کرک یا کرک‌دار، ایستاده یا خیزان، در پایین دارای انشعاب‌های متراکم، گل‌آذین دیهیمی شکل و تنک، با کپه‌های معدود، گل‌های زبانه‌ای حاشیه‌ای سفید، ماده، گل‌های مرکزی کپه زرد، تقریباً لوله‌ای، نرماده، فشرده، میوه فندقه پهن دراز، به طول ۰/۸ تا یک میلی‌متر و قهوه‌ای رنگ است (Ghahraman, 1986). منشأ این گیاه اروپا و غرب آسیا گزارش شده است (Ruzicka *et al.*, 2024). خواص ضدالتهابی، ضد درد، آرام‌بخش، ضدمیکروب، ضدحساسیت، ضدهیپرگلیسمی و ضداسپاسم در این گیاه مشاهده شده است (Haghi *et al.*, 2014). این خواص تا حدی به دلیل فنلی بودن ترکیب‌های آن است (Darvishpadok *et al.*, 2012). تحقیقات نشان داده است که مواد موجود در اسانس گیاه به محل رویش آن بستگی دارد (Mihyaoui *et al.*, 2022) و از ۰/۴ تا ۱/۵ درصد متغیر بوده است (Hassanpour & Ghanbarzadeh, 2021). گزارش‌های متعددی در زمینه ترکیب‌های موجود در اسانس بابونه آلمانی وجود دارد که حضور ترکیبات ترپنوئیدی مانند آلفابیزابولول اکساید a، آلفا بیزابولن اکساید a و b، فارنزن و کامازولن را در گل و اندام هوایی گیاه نشان می‌دهد (Mavandi *et al.*, 2019; Ghasemi *et al.*, 2016; Piri *et al.*, 2019; Baghalian *et al.*, 2008; Zarezadeh *et al.*, 2020; Homami *et al.*, 2016; Farhoudi, 2013; Ayoughi *et al.*, 2011). Moslehi و همکاران (۲۰۱۲) نیز در اسانس بابونه نزدیک به ۴۰ ترکیب شناسایی کردند که مهمترین آنها آلفا بیزابولول، کامازولن، آلفابیزابولن اکساید a و b و بتافارنزن بوده است.

تنوع ژنتیکی نه تنها شرط لازم برای رسیدن به محصول بیشتر و پایداری عملکرد است، بلکه منابع ژنتیکی مفید برای برنامه‌های اصلاحی را شناسایی کرده و باعث حفظ آنها می‌شود (Gepts & Papa, 2003). در تحقیق Pirkhezri و همکاران (۲۰۰۸) تعداد ۲۳ توده بومی و سه رقم اصلاح شده بابونه آلمانی مورد مطالعه قرار گرفته و وجود تنوع مورفولوژیکی در آن‌ها گزارش شده است. در تحقیق Ahmadi و همکاران (۲۰۱۸) در زمینه تنوع ژنتیکی، ۱۵ ژنوتیپ بابونه آلمانی گزارش شده که جمعیت‌های مورد مطالعه از نظر تمامی صفات بررسی شده اختلاف معنی‌داری داشتند. همچنین تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی برای صفات زیست توده تر، زیست توده خشک و درصد کامازولن بدست آمده است. Mohammadi و همکاران (۲۰۱۴) نیز تنوع قابل توجهی را در عملکرد و اجزای عملکرد ۲۶ توده بابونه مورد مطالعه گزارش کرده‌اند. در تحقیق Ghanavati و همکاران (۲۰۲۲) بررسی ضرایب تنوع فنوتیپی در ژنوتیپ‌های بابونه مورد مطالعه نشان داد که عملکرد گل خشک و تر و تعداد گل در هر بوته دارای بیشترین تنوع بودند. Mohammadi و

همکاران (۲۰۱۴) نیز در مطالعه ده جمعیت بابونه آلمانی، صفات مقدار اسانس، شاخص گل‌دهی، عملکرد اقتصادی، تعداد گل در بوته و تعداد ساقه فرعی گل‌دهنده را به ترتیب دارای بیشترین ضرایب تنوع فنوتیپی گزارش کرده‌اند. Pirkhezri و همکاران (۲۰۰۸) همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد و تعداد گل در بوته، عملکرد و وزن صدگل، ارتفاع گیاه و طول برگ، عملکرد و تعداد گل‌های زبانه‌ای مشاهده کردند.

با توجه به اهمیت گیاه داروئی بابونه آلمانی در کشور و مصرف مقادیر قابل توجه آن در صنایع داروئی، آرایشی و بهداشتی، معرفی جمعیت‌های برتر این گیاه، راه را برای انجام کارهای اصلاحی و دستیابی به ارقام با کیفیت و کمیت بالا امکان‌پذیر می‌سازد. ازاین‌رو، این تحقیق در ادامه ارزیابی مقدماتی ژنوتیپ‌های این گیاه در فاز اول و براساس صفات کمی و کیفی عملکردی برای معرفی رقم در استان اصفهان برنامه‌ریزی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و روش اجرای طرح

این تحقیق در دو آزمایش جداگانه در دو سال متوالی (۱۴۰۳ و ۱۴۰۴) اجرا شد. در آزمایش اول ۱۸ جمعیت از بین ۳۲ جمعیت بابونه آلمانی (Safaii *et al.*, 2026) انتخاب و در سال ۱۴۰۳ کشت شدند که شامل ۵ جمعیت زراعی از اصفهان، ۵ جمعیت وحشی از لرستان و ۸ جمعیت وحشی از خوزستان بود. اطلاعات مربوط به جمعیت‌ها در جدول ۱ آمده است. در آزمایش دوم (سال ۱۴۰۴)، ۸ جمعیت منتخب از بین ۱۸ جمعیت سال ۱۴۰۳ که شامل۳ جمعیت زراعی از اصفهان، یک جمعیت وحشی از لرستان و ۴ جمعیت وحشی از خوزستان بود، دوباره کشت گردید. تولید گیاه از طریق کشت مستقیم بذر در فصل پاییز بود. به علت یکساله بودن گیاه و برای یکسان بودن زمان کاشت، کشت بذر هر سال در تاریخ ۱۷ مهرماه و در قطعه زمین‌های متفاوت انجام شد. کشت هر جمعیت بر روی سه خط به طول ۶ متر و فاصله خطوط ۱/۵ متر در سه تکرار بود. فاصله بین بوته‌ها بر روی ردیف، ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. با توجه به ریز بودن بذر، بذرها قبل از کشت با ماسه بادی مخلوط شدند. در هر محل کشت، ۵ تا ۶ عدد بذر ریخته شد تا نتایج به نتایج حاصل از کشت مرسوم بابونه نزدیک باشد. آبیاری به صورت قطره‌ای (تیپ) در پای بوته‌ها و مبارزه با علف‌های هرز، به صورت دستی انجام شد.

ارزیابی صفات

در مرحله ۵۰ درصد گلدهی صفات زیر بررسی شدند.

ارتفاع گیاه (فاصله بین طوقه تا انتهای کاپیتول در مرحله ۱۰۰٪ گلدهی برحسب سانتی‌متر)؛

قطر گل (فاصله بین دو انتهای گل برحسب سانتی‌متر)؛

قطر نهنج (فاصله بین دو انتهای نهنج برحسب سانتی‌متر)؛

تعداد گلبرگ (میانگین کل گلبرگ‌های موجود در ۵ گل در هر بوته در زمان ۱۰۰٪ گلدهی)؛

تعداد گل در بوته (مجموع گل‌های موجود در یک بوته در مرحله ۱۰۰٪ گلدهی)؛

طول ریشه (فاصله بین انتهای طوقه تا نوک ریشه به سانتی‌متر)؛

وزن خشک تک‌گل (میانگین وزن خشک تعداد گل‌های یک بوته به گرم بعد از ۴۸ ساعت قرار گرفتن در آون در دمای ۶۸ درجه سانتی‌گراد)؛

وزن سرشاخه (وزن خشک اندام هوایی گیاه بدون گل پس از خشک شدن به گرم)؛ وزن خشک ریشه (وزن ریشه پس از خشک شدن به گرم) و درصد اسانس (مقدار اسانس موجود در ۱۰۰ گرم گل خشک) بود.

به منظور استخراج اسانس، ۵۰ گرم از گل هر جمعیت آسیاب شده و به مدت دو ساعت با استفاده از روش تقطیر با آب و دستگاه کلونجر، اسانس‌گیری و درصد آن تعیین شد (British Pharmacopoeia, 1988). اسانس استخراج شده برای انجام آنالیزهای لازم به مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور ارسال گردید.

برای شناسایی ترکیب‌های اسانس از دستگاه‌های گاز کروماتوگرافی (GC) و گاز کروماتوگرافی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC/MS) استفاده شد. مشخصات این دستگاه‌ها به شرح زیر است.

مشخصات گاز کروماتوگرافی (GC): کروماتوگراف گازی مدل Shimadzu-9A مجهز به دتکتور F.I.D (یونیزاسیون شعله هیدروژن) و داده‌پرداز Chromatepac بود. ستون دستگاه DB–5 به طول 30 متر، قطر داخلی 25 میکرون و ضخامت لایه فاز ساکن برابر ۰/۲۵ میکرون بود. گاز حامل هلیم با سرعت جریان گاز ۲۲/۷ بود. دمای محفظه تزریق ۲۶۵ درجه سانتی گراد و برنامه‌ریزی حرارتی ستون از دمای اولیه ۵۰ درجه تا دمای نهایی ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد بود که در هر دقیقه ۴ درجه سانتی‌گراد به آن افزوده شد.

مشخصات گاز کروماتوگرافی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC/MS): کروماتوگراف گازی Varian 3400 متصل شده به طیف‌سنج جرمی، ستون مشابه با ستون مورد استفاده در دستگاه GC بود. دتکتور "Ion Trap" گاز حامل هلیم، سرعت جریان گاز حامل ml/min ۵۰ و انرژی یونیزاسیون در طیف‌سنج جرمی برابر ۷۰ الکترون بود. برنامه حرارتی ستون از ۴۰ تا ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت C/min ۴ تنظیم شد و دمای محفظه تزریق ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد بود.

محاسبه شاخص بازداری و شناسایی ترکیب‌ها

برای محاسبه اندیس‌های بازداری ترکیب‌ها، آلکان‌های نرمال c9-c22 به دستگاه GC تزریق شد. شناسایی ترکیب‌ها با مطالعه طیف‌های جرمی و مقایسه با طیف جرمی ترکیب‌های استاندارد، با استفاده از اطلاعات موجود در کتابخانه به کمک شاخص‌های بازداری محاسبه شده و مقایسه آنها با شاخص‌های بازداری استاندارد که در منابع مختلف منتشر گردیده، انجام شد. محاسبات کمی (تعیین درصد هر ترکیب) به کمک داده‌پرداز R3A-Chromatepac به روش نرمال کردن سطح (Area normalization method) و نادیده گرفتن ضریب‌های پاسخ (Response factors) مربوط به طیف‌ها انجام گردید (safaii *et al*., 2025).

تجزیه‌وتحلیل آماری

پس از جمع‌آوری اطلاعات مزرعه‌ای، داده‌های حاصل از اندازه‌گیری صفات مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند. مقایسه میانگین صفات با آزمون دانکن انجام شد. به منظور تعیین سهم هر صفت در تنوع داده‌ها، از تجزیه به عامل‌ها استفاده گردید. به منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها، تجزیه خوشه‌ای به روش Ward و معیار مربع فاصله اقلیدسی انجام شد (Johnson and Wichern, 1998). برای تجزیه آماری داده‌ها از نرم‌افزارهای SAS و SPSS استفاده گردید.

ژ

جدول ۱- اطلاعات رویشگاهی جمعیت‌های منتخب بابونه مورد بررسی در سال ۱۴۰۳ و ۱۴۰۴

Table 1. Habitat information of selected chamomile populations during 2024 and 1404

Populations	Source	Sample	Place of collection	Altitude (m)	Longitude	Latitude
Esfahan 1*	Farm	Cultivated	North Baraaan, Fesaran- Saberi farm	1541	-	-
Esfahan 2	Farm	Cultivated	Jey and Ghohab, Sosart, Borojerdi farm	1541	-	-
Esfahan 4*	Farm	Cultivated	Goldaroo company	1570	-	-
Esfahan 5	Farm	Cultivated	North Baraan, Dastja, Etebarian farm	1541	-	-
Esfahan 6*	Farm	Cultivated	Dashtyaar company	1570	-	-
Loreatan 1	Habitat	Wild	Doaab nangtir	993	47°57' 53"	33°29' 18"
Loreatan 3	Habitat	Wild	Afarnieh	844	47°52' 11"	33°18' 52"
Loreatan 4	Habitat	Wild	Ghalee Sanghi	1278	48°16' 50"	33°34' 29"
Loreatan 6*	Habitat	Wild	Sardasht	471	48°49' 11"	32°29' 50"
Loreatan 8	Habitat	Wild	Dehdez	1567	50°17' 42"	31°42' 30"
Khuzistan 2*	Habitat	Wild	Andica 2	-	-	-
Khuzistan 3	Habitat	Wild	Andica	778	49°27' 10"	32°12' 31"
Khuzistan 4	Habitat	Wild	Mormoori	530	47°39' 46"	32°45' 07"
Khuzistan 5*	Habitat	Wild	Ahvaz	30	49°07' 25"	31°14' 34"
Khuzistan 6*	Habitat	Wild	Masjedsoleiman	322	49°15' 22"	32°00' 47"
Khuzistan 7	Habitat	Wild	Behbahan	438	50°10' 57"	30°49' 01"
Khuzistan 9				-	-	-
Khuzistan 10*				-	-	-

*: ژنوتیپ‌های منتخب برای کشت در سال ۱۴۰۵

*, Selected genotypes for cultivation in the year 2026

نتایج

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها در آزمایش اول

براساس نتایج پژوهش قبلی (Safaii *et al.*, 2026) تعداد ۱۸ جمعیت به دلیل عملکرد گل و عملکرد اسانس انتخاب و در سال ۱۴۰۳ کاشته شدند (جدول ۱). نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر جمعیت بر کلیه صفات مورد بررسی به استثناء تعداد گلبرگ و طول ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). در مقایسه میانگین تیمارها، جمعیت‌های اصفهان۱ و خوزستان۵ به ترتیب با ۸۰/۷ و ۸۰ سانتی‌متر بیشترین ارتفاع را به خود اختصاص دادند که تفاوت معنی‌داری با بقیه جمعیت‌ها داشتند. کمترین ارتفاع گیاه مربوط به خوزستان ۷ با ۳۸ سانتی‌متر بود. بیشترین قطر گل مربوط به جمعیت خوزستان۷ (۲/۸ سانتی‌متر) و پس از آن اصفهان ۶ (۲/۶ سانتی‌متر) بود. کمترین قطر گل در خوزستان۶ با ۱/۵ سانتی‌متر مشاهده شد. جمعیت اصفهان ۲ با ۱/۳ سانتی‌متر بیشترین قطر نهنج را به خود اختصاص داد که تفاوت معنی‌داری با دیگر جمعیت‌ها داشت. کمترین قطر نهنج مربوط به خوزستان ۶ با ۰/۷۳ سانتی‌متر بود. جمعیت اصفهان ۴ و ۶ و لرستان ۱ با ۱۹ عدد بیشترین تعداد گلبرگ را به خود اختصاص دادند. در جمعیت اصفهان ۱ و ۵ به ترتیب با ۱۶ و ۱۵ عدد، بیشترین تعداد گل در بوته مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با بقیه جمعیت‌ها داشتند. کمترین تعداد گل در بوته مربوط به خوزستان ۱۰ و لرستان ۱ با ۳ عدد بود. جمعیت اصفهان ۵ با ۱۳/۷ سانتی‌متر بیشترین طول ریشه را به خود اختصاص داد. کمترین طول ریشه مربوط به خوزستان ۷ با ۵ سانتی‌متر بود. بیشترین وزن خشک تک‌گل در جمعیت اصفهان ۲ با ۰/۰۸۴ گرم مشاهده شد که در مقایسه با دیگر جمعیت‌ها معنی‌دار بود. کمترین وزن خشک تک‌گل نیز در جمعیت اصفهان ۵ با ۰/۰۳۴ گرم مشاهده شد. جمعیت اصفهان ۵، بیشترین وزن گل خشک در بوته (۱ گرم) را به خود اختصاص داد که تفاوت معنی‌داری با بقیه جمعیت‌ها داشت. کمترین وزن گل خشک در بوته نیز مربوط به لرستان ۴ با ۰/۱۸ گرم بود. بیشترین وزن سرشاخه در جمعیت اصفهان ۱ با ۱۱/۶ گرم بدست آمد. کمترین وزن سرشاخه نیز مربوط به خوزستان ۲ با ۲/۵۴ گرم بود. جمعیت خوزستان ۹ با ۰/۴ گرم بیشترین وزن خشک ریشه را به خود اختصاص داد و جمعیت اصفهان چهار با ۰/۰۶ گرم کمترین وزن خشک ریشه را داشت. جمعیت اصفهان ۱ و ۵ با ۹۷۹ و ۹۵۹ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد گل را به خود اختصاص دادند و کمترین عملکرد گل در هکتار مربوط به لرستان ۶ با ۶۵۵ کیلوگرم در هکتار بود. بیشترین مقدار اسانس در جمعیت خوزستان ۲ با ۰/۹۴ درصد بدست آمد. کمترین مقدار آن نیز مربوط به خوزستان ۵ با ۰/۲۲ درصد بود. جمعیت اصفهان ۵ و خوزستان ۲ به ترتیب با ۸/۶۶ و ۸/۲۹ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد اسانس در هکتار را به خود اختصاص دادند. کمترین عملکرد اسانس مربوط به خوزستان ۹ با ۱/۷۱ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده در ۱۸ جمعیت گیاه بابونه کشت شده در ایستگاه تحقیقاتی شهید فزوه در سال ۱۴۰۳

Table 3. Analysis of variance: Comparison of the average traits measured in 18 chamomile plant populations cultivated at Shahid Fozveh Research Station in 2024

Population	Plant Height (cm)	Flower Diameter (cm)	Receptacle Diameter (cm)	Petals No./P	Flower No/P	Root Length (cm)	Single Flower Weight (g)	Flowers Weight (g/p)	Branch Weight (g)	Root Weight (g)	Flower Yield (kg/h)	Essential Oil (%)	Oil Yield (kg/h)
Esfahan 1	80.7 a	2.00 b-e	0.93 b-e	18 ab	16 a	7.0 b-d	0.075 b	0.98 b	11.60 a	0.33 b	979.0 a	0.85 c	8.30 b
Esfahan 2	78.3 ab	2.33 abc	1.30 a	15 ab	8 bc	11.3 a-c	0.084 a	0.34 g	6.50 a-c	0.28 c	825.7 de	0.38 g	3.140 i
Esfahan 4	66.3 ef	1.52 e	0.83 de	19 a	4 c	5.7 cd	0.061 d	0.33 g	3.20 bc	0.06 i	853.3c	0.63 d	5.40 d
Esfahan 5	71.3 cd	2.42 a-c	1.28 a-c	15 ab	15 a	13.7 a	0.034 j	1.00 a	9.44 ab	0.15 e	959.0 a	0.90 b	8.60 a
Esfahan 6	72.3 cd	2.60 ab	1.23 ab	19 a	13 ab	10.3 a-d	0.071 c	0.92 c	8.22 a-c	0.29 c	906.3 b	0.28 ij	2.53 jk
Loreatan 1	75.0 bc	2.10 a-e	1.20 a-c	19 a	3 c	7.7 b-d	0.073 c	0.34 g	6.11 a-c	0.10 g	700.0 i	0.54 e	3.80 h
Loreatan 3	66.3 ef	2.06 b-e	1.13 a-d	15 ab	4 c	9.3 a-d	0.061 d	0.23 h-j	3.33 bc	0.10 g	811.0 ef	0.54 e	4.38 f
Loreatan 4	66.3 ef	2.16 a-e	1.07 a-d	17 ab	3 c	9.3 a-d	0.051 g	0.18 k	4.73 bc	0.13 f	811.3 ef	0.50 e	4.10 fg
Loreatan 6	64.7 f	2.16 a-e	0.90 b-e	18 ab	4 c	11.7 ab	0.060 d	0.24 hi	3.33 bc	0.22 d	655.0 j	0.34 gh	2.20 k
Loreatan 8	40.0 h	2.16 a-e	1.03 a-e	15 b	4 c	7.7 b-d	0.057 e	0.25 h	6.44 a-c	0.16 e	790.3 f	0.45 f	3.60 h
Khuzistan 2	54.3 g	2.30 a-d	1.20 a-d	17 ab	4 c	8.3 a-d	0.045 b	0.20 j	2.54 c	0.09 gh	810.7 ef	0.94 a	7.62 c
Khuzistan 3	55.3 g	1.63 de	0.96 b-e	17 ab	8 bc	11.3 a-c	0.045 h	0.46 f	3.92 bc	0.12 f	535.3 h	0.81 c	4.30 f
Khuzistan 4	70.3 de	1.76 b-e	1.13 a-d	17 ab	12 ab	8.7 a-d	0.052 f	0.86 d	8.41 a-c	0.23 d	761.3 g	0.64 d	4.89 e
Khuzistan 5	80.0 a	2.00 b-e	0.86 c-e	16 ab	9 bc	9.0 a-d	0.041 h	0.64 e	8.33 a-c	0.16 e	839.7 cd	0.22 k	1.85 lm
Khuzistan 6	65.7 f	1.50 e	0.73 e	18 ab	5 c	11.3 a-c	0.061 d	0.34 g	6.20 a-c	0.24 d	758.3 g	0.38 g	2.86 ij
Khuzistan 7	38.0 h	2.80 a	1.13 a-d	17 ab	5 c	5.0 d	0.052 f	0.23 h-j	9.57 ab	0.08 h	731.3 h	0.32 hi	2.30 k
Khuzistan 9	55.0 g	2.13 a-e	1.03 a-e	15 b	3 c	11.0 a-c	0.045 h	0.24 hi	9.48 ab	0.40 a	725.7 h	0.23 jk	1.71 m
Khuzistan 10	52.0 g	2.33 a-c	1.10 a-d	15 b	3 c	9.0 a-d	0.060 d	0.21 ij	7.50 a-c	0.23 d	728.3 h	0.26 jk	1.89l m
F value	**	**	**	ns	**	ns	**	**	**	**	**	**	**

ns, * and **, non significant and significant at 5 and 1%, probability levels, respectively.

Different letters in each column indicate significant differences based on the Duncan method (P<0.01)

ns، ** و *: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪

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

تجزیه به عامل‌ها درآزمایش اول

از آنجا که تنوع قابل ملاحظه‌ای میان جمعیت‌های مورد مطالعه مشاهده شد، بنابراین برای تعیین نقش هریک از صفات در تنوع موجود، تجزیه به عامل‌ها در سال ۱۴۰۳ انجام گردید. این تجزیه‌وتحلیل با استفاده از ۱۳ صفت زراعی، ۵ عامل پنهانی را شناسایی نمود که جمعاً ۸۴ درصد از کل تنوع داده‌ها را توجیه کردند (جدول ۳). از این مقدار سهم عوامل اول تا پنجم به ترتیب ۲۵، ۱۹، ۱۶، ۱۴ و ۱۰ درصد بود. در عامل اول متغیرهای تعداد گل در بوته، وزن گل خشک در بوته، وزن سرشاخه و عملکرد گل دارای بار عامل مثبت و زیادی بودند. عامل دوم صفات وزن خشک ریشه، درصد و عملکرد اسانس، عامل سوم قطر گل و قطر نهنج و تعداد گلبرگ، عامل چهارم ارتفاع گیاه و وزن خشک تک گل و عامل پنجم طول ریشه را شامل شد.

جدول ۳- مقادیر بار عامل‌ها، مقادیر ویژه، درصد واریانس و واریانس تجمعی ۵ عامل اول خصوصیات زراعی بابونه آلمانی در آزمایش ۱

Table 3. Factor loading values, eigenvalues, percentage variance, and cumulative variance of the first 5 factors of agronomic traits of German chamomile in the first trial

Traits	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5
Flower per Plant	**0.903**	0.227	0.023	0.117	0.159
Weight of dried flowers per plant	**0.930**	0.227	-0.051	0.090	0.120
Branch weight	**0.818**	-0.399	0.189	-0.106	-0.198
Flower yield	**0.745**	0.381	0.052	0.134	0.019
Dry Root weight	**0.506**	**-0.585**	0.067	0.091	0.331
Essential Oil %	0.183	**0.944**	-0.003	-0.026	0.012
Essential Oil yield	0.337	**0.910**	0.014	-0.017	0.012
Flower diameter	0.132	-0.121	**0.849**	-0.107	-0.128
Receptacle diameter	0.043	0.158	**0.917**	0.151	0.134
Number of Petals	0.026	0.110	**-0.550**	**0.549**	-0.184
Plant Height	0.279	0.025	-0.465	**0.595**	0.342
Dry weight of a single flower	-0.011	-0.282	0.187	**0.847**	-0.027
Root length	0.119	-0.015	0.019	-0.173	**0.939**
Eigenvalue	3.43	2.63	2.17	1.96	1.42
Variance%	24.52	18.84	15.50	14.02	10.14
Cumulative variance%	24.52	43.35	58.85	72.87	83.02

اعداد با فونت درشت که در زیر آنها خط کشیده شده دارای همبستگی معنی‌داری با فاکتورها هستند.

The bold font and underlined data strongly correlate with the relevant factors.

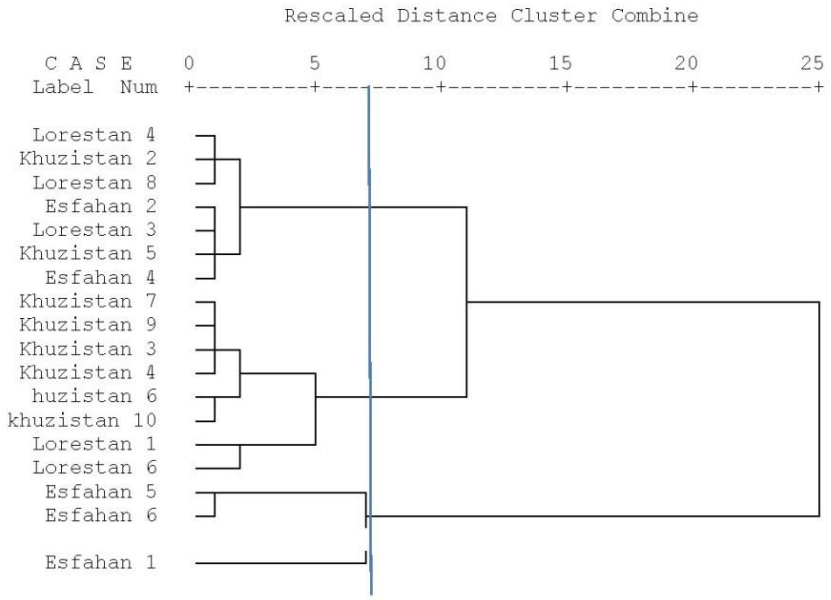
تجزیه خوشه‌ای در آزمایش اول

تجزیه خوشه‌ای به روش Ward براساس میانگین صفات مورد مطالعه در ۱۸ جمعیت در سال ۱۴۰۳ به‌عمل آمد (شکل ۱). براساس دندروگرام حاصل از این تجزیه، جمعیت‌های مورد مطالعه در ۳ گروه (خوشه) اصلی و مجزا طبقه‌بندی شدند:

خوشه ۱: شامل ۳ جمعیت اصفهان ۱، ۵ و ۶ بود. این جمعیت‌ها میانگین عملکرد گل، اندازه ریشه، عملکرد گل، درصد اسانس و عملکرد اسانس بیشتری نسبت به سایر گروه‌ها داشتند.

خوشه ۲ شامل ۸ جمعیت لرستان ۱ و ۶، خوزستان ۳، ۴، ۶، ۷، ۹ و ۱۰ بود. این جمعیت‌ها دارای میانگین کمتری برای عملکرد گل، درصد و عملکرد اسانس بودند.

خوشه ۳ شامل ۷ جمعیت اصفهان ۲ و ۴، لرستان ۳، ۴ و ۸ و خوزستان ۲ و ۵ بود که از نظر اغلب صفات دارای میانگین متوسطی نسبت به دو گروه قبلی بودند (جدول ۴).



شکل ۱- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای به روش Ward روی ۱۸ جمعیت بابونه آلمان در سال ۱۴۰۳

Figure 1- Dendrogram resulting from Ward cluster analysis on 18 populations of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) in 2024

جدول ۴- تعداد گروه و میانگین صفات مورد مطالعه در هریک از خوشه‌ها در سال ۱۴۰۳

Table 4. Number of groups and averages of studied traits in each cluster in 2024

Traits	Group 1	Group 2	Group 3
	Esfahan 1,5,6	Lorestan 1,6	Esfahan2,4, Lorestan 3,4,8
		Khuzistan 3,4,6,7,9,10	Khuzistan 2,5
Height (cm)	70.8 a	62.5 a	66.3 a
Flower diameter (cm)	2.34 a	2.05 a	2.08 a
Receptacle diameter (cm)	1.12 a	1.03 a	1.06 a
Number of Petals (No/p)	17.33 a	16.83 a	16.5 a
Flowers per Plant (No./p)	14.7 a	5.3 b	5.23 b
Root length (cm)	10.33a	9.5 ab	8.7 b
Dry weight of single flower (g)	0.06 a	0.05 a	0.05 a
Weight of dried flowers (g/p)	1.13 a	0.36 b	0.31b
Branch weight (g/)	29.22a	20.43 b	15.0 c
Dry Root weight (g/p)	0.26 a	0.20 ab	0.14 b
Flower yield (kg/h^{-1})	948 a	724.4 c	820.3 b
Oil (%)	0.72 a	0.44 b	0.56 a
Oil yield (kg/h^{-1})	6.91 a	3.20 b	4.60 b

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

Different letters in each row indicate significant differences based on the Duncan method (P<0.01)

نتایج آزمایش دوم

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها

در آزمایش سال دوم (۱۴۰۴) تعداد ۸ جمعیت شامل اصفهان ۱، ۵ و ۶ به دلیل عملکرد گل، عملکرد اسانس و درصد اسانس بالا، سه جمعیت لرستان ۶ و خوزستان ۶ و ۱۰ به دلیل وزن گل خشک در بوته بیشتر و دو جمعیت خوزستان ۲ و ۵ به دلیل عملکرد گل و عملکرد اسانس انتخاب و در مزرعه کشت شدند. اندازه‌گیری صفات، مشابه آزمایش فاز قبلی بود و داده‌های جمع‌آوری شده مورد تجزیه واریانش قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر جمعیت بر ارتفاع، قطر گل، تعداد گلبرگ و وزن خشک تک‌گل معنی‌دار نبود (جدول ۵). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که جمعیت اصفهان۱ با ۵۶ سانتی‌متر بیشترین ارتفاع را به خود اختصاص داد که تفاوت معنی‌داری با بقیه جمعیت‌ها نشان نداد. کمترین ارتفاع از نظر عددی مربوط به خوزستان۲ و خوزستان۱۰ با ۴۳ سانتی‌متر بود. جمعیت‌ها از نظر قطر گل تفاوت معنی‌داری نشان ندادند. بیشترین میزان این صفت در لرستان۶ با ۲ سانتی‌متر و کمترین آن در جمعیت‌های اصفهان۱ و ۵ و خوزستان۲ و ۵ با ۱/۸۳ سانتی‌متر مشاهده شد. نتایج نشان داد که جمعیت اصفهان ۵ با ۰/۸۶ سانتی‌متر بیشترین قطر نهنج و اصفهان۱ با ۰/۴۶ سانتی‌متر کمترین مقدار را داشت. از نظر تعداد گلبرگ تفاوت معنی‌داری بین جمعیت‌ها مشاهده نشد. بیشترین و کمترین تعداد گلبرگ با ۱۹ و ۱۰ عدد به ترتیب در جمعیت‌های اصفهان۶ و خوزستان۱۰ مشاهده شد. بیشترین و کمترین تعداد گل در بوته با ۸ و ۳ عدد به ترتیب در جمعیت‌های خوزستان۲ و اصفهان۶ بدست آمد. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین و کمترین طول ریشه با ۱۴/۲ و ۶/۸ سانتی‌متر به ترتیب در اصفهان۵ و خوزستان۵ مشاهده شد. بیشترین و کمترین مقدار وزن خشک تک گل با ۰/۱۳ و ۰/۰۵ گرم به ترتیب در جمعیت اصفهان۶ و خوزستان۱۰ بدست آمد. اصفهان۱ و خوزستان۱۰ به ترتیب بیشترین و کمترین وزن خشک گل در بوته را با ۰/۶۱ و ۰/۱۷ گرم داشتند. بیشترین و کمترین وزن سرشاخه به ترتیب در جمعیت خوزستان ۶ با ۳/۵ گرم و خوزستان ۱۰ با ۰/۹۹ گرم بدست آمد. همچنین بیشترین و کمترین وزن خشک ریشه به ترتیب در جمعیت اصفهان پنج با ۰/۴۳ گرم و جمعیت اصفهان ۶ و خوزستان ۱۰ با ۰/۰۹ گرم مشاهده شد. جمعیت اصفهان ۶ با ۲۸۱۷ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد گل در هکتار و خوزستان ۵ با ۱۶۹۷ کیلوگرم در هکتار کمترین مقدار را داشت. جمعیت خوزستان ۱۰ با ۰/۹۹ درصد، بیشترین مقدار اسانس و خوزستان۶ با ۰/۴ درصد کمترین درصد اسانس را داشت. بیشترین عملکرد اسانس در جمعیت خوزستان۱۰ با ۲۴/۵ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن در خوزستان۶ با ۸/۳ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (جدول ۵).

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده در ۸ جمعیت گیاه بابونه کشت شده در ایستگاه تحقیقاتی شهید فزوه در سال ۱۴۰۴

Table 5. Comparison of the average traits measured in 8 chamomile plant populations cultivated at Shahid Fozveh Research Station in 2025

Population	Plant heigth (cm)	Flower diameter (cm)	Receptacle Diameter (cm)	Petals Number	Flower n/p	Root Length (cm)	Single Flower Weight (g)	Flowers Weight (g/p)	Branch weight (g)	Root weight (g)	Flower yield (kg/h)	Essential Oil (%)	Oil Yield (kg/h)
Esfahan 1	56.0 a	1.83 a	0.46 d	16.0 a	5.9ab	10.7ab	0.11ab	0.61 a	1.90 b	0.37 b	2410 b	0.56d	13.5d
Esfahan 5	45.0 a	1.83 a	0.86 a	16.0 a	6.44ab	14.2 a	0.08ab	0.51 b	1.86 b	0.43 a	2053 cd	0.79b	16.2c
Esfahan 6	51.7 a	1.93 a	0.60cd	19.3 a	2.89 b	7.0 b	0.13 a	0.33 d	1.37 c	0.09 f	2816 a	0.51e	14.4d
Loreatan 6	49.7 a	2.00 a	0.83ab	18.3 a	3.56 b	9.5 b	0.08a b	0.26 e	1.19 d	0.16 d	1956 d	0.6cd	11.7e
Khuzistan 2	43.0 a	1.83 a	0.67bc	17.3 a	8.11 a	7.6 b	0.08a b	0.53 b	1.43 c	0.28 c	2056 cd	0.94a	19.3b
Khuzistan 5	50.0 a	1.83 a	0.70a-c	17.0 a	4.11 b	6.8 b	0.07 b	0.28 e	1.03de	0.13 e	1696 e	0.62c	10.5f
Khuzistan 6	46.0 a	1.90 a	0.83ab	16.7 a	5.33ab	8.6 b	0.07 b	0.41 c	3.50 a	0.17 d	2086 c	0.40f	8.3g
Khuzistan 10	43.0 a	1.96 a	0.70a-c	14.7 a	3.22 b	9.4 b	0.05 b	0.17 f	0.99 e	0.09 f	2483 b	0.99a	24.5a
F value	ns	ns	**	ns	*	*	ns	**	**	**	**	**	**

ns، ** و *: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪

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

ns, * and **, significant at 5 and 1%, probability levels, respectively.

Different letters in each column indicate significant differences based on the Duncan method (P<0.01)

آنالیز شیمیایی و شناسایی ترکیب‌های غالب اسانس ژنوتیپ‌های منتخب در مرحله دوم

نتایج آنالیز اسانس در آزمایش اول و دوم نشان داد که در همه جمعیت‌ها چهار ترکیب آلفابیزابولول اکساید a، آلفابیزابولن اکساید a، کامازولن و ای–بتا فارنزن ترکیبات غالب اسانس را تشکیل می‌دادند. در آزمایش اول (سال ۱۴۰۳) در جمعیت‌های اصفهان، لرستان ۱ و ۶ و خوزستان ۵، آلفابیزابولول اکساید a ترکیب غالب اسانس بود که مقدار آن از ۲۰/۰۳ تا ۴۲/۹ درصد متغیر به دست آمد. در بقیه جمعیت‌ها ترکیب غالب بیزابولن اکساید a بود که میزان آن از ۱۰/۱ تا ۵۰ درصد مشاهده شد. درصد کامازولن جمعیت‌ها نیز از حداقل ۴/۹۷ درصد در جمعیت لرستان ۱ تا حداکثر ۱۷/۷ درصد در جمعیت اصفهان ۵ متفاوت بود. ای– بتافارنزن با ۳/۹ درصد در جمعیت خوزستان ۳ تا ۱۰/۵ درصد در جمعیت خوزستان ۹ مشاهده شد (جدول ۶).

براساس نتایج آزمایش دوم (سال ۱۴۰۴) نیز در جمعیت‌های اصفهان و خوزستان ۵، آلفابیزابولول اکساید a ترکیب غالب اسانس بود. در جمعیت‌های خوزستان ۲ و ۱۰ ترکیب غالب بیزابولن اکساید a بود. میزان این دو ترکیب در لرستان ۶ و خوزستان ۶ تقریباً یکسان بدست آمد. درصد کامازولن جمعیت‌ها نیز از حداقل ۴/۸۵ درصد در جمعیت اصفهان ۴ تا حداکثر ۱۶/۸۶ درصد در جمعیت اصفهان ۱ متفاوت بود. ای– بتافارنزن با ۸/۵۳ درصد در جمعیت اصفهان ۱ تا ۱۸/۵ درصد در جمعیت خوزستان ۵ مشاهده شد (جدول ۶).

در مجموع، آنالیز اسانس جمعیت‌ها در هر دو آزمایش نشان داد که جمعیت‌های ۱، ۵ و ۶ اصفهان دارای میانگین بیشتری از ترکیبات کامازولن و آلفابیزابولول اکسایدa و جمعیت‌های خوزستان۲ و ۱۰ دارای میانگین بیشتری از ترکیب آلفابیزابولن اکسایدa بودند (جدول ۶) .

جدول ۶– درصد ترکیبات غالب اسانس جمعیت‌های منتخب بابونه کشت شده در فاز اول (۱۴۰۳) و دوم (۱۴۰۴)

Table 6- Percentage of dominant essential oil compounds of selected chamomile populations cultivated in the first (2024) and second (2025) experiments

Population	E-β-farnesene		α-bisabolen oxide A		Chamazulene		α-bisabolol oxide A	
	2024	2025	2024	2025	2024	2025	2024	2025
Esfahan 1	8.9	8.53	20.43	15.04	13.95	16.86	35.25	38.64
Esfahan 2	5.8		10.1		15.36		40.3	
Esfahan 4	4.6		19.83		7.3		39.3	
Esfahan 5	6.4	16.61	15.86	17.39	17.67	4.85	42.86	31.78
Esfahan 6	5.9	8.74	20.31	26.65	15.53	9.08	37.02	34.94
Loreatan 1	7.9		25.86		4.97		40.50	
Loreatan 3	8.9		41.76		5.06		27.03	
Loreatan 4	8.7		33.49		5.65		32.6	
Loreatan 6	9.7	18.26	32.49	27.48	6.02	5.37	33.71	27.53
Loreatan 8	6.5		37.47		4.99		34.41	
Khuzistan2	8.2	13.36	42.76	38.72	7.91	6.82	27.18	21.67
Khuzistan3	3.9		34.51		7.09		29.64	
Khuzistan4	4.6		35.16		6.80		28.38	
Khuzistan5	8.0	18.48	29.32	22.86	6.15	5.98	34.77	27.47
Khuzistan6	7.9	11.43	33.38	29.63	5.64	6.04	30.68	29.87
Khuzistan7	7.6		39.6		5.26		27.52	
Khuzistan9	10.5		44.05		5.0		24.96	
Khuzistan10	6.7	11.36	50.0	44.64	5.21	6.94	20.03	21.54
RI	1457	1451	1694	1692	1741	1736	1758	1755

بحث

جمعیت‌های مورد مطالعه در سال‌های مختلف آزمایش از نظر صفات تفاوت معنی‌داری داشتند. وجود اختلاف معنی‌دار بین صفات مورد مطالعه در جمعیت‌ها نشان می‌دهد که ظرفیت لازم از نظر تنوع کافی صفات، ازجمله صفات عملکردی، در جمعیت‌ها وجود دارد. این مسئله می‌تواند در انتخاب جمعیت‌های با صفات شاخص و قابل استفاده در کارهای اصلاحی استفاده شود. البته وجود تنوع ژنتیکی بین جمعیت‌های مختلف بابونه آلمانی از نظر صفات مورفولوژیک در گزارش‌های سایر محققان نیز مشاهده شده است (Pirkhezri *et al*., 2008; Mavandi *et al*., 2019; Ahmadi *et al*., 2018; Mohammadi, et *al*., 2014).

نتایج مقایسه میانگین صفات نشان داده که جمعیت‌های اصفهان ۱ و ۵ و خوزستان ۱۰ از نظر عملکرد گل، عملکرد اسانس و درصد اسانس بالا، اصفهان ۶ به دلیل عملکرد گل بهینه و خوزستان ۲ به دلیل درصد اسانس و عملکرد اسانس مناسب می‌توانند انتخاب و در فاز بعدی این تحقیق با کشت دوباره برای رسیدن به ارقام دارای عملکرد کمی و کیفی بالا در دستور کار قرار بگیرند. نتایج این تحقیق نشان داد جمعیت‌هایی که دارای ارتفاع بالاتر هستند، معمولاً از عملکرد بذر و گل بیشتری نیز برخوردار می‌باشند. به نظر می‌رسد با افزایش ارتفاع بوته، اندام هوایی گیاه به‌ویژه تعداد برگ‌ها افزایش بیشتری می‌یابد که با کمک به فتوسنتز بهتر، منجر به افزایش عملکرد گیاه می‌شود. این مسئله در تحقیق Ahmadi و همکاران (۲۰۰۸) نیز گزارش شده است. ازاین‌رو، صفت ارتفاع می‌تواند یکی از فاکتورهای مناسب در گزینش جمعیت به منظور انجام کارهای اصلاحی باشد.

بیشترین درصد اسانس در جمعیت خوزستان ۱۰ (۰/۹۹ درصد) و بعد خوزستان۲ (۰/۹۴ درصد) مشاهده شده است. جمعیت اصفهان ۵ نیز با ۰/۷۹ درصد اسانس مناسبی داشته است. بنابراین جمعیت‌های خوزستان ۲ و ۱۰ نیز می‌تواند ازجمله جمعیت‌های منتخب برای ادامه تحقیقات باشد. براساس نتایج این تحقیق جمعیت‌های وحشی بابونه که از عملکرد گل کمتری برخوردار هستند درصد اسانس بالاتری نسبت به جمعیت‌های زراعی آن دارند. Pirkhezri و همکاران (۲۰۱۰) و Ahmadi و همکاران (۲۰۰۸) نیز در تحقیقات خود این موضوع را تأیید نموده‌اند.

بالاترین عملکرد اسانس در جمعیت خوزستان ۱۰ (۲۴/۵ کیلوگرم در هکتار)، خوزستان ۲ (۱۹/۵ کیلوگرم در هکتار) و پس از آن در اصفهان ۵ (۱۶/۲ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شده است. با توجه به اینکه عملکرد اسانس حاصل‌ضرب عملکرد گل خشک در درصد اسانس می‌باشد، بنابراین جمعیت‌ها از ظرفیت خوبی از نظر صفات عملکردی برخوردار می‌باشند.

تجزیه به عامل‌ها می‌تواند شمار زیادی متغیرهای هم‌بسته را به شمار کمتری عامل اصلی کاهش داده و ضمن گروه‌بندی صفات، رابطه میان صفات هم‌بسته را نیز به خوبی توجیه کند. همچنین ترتیب و اهمیت صفات و مقدار تنوعی که هریک از صفات از تنوع کل توجیه می‌کنند مشخص خواهد شد. براساس نتایج به دست آمده چهار صفت تعداد گل در بوته، وزن گل خشک در بوته، وزن سرشاخه و عملکرد گل دارای بار عامل مثبت و معنی‌داری بودند که می‌توان این صفات را به نام ظرفیت عملکرد گل نامگذاری گردد. همچنین عامل دوم نیز، درصد و عملکرد اسانس می‌باشد. در صورتی که انتخاب براساس این دو عامل انجام شود این انتخاب بیشترین تأثیر را در عملکرد گل و اسانس خواهد داشت و جمعیت‌های برگزیده بیشترین میزان عملکرد گل و اسانس را نشان خواهند داد. در تحقیق Mohammadi و همکاران (۲۰۱۴) در گیاه بابونه نیز عملکرد گل یکی از مهم‌ترین صفات تشکیل دهنده و فاکتور اول بوده است.

تجزیه خوشه‌ای ما را در شناسایی جمعیت‌هایی که فاصله ژنتیکی بیشتری از یکدیگر دارند کمک می‌کند. چون جمعیت‌هایی که در یک گروه قرار می‌گیرند، نزدیکی ژنتیکی بیشتری باهم دارند. انتخاب جمعیت‌های برتر از گروه‌های متفاوت با فاصله ژنتیکی بیشتر برای تشکیل مجموعه متنوع از والدین و انجام تلاقی پلی‌کراس مناسب تشخیص داده شده و واریته ترکیبی به دست آمده از این والدین، هتروزیس بیشتری در مقایسه با والدینی که همه از درون یک خوشه انتخاب

شده‌اند، دارند (Mohamadi, 2023). در آزمایش اول (سال ۱۴۰۳)، جمعیت‌ها پس از تجزیه خوشه‌ای در سه گروه قرار گرفته‌اند. مقایسه میانگین این خوشه‌ها قرار گرفتن جمعیت‌های مختلف را در کنار هم در گروه‌بندی نشان می‌دهد. این مسئله بیان کننده عدم تبعیت تنوع جغرافیایی از تنوع ژنتیکی است. براساس گزارش Pirkhezri و همکاران (۲۰۱۰) این مسئله می‌تواند ناشی از تنوع ساختار ژنتیکی جمعیت‌ها در نمود صفات مورفوفیزیولوژیکی باشد. البته کاهش تعداد گروه‌ها را شاید بتوان به حرکت جمعیت‌ها به سمت یکنواخت‌تر شدن در برخی صفات نسبت داد.

براساس نتایج آنالیز اسانس جمعیت‌های بابونه در همه سال‌های آزمایش، چهار ترکیب آلفابیزابولول اکساید a، آلفابیزابولن اکساید a، کامازولن و ای بتا فارنزن بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده‌اند. این نتایج با نتایج Ayoughi و همکاران (۲۰۱۱)، Homami و همکاران (۲۰۱۶)، Piri و همکاران (۲۰۱۹) و Mavandi و همکاران (۲۰۱۹) مطابقت دارد. دو ترکیب آلفابیزابولول اکساید a و آلفابیزابولن اکساید a را می‌توان ترکیبات غالب اسانس نامید که با توجه به نوع جمعیت درصد متفاوت داشته‌اند. همه جمعیت‌های بابونه اصفهان و خوزستان ۵، آلفا بیزابولول اکساید a بالاتر و بقیه جمعیت‌ها دارای آلفا بیزابولن اکساید a بیشتری بوده‌اند. همچنین میزان کامازولن در جمعیت‌هایی که آلفابیزابولول اکساید a بیشتری دارند بالاتر از جمعیت‌هایی است که دارای آلفابیزابولن اکساید a بالا هستند. بنابراین در صورتی که هدف از تولید بابونه، استخراج یکی از این دو ترکیب باشد، بایستی در انتخاب جمعیت مناسب دقت گردد. از سویی، با توجه به اینکه عملکرد ترکیبات اسانس به عملکرد اسانس بستگی دارد و عملکرد اسانس حاصل‌ضرب عملکرد گل خشک در درصد اسانس می‌باشد، بنابراین جمعیت‌های با عملکرد کمّی بالاتر، حداکثر این ترکیبات را نیز خواهند داشت.

نتیجه‌گیری کلی

از آنجایی که لازمه اجرای برنامه‌های اصلاحی وجود تنوع ژنتیکی بالا در بین جمعیت‌های گیاه است، بنابراین در این تحقیق تنوع مشاهده شده در جمعیت‌های بابونه، می‌تواند کمک شایانی در پیشبرد برنامه‌های اصلاحی بعدی داشته باشد. انتخاب جمعیت‌های زراعی بابونه‌ای که دارای عملکرد گل و عملکرد اسانس و جمعیت‌های وحشی دارای اسانس بیشتر می‌تواند در کارهای اصلاحی آینده در مسیر معرفی رقم کارگشا باشد. براساس نتایج این طرح جمعیت‌های اصفهان ۱ و ۵ و خوزستان ۱۰ از نظر عملکرد گل، عملکرد اسانس و درصد اسانس بالا، اصفهان ۶ به دلیل عملکرد گل بهینه و خوزستان ۲ به دلیل درصد اسانس و عملکرد اسانس مناسب می‌توانند انتخاب و در فاز بعدی به صورت طرح‌های تحقیقی ترویجی در مزارع کشاورزان در مقایسه با شاهد، برای رسیدن به ارقام دارای عملکرد کمی و کیفی بالا در دستور کار قرار بگیرند.

References

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, 34(1): 115-130. https://doi.org/10.22092/ijmapr. (In Persian).

Ayoughi, F., Marzegar, M., Sahari, M.A. and Naghdibadi, H. 2011. Chemical compositions of essential oils of *Artemisia dracunculus* L. and endemic *Matricaria chamomilla* L. and an evaluation of their antioxidative effects. Journal of Agricultural Science and Technology. 13: 79–88.

Baghalian, K., Haghiry, A., Naghavi, M.R., Mohammadi, A. 2008. Effect of saline irrigation water on agronomical and phytochemical characters of chamomile (*Matricaria recutita* L.). Scientia Horticulturae, 116: 437–441. doi.org/10.1016/j

British Pharmacopoeia, 1988, HMSO, London. 2: A137 – A138.

Darvishpadok A, Azemi M, Namjoyan F, Khodayar M, Ahmadpour F, Panahi M. 2012. Effect of *Matricaria chamomilla* L. on blood glucose and glycosylated hemoglobin in female fertile diabetic rats. Research in Pharmaceutical Sciences, 7: s19. (In Persian).

Farhoudi, R. 2013. Chemical constituents and antioxidant properties of *Matricaria recutita* and *Chamaemelum nobile* essential oil growing wild in the southwest of Iran. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 16: 531–537. https://doi.org/10.1080/0972060X.2013.813219.

Gepts, P., Papa, R. 2003. Possible effects of (Trans) gene flow from crops on the genetic diversity of landraces and wild relatives. Environmental Biosafety Research 2: 89-103. https://doi.org/10.1051/ebr:2003009.

Ghasemi M, Jelodar NB, Modarresi M, Bagheri N and Jamali A. 2016. Increase of chamazulene and α-bisabolol contents of the essential oil of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) using salicylic acid treatments under normal and heat stress conditions. Foods, 5(3): 56. doi.org/10.3390/

Ghahraman, A. 1986. Flora of Iran (Volume 15). Research Institute of Forests and Rangelands. 1814. (In Persian).

Ghanavati, M., Houshmand, S., Albrecht, S. and Otto, L.G. 2022. Investigation of genetic diversity in some chamomile genotypes (*Matricaria Chamomilla* L.) using morphological, phenological and essential oil traits. Journal of Crop Breeding, 14(41): 19-28. https://doi:10.52547/jcb.14.41.19. (In Persian).

Hassanpour, H. and M. Ghanbarzadeh. 2021. Induction of cell division and antioxidative enzyme activity of *Matricaria chamomilla* L. cell line under clinorotation. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 146: 215-224. https://doi.org/10.1007/s11240-021-02060-z.

Haghi, G., Hatami, A., Safaei, A. and Mehran, M. 2014. Analysis of phenolic compounds in *Matricaria chamomilla* and its extracts by UPLC-UV. Research in Pharmaceutical Sciences, 9(1): 31-37 (In Persian).

Homami, S.و Jaimand, K.و Rezaee, M.B. Afzalzadeh, R. 2016. Comparative studies of different extraction methods of essential oil from *Matricaria recutita* L. in Iran. Journal of the Chilean Chemical Society. 61: 2982–2984. Doi10.4067/S0717-9707.

Johnson and Wichern. 1998. Applied Multivariate Statistical Analysis. 4th Edition, Prentice-Hall, New York.

Mavandi, P., Assareh, M.H., Dehshiri, A., Rezadoost, H. and Abdossi, V. 2019. Flower biomass, essential oil production and chemotype identification of some Iranian *Matricaria chamomilla* Var. *recutita* (L.) accessions and commercial varieties. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 22(5): 1228-1240. https://doi.org/10.1080/0972060X..

Mihyaoui, A.L., Esteves da Silva, J.C.G., Charfi, S., Candela Castillo, M.E., Lamarti, A. and Arnao, M.B. 2022. Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.): A review of ethnomedicinal use, phytochemistry and pharmacological uses. Life, 12(479): 1-43. https://doi.org/10.3390/life12040479.

Mohammadi, R., Dehghani, H. and Zainali, H. 2014. Study of the genetic diversity of different chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) landraces using morphological and phonological traits. Journal of Agronomy, 27(105): 74-63. doi.org/10.22092/aj. (In Persian).

Mohammadi R. 2023. Genetic variation of forage yield and yield components in selected genotypes of desert wheatgrass (*Agropyron desertorum* Fisch. ex Link). Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 30(2): 211-229. https://doi.org/10.22092. (In Persian).

Moslehi, Z., Salehi, M.H. and Rafieealhoseini, M. 2012. Investigation of agro-morphological characteristics, essential oil percentage and camazolin of German chamomile in different soils of Chaharmahal and Bakhtiari. Journal of Production and Processing of Agricultural and Horticultural Products, 4(13): 121-129. https://doi.org/20.1001.1.22518517.1393.4.13.10.8. (In Persian).

Piri, E., Sourestani, M.M., Khaleghi, E., Mottaghipisheh, J., Zomborszki, Z.P., Hohmann, J. and Csupor, D. 2019. Chemo-diversity and antiradical potential of twelve *Matricaria chamomilla* L. populations from Iran: Proof of ecological effects. Molecules, 24, 1315-1314. https://doi.org/10.3390/molecules24071315.

Pirkhezri, M., Hassani, M.E. and Fakhre Tabatabai, M., 2008. Evaluation of genetic diversity of some German chamomile populations (*Matricaria chamomilla* L.) using some morphological and agronomical characteristics. Journal of Horticultural Science, 22(2): 87-99. https://doi.org/10.22067/jhorts4.v1387i2.1087. (In Persian).

Pirkhezri, M., Hassani, M.E. and Hadian, J. 2010. Genetic diversity in different populations of *Matricaria chamomilla* L. growing in the southwest of Iran, based on morphological and RAPD markers. Research Journal of Medicinal Plants, 4: 1-13. https://doi.org/10.3923.

Ruzicka, J., Baumschlager, G., Jovanovic, D. and Novak, J. 2024. Three major chlorotype lineages in chamomile (*Matricaria chamomilla* L., Asteraceae). Genetic Resources and Crop Evolution, 71:331–340. https://doi.org/10.1007/s10722-023-01625-5.

Safaii, L., Sefidkon, F., Davazdah Emami, S.S and Amin-Azarm, D. 2025. The effect of chemical and organic fertilizer application and their combination on the yield and essential oil components of *Satureja khuzistanica* Jamzad. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 14(2): 201-219. https://doi.org/10.22092. (In Persian).

Safaii, L., Hadi, N., Davazdahemami, S. and Aminazarm, D. 2026. Preliminary evaluation of the genotypes of *Matricaria chamomilla* L. based on quantitative and qualitative functional traits in Isfahan. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 36(2): 91-106. https://doi.org/10.22034. (In Persian).

Zarezadeh, S., Riahi, H., Shariatmadari, Z. and Sonboli, A. 2020. Effects of cyanobacterial suspensions as bio-fertilizers on growth factors and the essential oil composition of chamomile, *Matricaria chamomilla* L. Journal of Applied Phycology, 32:1231–1241. https://doi.org/10.1007/s10811-019-02028-9.