



<https://tbj.ui.ac.ir/?lang=en>

Taxonomy and Biosystematics

E-ISSN: 2322-2190

Document Type: Research Paper

Vol. 15, Issue 3, No.56, (2023), P: 79-94

Received: 29/05/2024

Accepted: 30/06/2024

Assessment of morphological traits variation of *Mentha piperita* L. genotypes of different origins of Iran

Zahra bashirzade

MSc, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
z.bashirzadeh@student.uma.ac.ir

Mehdi Mohebodini * 

Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
mohebodini@uma.ac.ir

Roghayeh Fathi

Assistant Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Lorestan, Khorramabad, Lorestan, Iran.
fathi.r@uma.ac.ir

Seyed Yaghub seyed masoumi

Assistant Professor, Department of Crop and Horticulture, Research and Education Center for Agriculture and Natural Resources of Ardabil Province, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Ardabil, Iran.
yamasoumi@areeo.ac.ir

Abstract

Peppermint (*Mentha piperita* L.) from the Lamiaceae family is one of the most widely used medicinal plants. Due to the importance of morphological trait variation in the management of plant germplasm for plant breeding, as well as the preservation of valuable genetic reserves in breeding programs, further morphological studies are needed. In this research, different accessions of this plant were collected from various regions of Iran (Ardabil, Hamedan, Kordestan, Golestan, Meshginshahr, Firoozabad, Noorabad, Zanjan, Tabriz, Orumieh, and Shiraz). An experiment was conducted in 2021 based on a randomized complete block design to evaluate the morphology of these accessions in the Meshginshahr climatic condition. Analysis of variance showed significant differences between the populations in traits. Comparison of mean traits in total showed that important traits such as leaf width (1.22-1.67 cm), petal length (0.20-0.35 cm), stem diameter (0.20-0.27 cm), leaf length (2.48-3.34 cm), leaf petiole (0.53-2.16 cm), leaflet width (0.31-0.50 cm), and number of leaves (22.83-92) varied among accessions. The maximum correlation was observed between leaf petiole and pedicel length (0.98), while the minimum correlation was observed between the number of inflorescences and petal length (0.01). Cluster analysis classified the accessions into two major groups. The results suggested that *Mentha piperita* L. accessions from Iran have high genetic diversity, which can be utilized in breeding programs.

Keywords: Cluster analysis, Diversity, Flowering, Medicinal plants, Peppermint.

*Corresponding author

Bashirzadeh, Z., Mohebbadini, M., Fathi, R., & Seyed masoumi, S. Y. (2024). Assessment of morphological traits variation of *Mentha piperita* L. genotypes of different origins of Iran. *Taxonomy and Biosystematics*, 15(3), 79-94.

2322-2190 © The Author(s).

Published by University of Isfahan

This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>).



<http://dx.doi.org/10.22108/TBJ.2024.141658.1268>

Introduction

The basic requirement for plant breeding programs is germplasm diversity, which provides the necessary foundation for breeding species with desirable features. Therefore, accurate identification of genotypes is considered a prerequisite in this context. Medicinal plants, as important sources for the treatment of diseases, have been used for thousands of years. The cultivation of medicinal plants, such as those from the Lamiaceae family, has been increasing significantly worldwide. Peppermint (*Mentha piperita* L.), native to the Mediterranean region, is cultivated for food, pharmaceutical, and perfumery uses globally. Due to the importance of morphological diversity in the management of plant germplasm for breeding and the preservation of valuable genetic reserves in breeding programs, further morphological studies are needed. Morphological characteristics are essential traits that have been used in diversity research.

Materials and Methods

In this research, different accessions of this plant were collected from various regions of Iran (Ardabil, Hamedan, Kordestan, Golestan, Meshginshahr, Firoozabad, Noorabad, Zanjan, Tabriz, Orumieh, and Shiraz). An experiment was conducted in 2021 based on a randomized complete block design to evaluate the morphology of these accessions under the climatic conditions of Meshginshahr. The investigation of morphological traits such as leaf width, pedicel length, stem diameter, petal length, number of days to 50% flowering, flower length, number of inflorescences, leaflet width, leaf length, leaf petiole, leaflet length, number of days to germination, days to 100% flowering, petal width, flower width, and number of leaves was carried out at the half-flowering stage. The results were analyzed using SPSS software and univariate and multivariate statistical methods.

Research Findings

Analysis of variance showed that there were significant differences between the populations in traits such as leaf width, petal length, number of days to 50% flowering, flower length, leaf length, leaf petiole, leaflet length, days to 100% flowering, petal width, flower width, and number of leaves. However, there were no significant differences between the populations in traits such as pedicel length, stem diameter, number of inflorescences, and leaflet width. Comparison of mean traits in total showed that important traits such as leaf width (1.22-1.67 cm), petal length (0.20-0.35 cm), stem diameter (0.20-0.27 cm), number of days to 50% flowering (82.20-120.2), leaf length (2.48-3.34 cm), leaf petiole (0.53-2.16 cm), leaflet length (0.57-1.10 cm), number of days to germination (13.20-40.20), days to 100% flowering (71.20-91.20), and number of leaves (22.83-92) varied among accessions. The maximum correlation was observed between leaf petiole and pedicel length (0.98), while the minimum correlation was observed between the number of inflorescences and petal length (0.01). Cluster analysis classified the accessions into two major groups.

Discussion of Results and Conclusions

The cultivation of medicinal and aromatic plants has long held a special place in the traditional agricultural systems of Iran, playing an important role in creating diversity and sustainability. Preserving plant biodiversity is crucial for fostering structural diversity in the future, contributing to the sustainable development of human civilization. The basic requirement for plant breeding programs is germplasm diversity, which provides the necessary foundation for breeding species with desirable features. Therefore, accurate identification of genotypes is considered a prerequisite in this context. The main purpose of this study was to determine the morphological diversity among peppermint accessions in Iran. Significant differences were found among the accessions in all of the measured traits. The results suggested that *Mentha piperita* L. accessions from Iran exhibit high genetic diversity, which can be utilized in breeding programs. Overall, based on the results, the accessions from Meshginshahr and Golestan could be recommended for their superior morphological characteristics. Consequently, it is advised that in future breeding operations, superior ecotypes should be crossed with progeny tests, and superior ecotypes should be selected to develop ecotypes with high-quality morphological characteristics.


Acknowledgement

The authors are grateful for the cooperation of the Department of Agriculture and Natural Resources Research Station of Meshginshahr City and the Department of Horticultural Sciences of the Faculty of Agriculture and Natural Resources of the University of Mohaghegh Ardabili.

ارزیابی تنوع صفات ریخت‌شناسی ژنوتیپ‌های نعنای فلفلی ایران با منشأهای مختلف

زهرا بشیرزاده، کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

z.bashirzadeh@student.uma.ac.ir

مهدی محب‌الدینی* ، استاد گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

mohebodini@uma.ac.ir

رقیه فتحی، استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، لرستان، ایران

fathi.r@uma.ac.ir

سید یعقوب سید معصومی، استادیار گروه زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل، اردبیل، ایران

yamasoumi@areeo.ac.ir

چکیده

نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) از خانواده Lamiaceae یکی از پر مصرف‌ترین گیاهان دارویی است. علاوه بر اثرات درمانی، به‌عنوان طعم‌دهنده در تولید انواع غذاها و فرآورده‌های دارویی استفاده می‌شود. با توجه به اهمیت زیادی که تنوع مورفولوژیکی در مدیریت ژرم پلاسم‌های گیاهی و حفظ و نگهداری ذخایر ژنتیکی در برنامه‌های به‌نژادی دارد، انجام مطالعات مورفولوژیکی ضروری است. در این تحقیق هم به‌منظور ارزیابی تنوع صفات ریخت‌شناسی، ۱۲ ژنوتیپ نعنای فلفلی از شهرهای مختلف ایران جمع‌آوری شدند و آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در محل ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان مشگین‌شهر استان اردبیل در سال ۱۴۰۰ اجرا شد. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها تفاوت معنی‌داری بین صفات بررسی شده نشان داد. نتایج نشان دادند صفات مهمی از جمله عرض برگ بین ۱/۲۲ تا ۱/۶۷ سانتی‌متر، قطر ساقه ۰/۲۰ تا ۰/۲۷ سانتی‌متر، طول گلبرگ ۰/۲۰ تا ۰/۳۵ سانتی‌متر، تعداد گل آذین ۰/۷۷ تا ۲/۰۶، طول برگ ۲/۴۸ تا ۳/۳۴ سانتی‌متر طول دم‌گل ۰/۵۳ تا ۲/۱۶ سانتی‌متر، عرض برگچه ۰/۳۱ تا ۰/۵۰ سانتی‌متر و تعداد برگ ۲۲/۸۳ تا ۹۲ در بین توده‌ها متغیر بودند. همچنین بیشترین همبستگی بین صفات طول دم‌برگ با طول دم‌گل (۰/۹۸) مشاهده شد. نتایج تجزیه خوشه‌ای توده‌های بررسی شده را به دو گروه تقسیم کرد. براساس نتایج این تحقیق تنوع ژنتیکی چشمگیری از لحاظ صفات مورفولوژیکی بین ژنوتیپ‌های نعنای فلفلی وجود دارد که نشان‌دهنده وجود پتانسیل ژنتیکی بالا در ژنوتیپ‌های نعنای فلفلی است.

واژه‌های کلیدی: خوشه‌ای، گلدهی، گیاهان دارویی، تنوع، نعنای فلفلی

* مسئول مکاتبات

بشیرزاده، زهرا، محب‌الدینی، مهدی، فتحی، رقیه، سید معصومی، سید یعقوب. (۱۴۰۳). ارزیابی تنوع صفات ریخت‌شناسی ژنوتیپ‌های نعنای فلفلی ایران با منشأهای مختلف. تاکسونومی و بیوسستماتیک، ۱۵ (۵۶)، ۷۹-۹۴.



2322-2190 © The Author(s). Published by University of Isfahan

This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>).



<http://dx.doi.org/10.22108/TBJ.2024.141658.1268>

مقدمه

گیاهان دارویی از هزاران سال پیش به عنوان روش درمان در جوامع محلی مطرح بوده‌اند (Fitzgerald et al., 2020). تیره نعناع شامل بیش از ۴۰۰۰ گونه و ۲۰۰ جنس است که بسیاری از آنها گیاهان دارویی هستند (Snoussi et al., 2015). نعناع فلفلی با نام علمی *Mentha piperita* L و نام رایج Peppermint یکی از گیاهان دارویی مهم است که به خانواده Lamiaceae و راسته Lamiales و رده Rosidae تعلق دارد (Tsai et al., 2013). گیاهی معطر که منشأهای آن اروپا، شمال ایالات متحده آمریکا، کانادا، آسیا و بسیاری از مناطق دیگر جهان است و در مناطقی رشد می‌کند که آب زیادی دارد (Kiełtyka et al., 2017). نعناع فلفلی گیاهی چند ساله با ساقه‌های چهارگوش و برگ‌های متقابل به رنگ سبز معطر است که بیضی شکل بوده و کمی پوشیده از کرک با حاشیه دندانه‌دار است (Singh et al., 2015). این گیاه به عنوان طعم‌دهنده در آدامس‌سازی، صنایع آرایشی، صنایع دارویی و... استفاده می‌شود (Çoban & Baydar, 2016; De Sousa Guedes et al., 2016). استفاده از گیاهان دارویی مؤثر و درمان‌های جایگزین مرتبط در جامعه، به عنوان اطلاعات پایه در نظر گرفته می‌شود که داده‌های اولیه را برای تحقیقات آینده ارائه می‌دهد که می‌تواند گام مهمی در برنامه‌های اصلاحی باشد (Khanuja et al., 2020).

در تحقیقی که تغییرات ژنتیکی مشتق‌شده از جهش القایی، ژنوتیپ و ارقام برای صفات کمی و کیفی در گونه‌های *Mentha* انجام دادند، استراتژی اصلی در پرورش مبتنی بر جهش، یک ابزار ماهر برای تشویق بیان ژن‌های مغلوب و تولید تغییرات ژنتیکی جدید است. بررسی حاضر شامل سهم چشمگیری از رویکردهای اصلاح جهش در توسعه گونه‌های نعناع جهش یافته و اثرات آن بر تنوع فیزیولوژیکی، محتوای اسانس و ترکیب آن و بیان افتراقی ژن‌های مرتبط است (Prasad et al., 2024). در مطالعه‌ای که با استفاده از RAPD-PCR برای شناسایی دو گونه نعناع (*Mentha spicata*) و *Mentha piperita* جمع‌آوری شده از مصر انجام گرفته است، نتایج نشان دادند تغییرات ژنتیکی چشمگیری بین دو گونه نعناع وجود دارد (Hashem et al., 2018).

همچنین در مطالعه‌ای که روی صفات مورفولوژیکی، عملکرد گیاه و محتوای روغن نعناع فلفلی بررسی شده است، نتایج نشان داده‌اند برای تمام صفات کمی به جز β -myrcene که در سطح ۰/۰۵ درصد معنی‌دار بود و از جمله صفات کمی ارتفاع گیاه، عملکرد گیاه به جز نسبت طول به قطر ساقه بسیار معنی‌دار است که نشان‌دهنده امکان بهره‌برداری تنوع موجود برای بهبود بیشتر برنامه‌های ژنتیکی است. همچنین تجزیه خوشه‌ای صفات بررسی شده را به سه گروه تقسیم کرد که گروه اول سه ژنوتیپ، گروه دوم سه ژنوتیپ و گروه سوم چهار ژنوتیپ داشت. همچنین ضرایب همبستگی بین وزن تر و خشک بوته با قطر تاج پوشش، ارتفاع بوته، قطر تاج پوشش، تعداد شاخه در بوته و طول گل آذین مثبت و معنی‌دار بودند (Himanshi et al., 2023). همچنین در پژوهشی که روی تنوع ناشی از تابش گاما در صفات مورفولوژیکی *Mentha piperita* انجام گرفته است، مشاهدات مورفومتریک یعنی ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، طول برگ (سانتی‌متر)، عرض برگ (سانتی‌متر)، برگ نسبت به ساقه، عملکرد گیاه و محتوای روغن تفاوت معنی‌داری را نشان داده‌اند. همچنین تقسیم همبستگی‌ها به اثرات مستقیم و غیرمستقیم نشان‌دهنده روابط متقابل پیچیده بین صفات مختلف است و نتایج تجزیه خوشه‌ای تیمارهای مطالعه‌شده در ۶ گروه قرار گرفتند (Prasad et al., 2021). در تحقیقی دیگر از تیره نعناعیان که

به‌منظور بررسی تنوع صفات مورفولوژیکی توده‌های مرزه تابستانه انجام گرفته است، نتایج نشان دادند توده‌های مطالعه شده در صفات تعداد برگ، تعداد گل، طول برگ، طول گل، عرض گل آذین، تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی و طول گل آذین تفاوت معنی‌داری وجود دارد که نشان‌دهنده وجود تنوع گسترده برای صفات مطالعه در توده‌های این گونه است (Fathi et al., 2019).

در تحقیقی دیگر که به‌منظور بررسی تنوع ژنتیکی صفات مورفولوژیکی نعناع‌فللی (*Mentha piperita*) انجام گرفته است، نتایج نشان دادند ضرایب فنوتیپی از تغییرات به‌طور ثابت بالاتر از ضریب ژنوتیپی بود و تغییرات نشان‌دهنده تأثیر محیط برای صفات کمی بوده است؛ درحالی‌که برای صفات کیفی، فنوتیپی و ضرایب ژنوتیپی تغییرات یکسان بوده است و کنترل دقیق ژنتیکی روی این صفات باید صورت گیرد. همچنین همبستگی ژنوتیپی برای اکثر صفات بیشتر از همبستگی فنوتیپی متناظر بود که می‌تواند به دلیل اثر اصلاحی و سطح ژنتیکی باشد. ضریب همبستگی ژنوتیپی و فنوتیپی از بین ۱۲ صفت مشخص شد که بسیار مثبت و معنی‌دار بوده است. همچنین داده‌های مورفولوژیکی ۸ ژنوتیپ به همراه والدین براساس تجزیه کلاستر در سه گروه اصلی طبقه‌بندی شدند که گروه اول و گروه دوم دارای ۴ ژنوتیپ و گروه سوم دارای ۱ ژنوتیپ بودند که با توجه به صفات مورفولوژیکی مطالعه‌شده نشان داد تنوع مورفولوژیکی کاملاً متفاوت است (Kumar et al., 2014).

همچنین پژوهش‌های متعدد دیگری روی صفات مورفولوژیکی انجام گرفته‌اند که می‌توان به مطالعه صفات مورفولوژیکی در تحقیقات مختلف از جمله تحقیقات (Mohammadi et al., 2014) روی گیاه بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla*)، مطالعه (Eghlima et al., 2019) روی گیاه شیرین بیان (*Glycyrrhiza glabra*)، مطالعه (Hadian et al., 2011) روی گیاه مرزه خوزستانی (*Satureja khuzistanica jamzad*) و مطالعه (et al., 2018) روی گیاه مرزه رشینگری (*Satureja rechingeri*) اشاره کرد.

تنوع ژنتیکی به اصلاح‌گران کمک می‌کند تا بتوانند صفات مرتبط با اهداف اصلاحی خود را شناسایی و در برنامه‌های اصلاحی استفاده کنند. روش‌های مختلفی برای بررسی تنوع بین گیاهان وجود دارد که رایج‌ترین آنها ارزیابی تنوع مورفولوژیکی است. روش‌های اصلاح گیاهان زراعی براساس گزینش ژنوتیپ‌های برتر از بین تنوع ژنتیکی موجود و دست‌ورزی صفات و ایجاد صفات مطلوب به‌منظور تولید واریته یک رقم تجاری است (Hashemi Moghaddam et al., 2021). با افزایش تنوع ژنتیکی می‌توان از آن در برنامه‌های اصلاحی به‌منظور تولید ارقام پربازده استفاده کرد. امروزه مطالعات اندکی درباره تنوع ژنتیکی گیاهان دارویی انجام شده است که بررسی صفات مورفولوژیکی یکی از روش‌های معتبر برای بررسی تنوع ژنتیکی ارقام مختلف است؛ بنابراین، این تحقیق نیز با هدف بررسی تنوع ژنتیکی صفات ریخت‌شناسی ژنوتیپ‌های نعناع‌فللی با منشأهای مختلف به‌منظور معرفی ارقام مطلوب انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها

این مطالعه با ۱۲ توده گیاه دارویی نعناع‌فللی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان مشگین‌شهر اجرا شد. در این آزمایش ریزوم ۱۲ توده بومی گیاه دارویی

نوعان فلفلی در سال ۱۴۰۰ از نواحی مختلف ایران شامل شهرهای اردبیل، مشگین شهر، تبریز، ارومیه، زنجان، شیراز، گلستان، کردستان، همدان، نورآباد و فیروزآباد جمع آوری و خریداری شد. مشخصات مربوط به محل جمع آوری ریزوم گیاه دارویی نوعان فلفلی در جدول زیر آورده شده است (جدول ۱). ریزوم‌های خریداری شده به اندازه ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر با فاصله ۲۰ تا ۲۵ سانتی‌متر به عمق ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر و فاصله ردیف‌های ۳۰ سانتی‌متر از هم به صورت ردیفی کشت شدند. بلافاصله بعد از کشت، آبیاری انجام شد. دوره جوانه‌زنی بین ۱۴ تا ۲۸ روز به طول انجامید. عملیات زراعی شامل وجین علف‌های هرز و مبارزه با آفات و بیماری‌ها در طول فصل رشد به صورت دستی انجام گرفت. سپس توده‌ها در یک مرحله رشدی (۵۰ درصد گیاه به گل رفته بودند) از نظر صفات مورفولوژیکی ارزیابی شدند. ۵ بوته به صورت نمونه تصادفی از هر کرت از نقاط مختلف کرت انتخاب شدند و برای تجزیه و تحلیل برای هر توده از میانگین اندازه‌گیری‌های محاسبه شده استفاده شد. صفات بررسی شده در این تحقیق شامل عرض برگ، طول دم‌گل، قطر ساقه، طول گل، تعداد گل آذین، عرض برگچه، طول برگ، طول دم‌برگ، طول برگچه، عرض گلبرگ، عرض گل، تعداد برگ، تعداد روز تا جوانه‌زنی و تعداد روز تا ۵۰ و ۱۰۰ درصد گل‌دهی بودند. در این پژوهش تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16 انجام شد. قبل از آنالیزهای آماری، آزمون تست نرمال بودن داده‌ها انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. همچنین همبستگی بین صفات با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون و تجزیه خوشه‌ای و طبقه‌بندی توده‌ها نیز به روش وارد (Ward) با استفاده از تجزیه تابع تشخیص براساس فاصله اقلیدسی انجام شد.

جدول ۱- مشخصات محل جمع‌آوری توده‌های بومی نوعان فلفلی

Table 1- Characteristics of the place where peppermint accessions are collected

عرض جغرافیایی Latitude	طول جغرافیایی Longitude	ارتفاع از سطح دریا Above sea level (متر)	توده‌ها Accessions
38° 14'49"	48° 17'39"	1352	اردبیل Ardabil
34° 47'55"	48° 30'54"	1818	همدان Hamedan
35° 18'39"	46° 59'44"	1500	کردستان Kordestan
36° 50'31"	54° 25'59"	133	گلستان Golestan
38° 23'53"	47° 40'39"	1420	مشگین شهر Meshginshahr
28° 50'40"	52° 34'16"	1329	فیروزآباد Firoozabad
30° 6'25"	51° 32'50"	978	نورآباد Noorabad
36° 40'55"	48° 29'31"	1678	زنجان Zanjan
38° 4'42"	46° 18'13"	1402	تبریز Tabriz
37° 33'11"	45° 4'34"	1348	ارومیه Orumieh
29° 35'47"	52° 32'16"	1519	شیراز ۱ Shiraz 1
29° 52'7"	52° 47'51"	1599	شیراز ۲ Shiraz 2

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان دادند صفات مورفولوژیکی از جمله عرض برگ، طول گلبرگ، تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی، طول گل، طول برگ، طول دم‌برگ، طول برگچه، تعداد روز تا ۱۰۰ درصد گل‌دهی، عرض گلبرگ، عرض گل و تعداد برگ در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی‌دار داشتند؛ اما صفاتی مانند قطر ساقه، طول دم‌گل، تعداد گل‌آذین و عرض برگچه تفاوت معنی‌داری نداشتند که نشان‌دهنده وجود تنوع گسترده بر اساس صفات مطالعه شده در بین توده‌های این گونه است (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نیز نشان دادند بیشترین مقدار عرض برگ (۱/۶۷)، عرض برگچه (۰/۵۰)، طول برگ (۳/۳۴) و تعداد برگ (۹۲) در توده مشگین شهر، بیشترین مقدار طول دم‌گل (۲/۱۶) در توده گلستان، بیشترین قطر ساقه (۰/۲۷) در توده نورآباد، بیشترین مقدار طول گلبرگ (۰/۳۵) در توده ارومیه، بیشترین تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی (۱۲۰/۲) و بیشترین تعداد روز تا ۱۰۰ درصد گل‌دهی (۹۱/۲۰) در شیراز مشاهده شد. همچنین در بین توده‌ها از نظر بیشترین مقدار صفات رویشی نسبت به بقیه توده‌ها مشگین شهر به‌عنوان توده برتر شناسایی شد (جدول ۳). در تحقیقی دیگر که روی واکنش مورفولوژیک و عملکرد کمی نعنای فلفلی انجام گرفته است، نتایج نشان دادند اثر تیمارهای آزمایشی (زمان و نسبت کاشت) بر تمامی صفات مورفولوژیک به استثنای شاخص سبزی‌نگی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (Shahbazi et al., 2022). در پژوهشی دیگر که روی تنوع مورفولوژیکی و ژنتیکی توده‌های نعنای فلفلی صورت گرفته است، شاخص صفات کمی و کیفی محاسبه شده مانند شکل برگ، رنگ برگ، طول دم‌برگ، طول برگ و عرض برگ تفاوت معنی‌داری را در بین صفات بررسی شده نشان داد (Kieltyka et al., 2017). همچنین در پژوهشی دیگر، بررسی عملکرد سرشاخه و صفات مورفولوژیکی در جمعیت‌های نعنای *Mentha pulegium* تفاوت معنی‌دار بین جمعیت‌ها از لحاظ تمام صفات نشان داد $p < 0.01$ ؛ به طوری که وجود اختلاف معنی‌دار در بین جمعیت‌ها علاوه بر خاصیت ذاتی ژنتیکی می‌تواند به دلیل سازش و تطابق با محیط حاصل شده باشد؛ بنابراین، لازم است تحقیقات بیشتری روی جمعیت‌های پرمحصول انجام گیرد و در سایر مناطق کشور پرمحصول عملیات به‌زراعی مانند تراکم و زمان مناسب کاشت، عملیات کوددهی و استفاده از مکانیزاسیون انجام شود (Shahbazi & Jafari, 2020). در تحقیقی دیگر که روی خصوصیات کمی و کیفی نعنای فلفلی (*Mentha piperita* L.) صورت گرفته است، نتایج نشان دادند تمام صفات بررسی شده و عملکرد خشک و تر اندام هوایی (وزن تر برگ، وزن خشک برگ، تعداد برگ و ارتفاع بوته) در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بودند (Shadkam et al., 2024).

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی در توده‌های نعنای فلفلی

Table 2- Analysis of variation among morphological traits of *M.piperita* accessions

Mean square میانگین					
مربعات					
طول گلبرگ Petal length	قطر ساقه stem diameter	طول دم گل Pedicel length	عرض برگ width of leaf	درجه آزادی df	منابع تغییرات Source of Variance
0.011**	0.12**	0.03 ^{ns}	0.226**	2	Block بلوک
0.005**	0.05**	0.604**	0.78**	11	Genotype ژنوتیپ
0.001	0.001	0.013	0.012	22	Error خطا
59.72	47.61	10.97	45.94		% CV ضریب تغییرات

ns، *، **: به ترتیب عدم معنی داری، معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد

ns, * and **: Non significant, significant at 5% and 1% probability level, respectively

ادامه جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی در توده‌های نعنای فلفلی

Table 2- Analysis of variation among morphological traits of *M.piperita* accessions

Mean square میانگین مربعات						منابع تغییرات	
عرض گل Flower Width	طول دم برگ Leaf petiole	طول برگ Leaf length	عرض برگچه Leaflet width	تعداد گل آذین Number Inflorescence	طول گل Flower length	درجه آزادی df	Source of Variance
0.018**	1.342**	0.226**	0.11**	12.25**	0.05**	2	Block بلوک
0.002**	0.532**	0.262**	0.01**	0.08**	0.004 ^{ns}	11	Genotype ژنوتیپ
0.0001	0.151	0.048	0.001	0.010	0.006	22	Error خطا
64.28	54.71	12.64	6.58	7.57	16.83		% CV ضریب تغییرات

ns، *، **: به ترتیب عدم معنی داری، معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد

ns, * and **: Non significant, significant at 5% and 1% probability level, respectively

ادامه جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی در توده‌های نعنای فلفلی

Table 2- Analysis of variation among morphological traits of *M. piperita* accessions

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				df	Source of Variance
		Mean square	عرض گلبرگ	تعداد برگ	تعداد روز تا گلدهی		
تغییرات	df	Petal width	Number leaf	تعداد روز تا گلدهی	تعداد روز تا جوانه زنی		
Block	2	0.08**	354.6**	0.001**	19.347 ^{ns}		
Genotype	1	0.002 ^{ns}	1206.81**	175.719**	150.170**		
Error	2	0.031	137.73	277.8	18.68		
CV %	2	31.62	45.52	9.14	36.82		

ns، *، **، ***: به ترتیب عدم معنی داری، معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد

ns, * and **: Non significant, significant at 5% and 1% probability level, respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیکی در توده‌های گیاه نعنای فلفلی (*M. piperita*)Table 3- Mean comparison of traits morphological in 12 *M. piperita* accession

تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی	طول گلبرگ	قطر ساقه	طول دم‌گل	عرض برگ	توده‌ها
Number of days to 50% flowering	Petal length	Stem diameter	Pedicle length	Width of leaf	Accessions
95.20 ^h	0.29 ^a	0.21 ^{ab}	1.33 ^{ab}	1.54 ^{ab}	Ardabil
91.20 ^j	0.31 ^a	0.20 ^b	0.86 ^b	1.65 ^a	Hamedan
82.20 ^k	0.29 ^a	0.23 ^{ab}	0.86 ^b	1.46 ^{ab}	Kordestan
100.2 ^f	0.29 ^a	0.20 ^b	2.16 ^a	1.65 ^a	Golestan
95.33 ^h	0.28 ^{ab}	0.23 ^{ab}	1.16 ^{ab}	1.67 ^a	Meshginshahr
92.20 ⁱ	0.26 ^{ab}	0.21 ^{ab}	0.66 ^b	1.40 ^{ab}	Firoozabad
102.2 ^e	0.28 ^{ab}	0.27 ^a	1.15 ^{ab}	1.44 ^{ab}	Noorabad
97.20 ^g	0.33 ^a	0.23 ^{ab}	1.00 ^b	1.61 ^a	Zanjan
115.2 ^c	0.34 ^a	0.20 ^b	0.81 ^b	1.32 ^{ab}	Tabriz
105.2 ^d	0.35 ^a	0.23 ^{ab}	1.22 ^{ab}	1.24 ^b	Orumieh
119.2 ^b	0.31 ^a	0.20 ^b	0.71 ^b	1.35 ^{ab}	Shiraz 1
120.2 ^a	0.20 ^a	0.20 ^b	0.53 ^b	1.22 ^b	Shiraz 2

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی دار ($P < 0.05$) نیستندMeans within a column followed by the same letter are not significantly different ($p < 0.05$).

ادامه جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیکی در توده‌های گیاه نعنای فلفلی (*M. piperita*)Table 3- Mean comparison of traits morphological in 12 *M. piperita* accession

توده‌ها	تعداد گل آذین	عرض برگچه	طول برگ	طول دم‌برگ
Accessions	Number Inflorescence	Leaflet width	Leaf length	Leaf petiole
اردبیل Ardabil	1.40 ^a	0.45 ^a	3.09 ^{ad}	1.33 ^{ab}
همدان Hamedan	1.36 ^{ab}	0.46 ^a	3.31 ^{ab}	0.86 ^b
کردستان Kordestan	2.06 ^a	0.38 ^a	2.92 ^{ad}	0.86 ^b
گلستان Golestan	0.83 ^b	0.43 ^a	3.30 ^{ab}	2.16 ^a
مشگین‌شهر Meshginshahr	1.00 ^b	0.50 ^a	3.34 ^a	1.16 ^{ab}
فیروزآباد Firoozabad	1.16 ^{ab}	0.50 ^a	3.02 ^{ad}	0.67 ^b
نورآباد Noorabad	1.46 ^{ab}	0.31 ^a	2.89 ^{ad}	1.15 ^{ab}
زنجان Zanzan	1.25 ^{ab}	0.46 ^a	3.21 ^{abc}	0.98 ^b
تبریز Tabriz	1.36 ^{ab}	0.38 ^a	2.65 ^{cd}	0.80 ^b
ارومیه Orumieh	0.77 ^b	0.50 ^a	2.48 ^d	1.22 ^{ab}
شیراز ۱ Shiraz 1	1.01 ^b	0.43 ^a	2.70 ^{bcd}	0.88 ^b
شیراز ۲ Shiraz 2	1.16 ^{ab}	0.36 ^a	2.65 ^{cd}	0.53 ^b

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) نیستندMeans within a column followed by the same letter are not significantly different ($p < 0.05$).ادامه جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیکی در توده‌های گیاه نعنای فلفلی (*M. piperita*)Table 3- Mean comparison of traits morphological in 12 *M. piperita* accession

توده‌ها	تعداد روز تا جوانه‌زنی	تعداد روز تا ۱۰۰ درصد گل‌دهی	تعداد برگ	طول برگچه
Accessions	Number of days to germination	Number day to 100 % flowering	Number leaf	Leaflet length
اردبیل Ardabil	18.20 ^e	78.20 ^f	74.06 ^{ab}	0.92 ^{ab}
همدان Hamedan	15.20 ^f	74.20 ⁱ	62 ^{abc}	0.95 ^{ab}
کردستان Kordestan	14.20 ^h	72.20 ^j	70.40 ^{ab}	0.76 ^{ab}
گلستان Golestan	14.30 ^{gh}	90.20 ^b	41.66 ^{bcd}	0.92 ^{ab}
مشگین‌شهر Meshginshahr	20.20 ^d	75.20 ^h	92 ^a	1.09 ^a
فیروزآباد Firoozabad	13.20 ⁱ	71.20 ^k	63.13 ^{abc}	1.10 ^a
نورآباد Noorabad	14.40 ^{gh}	88.20 ^c	70.93 ^{ab}	0.76 ^{ab}
زنجان Zanzan	14.50 ^g	76.20 ^g	63.55 ^{abc}	1.01 ^{ab}
تبریز Tabriz	40.20 ^a	90.30 ^b	43.33 ^{bcd}	0.57 ^b
ارومیه Orumieh	18.30 ^e	84.20 ^e	48.33 ^{bcd}	1.10 ^a
شیراز ۱ Shiraz 1	28.20 ^b	91.20 ^a	22.83 ^d	0.72 ^{ab}
شیراز ۲ Shiraz 2	21.20 ^c	86.20 ^d	29.33 ^{cd}	0.70 ^{ab}

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) نیستندMeans within a column followed by the same letter are not significantly different ($p < 0.05$).

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین صفات مورفولوژیکی توده‌های نعنای فلفلی

Table 4- Correlation coefficients among morphological traits of *M.piperita* accessions

	Sdi	Lew	Lpt	pdl	Nif	Nin	Lefle	Lwe	Fwi	Ple	Pwi	Ngd	Ndf50	Ndf100	Ln
Sdi															
Lew	0.96**														
Lpt	0.40	0.45													
Fpt	0.43	0.47	0.99**												
Nif	0.10	0.16	-0.04	-0.03											
Nin	0.47	0.54	0.48	0.49	0.19										
Lefle	-0.07	-0.17	-0.08	-0.08	0.40	-0.21									
Lwe	0.62*	0.63*	0.33	0.39	0.11	0.75**	-0.06								
Fwi	0.26	0.26	-0.10	-0.05	0.49	-0.14	-0.05	0.13							
Ple	0.63*	0.57	0.07	-0.06	-0.01	0.03	0.09	-0.43	0.72**						
Pwi	-0.49	-0.37	-0.25	-0.22	0.05	-0.53	0.08	-0.26	0.31	-0.08					
Ngd	0.51	-0.35	-0.26	-0.29	-0.03	-0.02	-0.28	-0.38	-0.34	0.53	0.27				
Ndf50	-0.48	-0.37	0.29	0.24	-0.49	-0.25	-0.36	-0.56	-0.39	0.47	0.31	0.55			
Ndf100	0.64*	-0.55	-0.18	-0.23	-0.39	-0.51	-0.23	0.73**	-0.25	0.43	0.43	0.68*	0.82**		
Ln	0.60*	-0.54	0.09	0.15	0.10	0.63*	-0.11	0.93**	0.23	0.54	-0.34	-0.44	0.69*	0.78**	

ns، *، **؛ به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد

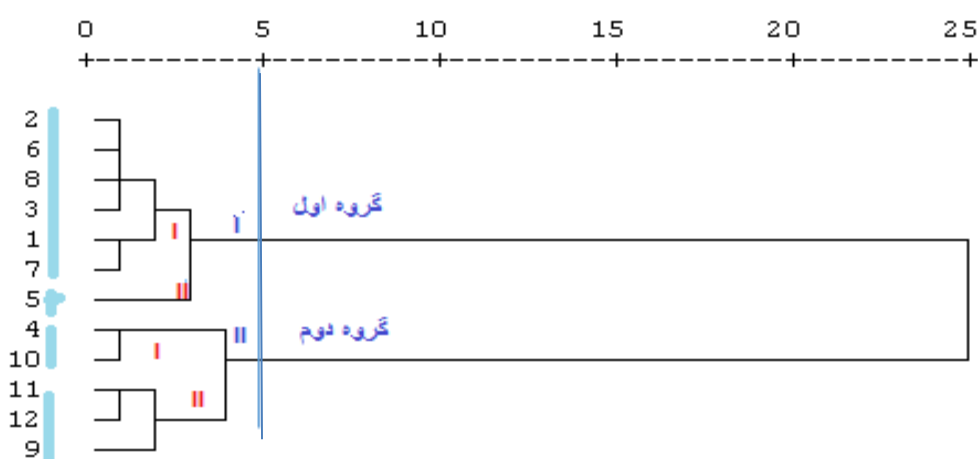
ns, * and **: Non significant, significant at 5% and 1% probability level, respectively

Sdi (Stem diameter), Lew (Leaflet width), Lpt (Leaf petiole), pdl (Pedicel length), Nif (Number Inflorescence), Lefle (Leaflet length), Lwe (Leaflet width), Fwi (Flower width), Ple (Petal length), Pwi (Petal width), Ngd (Number of days to germination), Ndf50 (Number of days to 50% flowering), Ndf100 (Number day to 100 % flowering), Ln (Number leaf).

تجزیه خوشه‌ای

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای به روش Ward و با استفاده از تجزیه تابع تشخیص به منظور تعیین خط برش و فرض خط برش در فاصله ۵، توده‌های مطالعه شده در دو گروه قرار گرفتند (شکل ۱). گروه اول شامل دو زیرگروه بود که زیرگروه اول شامل توده‌های همدان، فیروزآباد، زنجان، کردستان، اردبیل و نورآباد بود و از نظر صفات رویشی و زایشی نسبت به بقیه گروه برتر بودند و در زیرگروه دوم توده مشگین شهر قرار داشت و از نظر صفات رویشی برتر از بقیه گروه بودند. گروه دوم دو زیرگروه داشت؛ زیرگروه اول شامل توده‌های گلستان و ارومیه بود و از نظر صفات زایشی برتر از بقیه توده‌ها بودند و زیرگروه دوم نیز شامل توده‌های شیراز و تبریز بود و از نظر تعداد روز تا جوانه‌زنی و تعداد روز تا ۱۰۰ درصد گل‌دهی نسبت به بقیه توده‌ها برتر بودند. همچنین در تحقیقی که به منظور بررسی تنوع ژنتیکی صفات مورفولوژیکی نعنای فلفلی (*Mentha piperita*) انجام گرفته است، داده‌های مورفولوژیکی ۸ ژنوتیپ به همراه والدین

براساس تجزیه کلاستر در سه گروه اصلی طبقه‌بندی شدند که گروه اول و گروه دوم دارای ۴ ژنوتیپ و گروه سوم دارای ۱ ژنوتیپ بودند که با توجه به صفات مورفولوژیکی مطالعه‌شده نشان داد تنوع مورفولوژیکی کاملاً متفاوت است (Kumar et al., 2014). همچنین در تحقیقی دیگر که برای گروه‌بندی جمعیت‌های مطالعه‌شده، تجزیه خوشه‌ای روی عملکرد سرشاخه و صفات مورفولوژیکی انجام شد و پس از استاندارد کردن داده‌ها با روش وارد (ward) براساس ماتریس فاصله‌های عدم تشابه اقلیدسی روی ۱۲ جمعیت از گونه *M. Pulegium* انجام شد، ژنوتیپ‌های مختلف مطالعه‌شده به دو گروه تقسیم شده‌اند که به ترتیب گروه اول و دوم دارای ۸ و ۴ ژنوتیپ بودند و میانگین کل جمعیت‌های گروه ۱ از لحاظ تمام صفات از گروه ۲ بیشتر بود. با توجه به نتایج تجزیه خوشه‌ای می‌توان از ژنوتیپ‌های گروه ۱ برای معرفی تولید ارقام ترکیبی پرمحصول استفاده کرد (Jafari & Shahbazi, 2020).



شکل ۱- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای توده‌های نعناع‌فللی. شماره ۱: توده اردبیل، ۲: همدان، ۳: کردستان، ۴: گلستان، ۵: مشگین‌شهر، ۶: فیروزآباد، ۷: نورآباد، ۸: زنجان، ۹: تبریز، ۱۰: ارومیه، ۱۱: شیراز ۱، ۱۲: شیراز ۲.

Figure 1- Dendrogram of cluster analysis for *M. piperita* accessions: 1- Ardabil, 2- Hamedan, 3- Kordestan, 4- Golestan, 5- Meshginshahr, 6- Firoozabad, 7- Noorabad, 8- Zanjan, 9- Tabriz, 10- Orumieh, 11- Shiraz 1, 12- Shiraz 2.

نتیجه‌گیری

آگاهی از میزان تنوع ذخایر توارثی و داشتن اطلاعات مربوط به تفاوت‌های مورفولوژی در بین جمعیت‌ها، همراه با داده‌های حاصل برای حفاظت، بهره‌برداری، اهلی‌سازی و به‌نژادی جمعیت‌های مطالعه‌شده از این نوع گیاهان بسیار مهم است. پژوهش حاضر نشان داد در بین توده‌های مختلف نعناع‌فللی از لحاظ تنوع ژنتیکی براساس صفات مورفولوژیکی تنوع زیادی وجود دارد. همچنین به منظور انتخاب و اصلاح بهترین جمعیت‌ها برای مصارف دارویی و سبزی، این صفات اهمیت درخور توجهی دارند که از نظر صفات مورفولوژیکی جمعیت‌های یک گونه با یکدیگر متفاوت است. قسمت‌های مختلف نعناع‌فللی از جمله برگ و ساقه دارای خواص دارویی فراوان هستند. با توجه به وجود تنوع در بین توده‌های نعناع‌فللی موجود در کشور، لازم است این تنوع، بررسی و در برنامه‌های اصلاحی به کار گرفته شود. در این پژوهش تحقیقی کاربردی به منظور گزینش و انتخاب توده‌های برتر نعناع‌فللی صورت گرفته است. نتایج

این تحقیق نشان دادند سطوح بالایی از تنوع بین توده‌های نعنای فلفلی از نظر ویژگی‌های مورفولوژیکی وجود دارد. در مجموع مطالعه حاضر نشان داد توده‌های مشکین شهر از نظر بیشتر صفات رویشی برتر از بقیه توده‌ها بود و توده‌های کردستان و گلستان از نظر صفات زایشی برتر از بقیه توده‌ها بودند و می‌توان از این توده‌ها به‌عنوان والدین برای تولید ارقام جدید نعنای فلفلی استفاده کرد.

سپاسگزاری

نگارندگان از همکاری اداره ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان مشکین شهر و همچنین گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی کمال تشکر را دارند.

References

- Çoban, Ö., & Baydar, N. G. (2016). Brassinosteroid effects on some physical and biochemical properties and secondary metabolite accumulation in peppermint (*Mentha piperita* L.) under salt stress. *Industrial Crops and Products*, 86, 251-258. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.03.049>
- De Sousa Guedes, J. P., da Costa Medeiros, J. A., e Silva, R. S. D. S., de Sousa, J. M. B., da Conceição, M. L., & de Souza, E. L. (2016). The efficacy of *Mentha arvensis* L. and *Mentha piperita* L. essential oils in reducing pathogenic bacteria and maintaining quality characteristics in cashew, guava, mango, and pineapple juices. *International Journal of Food Microbiology*, 238, 183-192. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.09.005>
- Eghlima, Gh., Hadian, J., & 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. <https://doi.org/10.22055/ppd.2018.13442>
- Eghlima, Gh., Sanikhani, M., Kheiry, A., Hadian, J., & Aelaei, M. (2019). A Survey of genetic diversity of *Glycyrrhiza glabra* L. some populations using morphological and phytochemical characteristics. *Plant Production Research*, 26(4), 209-222 <https://doi.org/10.22069/jopp.2019.15993.2437>
- Fathi, R., Mohebbadini, M., & Chamani, E. (2019). A Study of Morphological and Phytochemical Characteristics of Iranian and Foreign Summer Savory (*Satureja Hortensis* L.) Accessions in Field Conditions. *Taxonomy and Biosystematics*, 11(40), 75-90. [10.22108/TBJ.2020.125217.1125](https://doi.org/10.22108/TBJ.2020.125217.1125) [In Persian].
- Fitzgerald, M., Heinrich, M., & Booker, A. (2020). Medicinal Plant Analysis: A Historical and Regional Discussion of Emergent Complex Techniques. *FrontiersInPharmacology*, 10, 1480. <https://doi.org/10.3389/fphar.2019.01480>
- Hadian, J., Azizi, A., Tabatabaei, S., Naghavi, M. R., Jamzad, Z., & Friedt, W. (2014). Analysis of the genetic diversity and affinities of different Iranian *Satureja* species based on SAMPL markers. *Planta Medica*, 76, 1-7. <http://dx.doi.org/10.1055/s-0030-1250063>
- Hashem, M., Rizk, I., & Reham, A. (2018). Genetic variations among two Egyptian mint species (*Mentha spicata* and *Mentha piperita*) using random amplified Polymorphic DNA markers. *Journal of Applied Biotechnology*, 4(2), 1-8. <https://app.scinito.ai/resolver?doi=10.21608/rjab.2018.106784>
- Hashemi Moghaddam, H., Sefidkon, F., Jafari, A., & 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*, 52(4), 813-824. [10.22059/IJHS.2021.306356.1824](https://doi.org/10.22059/IJHS.2021.306356.1824) [In Persian].
- Himanshi, G., Kumari, P., & Jaiswal, V. (2023). Phytochemically Rich Medicinally Important Plant Families. In Swamy, M.K., Kumar, A. (eds). *Phytochemical Genomics*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-19-5779-6_2
- Khanuja, S. P. S., Shasany, A. K., Srivastava, A., & Kumar, S. (2020). Assessment of genetic relationships in *Mentha* species. *Euphytica*, 111, 121-125. <https://doi.org/10.1023/A:1003829512956>

- Kieltyka-Dadasiewicz, A., Okoń, S., Ociepa, T., & Król, B. (2017). Morphological and genetic diversity among peppermint (*Mentha × piperita* L.) cultivars. *Hortorum Cultus*, 16(3), 151–161. [10.24326/asphc.2017.3.15](https://doi.org/10.24326/asphc.2017.3.15)
- Kumar, B., Mali, H., & Gupta, E. (2014). Genetic Variability, Character Association, and Path Analysis for Economic Traits in Menthofuran Rich Half-Sib Seed Progeny of *Mentha piperita* L. *Hindawi Publishing Corporation BioMed Research International*, 20(14), 1-7. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/150830>
- Mohammadi, R., Dehghani, H., & 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 <https://doi.org/10.22092/aj.2014.103214> [In Persian].
- Prasad, P., Gupta, A., Singh, V., & Kumar, B. (2024). Impact of induced mutation-derived genetic variability, genotype and varieties for quantitative and qualitative traits in *Mentha species*. *International Journal of Radiation Biology*, 100(2), 151-160. <https://sanad.iau.ir/journal/tpr/Article/674503?jid=674503>
- Prasad, P., Singh, V., Aftab, N., Gupta, A., Kishor, R., & Kumar, H. (2021). Gamma irradiation-induced variability in morphoagronomic and oil quality traits of *Mentha piperita* L. *International Journal of Radiation Biology*, 97(5), 737-745. <https://doi.org/10.1080/09553002.2021.1893855>
- Singh, R., Shushni, M. A. M., & Belkheir, A. (2015). Antibacterial and antioxidant activities of *Mentha piperita* L. *Arabian Journal of Chemistry*, 8(3), 322-328. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2011.01.019>
- Snoussi, M., Noumi, E., Trabelsi, N., Flamini, G., Papetti, A., & De Feo, V. (2015). *Mentha spicata* essential oil: chemical composition, antioxidant and antibacterial activities against planktonic and biofilm cultures of *Vibrio* spp. strains. *Molecules*, 20(8), 14402-14424. <https://doi.org/10.3390/molecules200814402>
- Shadkam, S., Sharfi, S., Yazdan Seta, S., Mir Mahmoudi, T., & Habibi, F. (2024). The effect of foliar application of different nano fertilizers on the quantitative and qualitative characteristics of peppermint (*Mentha piperita* L.) under water stress conditions. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 17(2), 355-370. <http://dx.doi.org/10.22077/ESCS.2023.5805.2177> [In Persian].
- Shahbazi, F., & Jafari, A. (2020). Investigation on Areal part yield and morphological traits in populations of *Mentha pulegium*. *Iranian Medicinal Plants Technology*, 3(1), 29-39. [10.22092/MPT.2020.342777.1062](https://doi.org/10.22092/MPT.2020.342777.1062) [In Persian].
- Shahbazi, M., Khodaei Jaghan, A., Moradi Telavat, M., & Moshatati, A. (2022). Morphological and quantitative yield response of peppermint and guar to simultaneous and relay intercropping ratios. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 53(2), 143-154. [10.22059/IJFCS.2021.313800.654774](https://doi.org/10.22059/IJFCS.2021.313800.654774) [In Persian].
- Tsai, M. L., Lin, T. F., Lin, W. C., Huang, Y. C., & Yang, C. H. (2013). Chemical composition and biological properties of essential oils of two mint species. *Trop J Pharm Res*, 12(4), 571-582. <https://doi.org/10.4314/tjpr.v12i4.20>

