

## Research Paper

# Morphological Diversity, Essential Oil, and Antioxidant Activity of some Wild *Mentha longifolia* L. Genotypes in North-West of Iran

Fezzeh Mohammadi Tabar<sup>1</sup>, Shahnaz Fathi<sup>2</sup> , Shahla Shameh<sup>3</sup> and Abolfazl Alirezalu<sup>4</sup>

1- Master's student, Department of Medicinal Plants, Shahid Bakri Miandoab Higher Education Center, Urmia University, Iran

2- Assistant Professor, Department of Medicinal and Aromatic Plants, Shahid Bakri Miandoab Higher Education Center, Urmia University, Urmia, Iran, (Corresponding author: sh.fathi@urmia.ac.ir)

3- Lecturer, Department of Medicinal and Aromatic Plants, Shahid Bakri Miandoab Higher Education Center, Urmia University, Urmia, Iran

4- Associate Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

Received: 4 June, 2023

Accepted: 15 October, 2023

## Extended Abstract

**Background:** The genetic diversity of plant species and their relationship with wild species is very important to improve the yield of crops. The first step in the improvement of medicinal plants is to identify and collect endemic genotypes., which are very important in the selection of cultivars due to their adaptability to the climate of the region. *Mentha longifolia* is one of the important endemic medicinal plants of Iran, which is used in various pharmaceutical, food, and cosmetic industries. Essential oil, phenolic compounds, flavonoids, and other compounds (such as steroids and ceramides) are important chemical compounds in the oregano plant. The morphological diversity, essential oil, and antioxidant activity of 20 *M. longifolia* genotypes in West and East Azerbaijan provinces were investigated in this study. On the one hand, this research aims to know the potential and range of diversity of *M. longifolia* genotypes in its natural habitats in West Azarbaijan and East Azarbaijan provinces. On the other hand, the regions with superior genotypes in terms of these traits are introduced for use in breeding programs.

**Methods:** The plant samples were collected from some areas of two northwestern provinces of Iran (West Azerbaijan and East Azerbaijan) in the spring of 2022. the morphological traits of the plant (11 quantitative traits), including plant height, inflorescence length, crown diameter, stem diameter, internode length, leaf length, leaf width, number of leaves, number of inflorescences, fresh weight, dry weight, and the number of sub-branches were evaluated in the flowering season. After drying the plant samples, the essential oil was extracted using a Clevenger system, and the essential oil samples were transferred to Urmia University Jihad to identify the compounds by gas chromatography. Plant samples were extracted by the ultrasonic method. Antioxidant activity was evaluated by the DPPH method. All the obtained data were analyzed with three repetitions based on a completely random design using SPSS software. The LSD test was used to compare the mean data. Data were clustered based on Ward's method and Euclidean distance square measure. Principal component analysis (PCA) was performed on the data, and the correlation between the studied traits was examined by R software.

**Results:** The results of ANOVA showed that the genotypes collected from different regions were significantly different in terms of plant height, inflorescence length, crown diameter, stem diameter, internode length, leaf length, leaf width, the number of leaves, the number of inflorescences, fresh weight, dry weight, and the number of sub-branches ( $P < 0.01$ ). The results of the analysis of the percentage and chemical composition of essential oil indicated that the type of genotype significantly affected the amount of these compounds in different genotypes of *M. longifolia* ( $P < 0.01$ ). Among the studied genotypes, the highest percentage of essential oil and the amount of Trans-Caryophyllene and Germacrene D compounds were found in G18 from the Iranq region of Tabriz. The highest amount of Alpha-Terpineol and Spathulenol was found in G16 from the Aghajari region of Maragheh. A significant difference in antioxidant activity was observed between different genotypes of mint. The maximum antioxidant activity (80.81%) was observed in G3 from the Hachesu area in Shahindej. Based on Ward's cluster analysis, the genotypes were divided into three main groups. G1 alone was placed in a separate group due to the high content of Spathulenol and high antioxidant activity. The second group included most of the genotypes (G2, G3, G5, G16, G19, G17, G20, G12, G14, G4, G6, G8, G11, G13, G9, G7, and G10) and containing moderate levels of morphological traits, essential oil components, and antioxi dant activity. G15 and G18 were placed in the third group. The prominent features of

these genotypes were high values of length and the number of inflorescences, length and width of leaves, the number of leaves, fresh and dry weights of the plant, the number of sub-branches, percentage of essential oil, alpha-Humulene, trans-Caryophyllene and GermacreneD, and antioxidant activity. Using PCA, 21 primary variables were determined in the form of two principal components. The first and second components explained 40% and 19% of the total variance, respectively. The results of correlation analysis revealed a positive and significant correlation between the percentage of essential oil and some morphological traits, the percentage of essential oil and Germacrene D, trans-Caryophyllene, beta-Farnesene, and isomenthon contents, as well as antioxidant activity and morphological traits.

**Conclusion:** The findings of this study showed that G15 belonging to Maragheh with an altitude of 1776 m had the highest number of leaves, length and width of leaves, fresh weight, dry weight, number of sub-branches, internode length, and number of inflorescences compared to the other genotypes. Therefore, it can be concluded that this genotype has a priority for breeding, domestication, and crop cultivation projects and is suitable for its introduction to the market as a medicinal plant. In addition, the results showed that the highest percentage of essential oil and the amount of compounds, such as Germacrene D, Trans-Caryophyllene, Spathulenol, Beta-Farnesene, and Alpha-Terpineol, were obtained in genotypes from high altitudes.

**Keywords:** Antioxidant activity, Essential oil, *Mentha longifolia*, Morphological characteristics

**How to Cite This Article:** Mohammadi Tabar, F., Fathi, S., Shameh, S., & Alirezaloo, A. (2024). Morphological Diversity, Essential Oil, and Antioxidant Activity of some Wild *Mentha longifolia* L. Genotypes in North-West of Iran. *J Crop Breed*, 16(1), 129-139. DOI: [10.61186/jcb.16.49.129](https://doi.org/10.61186/jcb.16.49.129)



## مقاله پژوهشی

# بررسی تنوع مورفولوژیکی، اسانس و فعالیت آنتی اکسیدانی برخی ژنوتیپ‌های پونه وحشی (*Mentha longifolia* L.) در شمال غرب ایران

فضه محمدی تبار<sup>۱</sup>، شهناز فتحی<sup>۲</sup>، شهلا شامه<sup>۳</sup> و ابوالفضل علیرضالو<sup>۴</sup>

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه گیاهان دارویی، مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوآب، دانشگاه ارومیه، ایران
- ۲- استادیار گروه گیاهان دارویی و معطر، مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوآب، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران، (نویسنده مسئول: sh.fathi@urmia.ac.ir)
- ۳- مدرس گروه گیاهان دارویی و معطر، مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوآب، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
- ۴- دانشیار گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۲۳  
صفحه ۱۲۹ تا ۱۳۹

## چکیده مبسوط

**مقدمه و هدف:** تنوع ژنتیکی گونه‌های گیاهی و ارتباط آن‌ها با گونه‌های وحشی جهت بهبود عملکرد محصولات بسیار حائز اهمیت می‌باشد. اولین گام در اصلاح گیاهان دارویی، شناسایی و جمع آوری ژنوتیپ‌های بومی است. ژنوتیپ‌های بومی به دلیل داشتن سازگاری با اقلیم منطقه مورد نظر، اهمیت بسیار زیادی در گزینش ارقام دارند. پونه وحشی یکی از گیاهان دارویی مهم بومی ایران است که در صنایع مختلف دارویی، غذایی و آرایشی-بهداشتی کاربرد دارد. اسانس، ترکیبات فنلی، فلاونوئیدها و سایر ترکیبات همانند استروئیدها و سرامیدها از ترکیبات شیمیایی مهم در گیاه پونه می‌باشد. در این مطالعه، تنوع مورفولوژیکی، اسانس و فعالیت آنتی اکسیدانی بیست ژنوتیپ گیاه پونه وحشی در استان‌های آذربایجان غربی و شرقی بررسی شد. هدف از این کار از یک طرف، شناخت پتانسیل و دامنه تنوع ژنوتیپ‌های پونه وحشی در رویشگاه‌های طبیعی آن در استان‌های آذربایجان غربی و آذربایجان شرقی است. از سوی دیگر، معرفی مناطق دارای ژنوتیپ برتر از نظر صفات مزبور جهت استفاده در برنامه‌های به نژادی است.

**مواد و روش‌ها:** جمع‌آوری نمونه‌های گیاهی از برخی مناطق دو استان شمال غرب کشور ایران (آذربایجان غربی و آذربایجان شرقی) در فصل بهار ۱۴۰۱ انجام شد. در فصل گلدهی به منظور ارزیابی برخی صفات مورفولوژیکی، بخش‌های هوایی گیاه شامل برگ، ساقه و گل‌آذین طی ۲۰ روز جمع آوری شد و ۱۱ صفت کمی گیاه شامل ارتفاع بوته، طول گل‌آذین، قطر طوقه، طول میانگره، طول برگ، عرض برگ، تعداد برگ، تعداد گل‌آذین، وزن تر بوته، وزن خشک بوته و تعداد شاخه فرعی مورد ارزیابی قرار گرفتند. پس از خشک کردن نمونه‌های گیاهی، اسانس‌گیری با استفاده از کلونجر انجام شد و نمونه‌های اسانس جهت شناسایی ترکیبات توسط دستگاه کروماتوگرافی گازی به جهاد دانشگاهی ارومیه منتقل شدند. عصاره‌گیری از نمونه‌های گیاهی به روش اتراسونیک انجام شد. اندازه‌گیری فعالیت آنتی اکسیدانی به روش DPPH انجام شد. تمامی داده‌های بدست آمده با سه تکرار و در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم افزار SPSS تجزیه شدند. از آزمون LSD برای مقایسه میانگین داده‌ها استفاده شد. کلاستر بندی داده‌ها بر اساس روش Ward و معیار مربع فواصل اقلیدسی انجام شد. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی روی داده‌ها انجام گرفت. همچنین در این مطالعه همبستگی بین صفات مورد مطالعه توسط نرم افزار R انجام شد.

**یافته‌ها:** نتایج تجزیه واریانس نشان داد ژنوتیپ‌های جمع‌آوری شده از مناطق مختلف، از نظر صفات ارتفاع بوته، طول گل‌آذین، قطر طوقه، طول میانگره، طول برگ، عرض برگ، تعداد برگ، تعداد گل‌آذین، وزن تر بوته، وزن خشک بوته و تعداد شاخه فرعی تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد دارند. نتایج آنالیز درصد و ترکیبات شیمیایی اسانس نشان داد که نوع ژنوتیپ تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر میزان این ترکیبات در ژنوتیپ‌های مختلف پونه وحشی داشت. در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بیشترین درصد اسانس و میزان ترکیبات Germacrene D و Trans-Caryophyllene در G18 مربوط به منطقه ایرانق تبریز همچنین بیشترین میزان Alpha-Terpeneol و Spathulenol در G16 مربوط به منطقه آق‌آجری مراغه بود. همچنین بین ژنوتیپ‌های مختلف پونه از نظر فعالیت آنتی اکسیدانی تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. حداکثر میزان فعالیت آنتی اکسیدانی (۸۰/۸۱ درصد) در G3 مربوط به منطقه هاجه‌سو در شاهیندژ مشاهده شد. براساس آنالیز تجزیه خوشه‌ای به روش Ward ژنوتیپ‌ها به سه گروه اصلی تقسیم شدند. G1 به تنهایی در گروه جداگانه بدلیل وجود میزان بالای ترکیب Spathulenol و فعالیت آنتی اکسیدانی بالا قرار گرفت. دومین گروه که شامل بخش عمده‌ای از ژنوتیپ‌ها (G2، G3، G5، G6، G19، G17، G20، G12، G14، G4، G6، G8، G11، G13، G9، G7 و G10) می‌باشد، دارای مقادیر متوسطی از صفات مورفولوژیکی، اجزای اسانس و فعالیت آنتی اکسیدانی هستند. ژنوتیپ‌های G15 و G18 در گروه سوم قرار گرفتند. ویژگی‌های بارز این ژنوتیپ‌ها وجود مقادیر بالای طول و تعداد گل‌آذین، طول و عرض برگ، تعداد برگ، وزن تر و خشک بوته، تعداد شاخه فرعی، درصد اسانس، trans- alpha-Humulene، Germacrene D و Caryophyllene و فعالیت آنتی اکسیدانی بود. با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی ۲۱ متغیر اولیه در قالب دو مؤلفه اصلی تعیین شدند. مؤلفه اول ۴۰ درصد و مؤلفه دوم ۱۹ درصد از تغییرات کل را توجیه نمودند. نتایج آنالیز همبستگی نشان داد بین درصد اسانس و برخی از صفات مورفولوژیکی، درصد اسانس و میزان Germacrene D، trans-Caryophyllene، isomenthon و beta-Farnesene، همچنین فعالیت آنتی اکسیدانی و صفات مورفولوژیکی با یکدیگر همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت. به طور کلی با توجه به هدف و صفت مورد نظر، اصلاحگر می‌تواند ژنوتیپ‌های غالب هر یک از مناطق مورد بررسی را بر اساس نتایج این مطالعه انتخاب نماید.

**نتیجه‌گیری کلی:** یافته‌های این مطالعه نشان داد که G15 متعلق به مراغه با ارتفاع ۱۷۷۶ متر از سطح دریا دارای بیشترین تعداد برگ، طول و عرض برگ، وزن تر، وزن خشک و تعداد شاخه‌های فرعی، طول میانگره و تعداد گل‌آذین نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها بود. لذا می‌توان گفت این ژنوتیپ جهت انجام پروژه‌های اصلاحی، اهلی کردن و کشت زراعی دارای اولویت بوده و برای معرفی آن به بازار به عنوان یک گیاه دارویی مناسب می‌باشد. علاوه بر این نتایج نشان داد بیشترین درصد اسانس و میزان ترکیبات نظیر Alpha-Terpeneol، Beta-Farnesene، Spathulenol، Trans-Caryophyllene، Germacrene D در ژنوتیپ‌هایی با ارتفاعات بالا بدست آمد.

**واژه‌های کلیدی:** اسانس، پونه وحشی، صفات مورفولوژیکی، فعالیت آنتی اکسیدانی

## مقدمه

گیاهان، اطلاع از میزان تنوع ذخایر توارثی و روابط ژنتیکی بین آنها است. شناسایی تنوع ژنتیکی به روش‌های مولکولی و غیر مولکولی انجام می‌گیرد (Shazdehahmadi and Kharrazi, 2016) استفاده از صفات فنوتیپی راحت‌ترین راه

گیاهان دارویی یکی از منابع بسیار ارزشمند طبیعت ایران هستند که مطالعه تنوع و پراکنش آنها بسیار ضروری است (Haidari et al., 2019). از جمله نیازهای اولیه برای اصلاح

بررسی قرار دادند، نتایج نشان داد که فعالیت آنتی‌اکسیدانی بین گونه‌های مختلف نعنای به‌ترتیب زیر بود:

*M. piperita* < *M. pulegium* < *M. rotundifolia* ≤ *M. longifolia* < *M. spicata*

مقایسه درصد اسانس سرشاخه‌های گلدار گیاه دارویی پونه وحشی در رویشگاه‌های مختلف استان فارس و خراسان رضوی نشان داد بیشترین میزان اسانس در گیاهان رویشگاه مشهد به‌دست آمد (Faizi et al., 2017). در مطالعه‌ای دیگر، اختلاف معنی‌داری از نظر درصد و ترکیبات اسانس پونه (*M. longifolia*) جمع‌آوری شده از سه مکان مختلف (شامل نمونه‌های شماره ۱، ۲ و ۴ از روستای کورون، دوشنبه با ارتفاع ۸۰۰ متر از سطح دریا، نمونه شماره ۳ از روستای خوانابد، منطقه مومین‌آباد با ارتفاع ۱۲۰۰ متری از سطح دریا، و نمونه شماره ۵ از روستای چورمغزک، منطقه ییون، با ۱۳۰۰ متر بالاتر از سطح دریا) در جنوب مرکزی کشور تاجیکستان گزارش شد (Sharopov et al., 2012). با توجه به اینکه استان‌های آذربایجان غربی و آذربایجان شرقی دارای پوشش گیاهی بسیار متنوع و غنی از ژرم‌پلاس‌های گیاهان بومی به‌ویژه تیره نعنای است ولی تاکنون مطالعه جامعی در رابطه با بررسی تنوع ژنتیکی جمعیت‌های پونه وحشی از نظر صفات مورفولوژیکی، اسانس و فعالیت آنتی‌اکسیدانی آنها انجام نشده است، در این پژوهش برای اولین بار برخی ژنوتیپ‌های پونه رشد یافته در رویشگاه‌های طبیعی این مناطق مورد بررسی قرار می‌گیرد.

#### مواد و روش‌ها

##### مناطق پراکنش و جمع‌آوری نمونه‌های گیاهی

دو استان شمال غرب کشور (آذربایجان غربی و آذربایجان شرقی) که خاستگاه بسیاری از گونه‌های دارویی پونه وحشی در ایران می‌باشند، برای جمع‌آوری نمونه‌های گیاهی و انجام آزمایش‌ها انتخاب شدند. بررسی و شناسایی پراکنش گونه‌ها با بهره‌گیری از منابع مختلف در این زمینه و بازدید از مناطق متعدد در فصل بهار ۱۴۰۱ انجام شد. مشخصات مناطق مورد مطالعه با استفاده از دستگاه GPS ثبت شد. داده‌های هواشناسی مربوط به سال ۱۴۰۱ هر رویشگاه از جمله میانگین بارش سالیانه و میانگین دما سالیانه از ایستگاه‌های هواشناسی منطقه جمع‌آوری شد. در مواردی که ایستگاه‌های هواشناسی مربوط به منطقه نمونه‌برداری در دسترس نبود، داده‌های ذکر شده از نزدیکترین ایستگاه هواشناسی با اولویت ایستگاه‌های سینوپتیک دریافت شد (جدول ۱). بیست نمونه گیاهی (هرباریومی) از ژنوتیپ‌های مختلف پونه وحشی جمع‌آوری و جهت شناسایی به مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوآب منتقل شدند. جمع‌آوری گیاهان از مناطق موردنظر در زمان گلدهی و طی ۲۰ روز انجام شد. قسمت‌های برداشت شده شامل بخش‌های هوایی گیاه (برگ، ساقه و گل‌ها) بود و ۱۱ صفت کمی گیاه مورد ارزیابی قرار گرفتند نمونه‌های پونه وحشی برای انجام مطالعات از مناطق مذکور جمع‌آوری و بلافاصله در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتی‌گراد) و سایه خشک شدند.

ارزیابی مستقیم تنوع ژنتیکی در درون و بین جمعیت‌ها، جهت برآورد تفاوت‌های مورفولوژیکی است. صفات مورفولوژیکی به‌راحتی قابل ارزیابی بوده و توارث آنها اغلب از نوع غالب و مغلوب است (Naqvi, 2014). صفات مورفولوژیکی که عمدتاً توسط یک ژن کنترل می‌شوند، می‌توانند به‌عنوان نشانگرهای ژنتیکی نیز مورد استفاده قرار گیرند. وجود تنوع ژنتیکی و ارزیابی صفات مهم، متخصصان به‌نژادی را قادر می‌سازد تا با استفاده از تنوع موجود، توده یا ژنوتیپ با عملکرد بالا و سازگاری بیشتر به تغییرات محیطی را شناسایی، انتخاب و یا تولید نماید (Omidbaigi, 2000). همچنین از آنجایی‌که گیاهان دارویی دارای متابولیت‌های ثانویه هستند و برخی از این گیاهان نسبت به تنش‌های غیرزیستی مانند خشکی، شوری و خاک‌های آهکی مقاومت بالایی دارند شناسایی محل رویش و حفاظت از ژرم‌پلاس‌ها آنها در زیستگاه طبیعی خود اهمیت ویژه‌ای دارد (Moshrefi Araghi et al., 2018).

شرایط آب و هوایی، تغییرات فصلی، ارتفاع، نور، نوع خاک، منطقه جمع‌آوری، ژنوتیپ و گونه می‌توانند از عوامل اصلی تأثیرگذار بر کمیت و کیفیت محصولات طبیعی در گیاهان دارویی باشند (Zargoosh et al., 2019; Batubara et al., 2020; Ramasar et al., 2022). در بسیاری از منابع به نقش زیستگاه به‌عنوان عامل تأثیرگذار در تجمع متابولیت‌های گیاهی تأکید شده است (Srivastava & Shym, 2002; Hemati et al., 2006). زیستگاه گیاه از طریق تغییرات دمایی، رطوبتی و عوامل خاکی بر فرآیند تشکیل مواد مؤثره تأثیر می‌گذارد. مکانیسم تأثیرات محیط بر تجمع متابولیت‌های ثانویه به‌درستی روشن نبوده با این‌حال مشخص است که محیط از طریق تأثیرگذاری در مراحل تولید مواد مؤثره و عوامل مرتبط به فرآیند تولید (آنزیم‌ها و ...) در نوع و میزان متابولیت‌های ثانویه مؤثر می‌باشد. لذا شناسایی گیاهان و بررسی تأثیر این عوامل در مناطق مختلف حائز اهمیت است. پونه وحشی (نعناع اسبی) با نام علمی *Mentha longifolia* L. متعلق به تیره نعنایان (Lamiaceae) است (Patonay & Németh-Zámboiné, 2021). اسانس، ترکیبات فنلی، فلاونوئیدها و سایر ترکیبات همانند استروئیدها و سرامیدها از ترکیبات شیمیایی مهم در گیاه پونه می‌باشد (Aggarwal & Kunnumakkara, 2009; Eftekhari et al., 2021). از اثرات مفید پونه وحشی در طب سنتی می‌توان به خواص ضد نفخ، ضد اسپاسم، ضد میکروبی، درمان بیماری‌های گوارشی و سردرد اشاره کرد (Mikaili et al., 2013). همچنین در این گیاه اثرات ضدالتهابی، ضد اسهال، درمان سندرم روده تحریک‌پذیر، محافظت از کبد، به‌عنوان اثرات دارویی تایید شده است (Farzaei et al., 2017). برخی مطالعات نشان دادند درصد اسانس پونه *M. longifolia* بین ۰/۸۸ تا ۱/۸ درصد در شرایط رشد طبیعی متغیر است (Okut, 2017). نیک‌آور و همکاران (Nikavar et al., 2008) میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی پنج گونه نعنای (*Mentha*، *Mentha rotundifolia*، *Mentha pulegium*، *piperita*، *Mentha longifolia*، *Mentha spicata*) که از استان تهران جمع‌آوری کرده بودند به‌روش DPPH (IC<sub>50</sub>) مورد

### اندازه‌گیری صفات مورفولوژیکی

به منظور ارزیابی صفات مورفولوژیکی گیاه در فصل گلدهی، ۱۱ صفت کمی گیاه شامل: ارتفاع بوته، طول گل آذین، قطر طوقه، طول میانگره، طول برگ، عرض برگ، تعداد برگ، تعداد گل آذین، وزن تر بوته، وزن خشک بوته و تعداد شاخه فرعی اندازه‌گیری شد. وسایل موردنیاز جهت اندازه‌گیری صفات یاد شده شامل کولیس دیجیتالی با دقت ۰/۱ میلی‌متر و ترازو دیجیتالی بود.

### اسانس‌گیری

اندام هوایی ژنوتیپ‌های مختلف پونه وحشی در مرحله‌ی گلدهی (اواسط مردادماه) برداشت و در سایه خشک شدند. پس از جدا کردن و پاک کردن اندام گیاهی، ۲۰ گرم از هر نمونه آسیاب شده و با استفاده از دستگاه کلونجر و با آب از نمونه‌های گیاهی اسانس‌گیری شد (Omidbaigi et al., 2003). پس از تعیین درصد اسانس برای هر منطقه، به‌منظور شناسایی ترکیبات اسانس از هر منطقه، اسانس‌های حاصل شده به مرکز جهاد دانشگاهی ارومیه منتقل شدند.

### شناسایی ترکیبات پونه وحشی با استفاده از کروماتوگرافی گازی

برای آنالیز اسانس از دستگاه کروماتوگرافی گازی مدل Agilent-6890 ساخت کمپانی Agilent آمریکا، مجهز به دریچه تزریق کاپیلاری، ستون کاپیلاری ویژه تجزیه اسیدهای چرب (DB-wax) به طول ۳۰ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر با فاز ساکن پلی‌اتیلن گلیکول به ضخامت ۰/۲۵ میکرومتر، نشانگر یونش شعله‌ای (FID) استفاده شد. دمای آون از ۶۰ درجه سانتی‌گراد تا ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۵ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه افزایش یافت و به مدت ۱۰ دقیقه در ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد نگه‌داشته شد. گازهای نیتروژن و هیدروژن مورد استفاده برای آنالیز با دستگاه کروماتوگرافی گازی با خلوص تجزیه‌ای ۹۹/۹۹۹ درصد از شرکت اکسیژن سیلان نمایندگی شرکت Air Product انگلستان تهیه شدند.

### عصاره‌گیری و اندازه‌گیری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

عصاره‌گیری براساس روش ناکاجیما و همکاران (Nakajima et al., 2004) با کمی تغییر انجام گرفت. ابتدا ۰/۵ گرم از نمونه برگی خشک شده در داخل هاون پودر گردید. سپس مقدار ۵ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد به ظرف حاوی پودر برگ اضافه و به مدت ۳۰ دقیقه در دستگاه اولتراسونیک با دمای ۳۰ درجه قرار گرفت تا بافت برگ به‌طور کامل متلاشی گردد. پس از این مدت، نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه با دور ۱۰۰۰۰ rpm و دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شدند. برای اندازه‌گیری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به روش DPPH، ۲ میلی‌لیتر از محلول DPPH به ۴۰۰ میکرولیتر عصاره نمونه‌های برگی پونه وحشی اضافه شد. محلول حاصل را تکان داده و در دمای آزمایشگاه به مدت ۵ دقیقه نگه‌داری شدند. جذب نمونه‌ها در ۵۱۷ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت گردید. با استفاده از فرمول زیر فعالیت آنتی‌اکسیدانی تعیین گردید (Chiou et al., 2007).

$$\text{DPPH (\%)} = [(AC-AS)/AC] \times 100$$

AC: میزان جذب بلنک

### AS: میزان جذب نمونه

### تجزیه و تحلیل آماری

کلیه داده‌های به‌دست آمده در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SPSS تجزیه شدند. از آزمون LSD برای مقایسه میانگین داده‌ها استفاده شد. کلاستر بندی داده‌ها براساس روش Ward و معیار مربع فواصل اقلیدسی انجام شد. تجزیه به مولفه‌های اصلی روی داده‌ها انجام گرفت. همچنین در این مطالعه همبستگی بین صفات مورد مطالعه توسط نرم‌افزار R انجام شد.

### نتایج و بحث

#### صفات مورفولوژیکی

نتایج تجزیه واریانس اثر ژنوتیپ‌های مختلف گیاه پونه بر صفات ارتفاع بوته، طول گل آذین، قطر طوقه، طول میانگره، طول برگ، عرض برگ، تعداد برگ، تعداد گل آذین، وزن تر بوته، وزن خشک بوته و تعداد شاخه فرعی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر ژنوتیپ‌های مختلف بر برخی صفات مورفولوژیکی گیاه پونه نشان داد که (جدول ۴)، بیشترین ارتفاع بوته ۱۱۶/۳ سانتی‌متر مربوط به ژنوتیپ G2 و کمترین ارتفاع بوته ۴۲/۳۳ سانتی‌متر مربوط به ژنوتیپ G4 و ژنوتیپ G15 دارای بیشترین تعداد برگ بوده و از نظر صفات دیگر وزن تر، وزن خشک و تعداد شاخه‌های فرعی نیز نسبت به دیگر ژنوتیپ‌ها برتری نشان می‌دهند. بنابراین می‌توان اظهار داشت که این ژنوتیپ جهت انجام پروژه‌های اصلاحی و اهلی کردن دارای اولویت و برای معرفی آن به بازار به‌عنوان یک گیاه دارویی مناسب می‌باشد.

#### درصد و شناسایی ترکیبات اسانس

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که ژنوتیپ‌های مختلف گیاه پونه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد از نظر درصد و ترکیبات اسانس داشتند. میزان اسانس در بین ژنوتیپ‌های مختلف پونه بین ۰/۱۲ تا ۰/۵۵ درصد ثبت شد (جدول ۳). در مقاله‌ای، میزان اسانس در اندام‌های مختلف *M. longifolia*، از جمله ۱/۳۴ میلی‌لیتر بر ۱۰۰ گرم در برگ، ۰/۷۶ میلی‌لیتر بر ۱۰۰ گرم در ساقه و ۰/۹۷ میلی‌لیتر بر ۱۰۰ گرم در گل، به‌طور متفاوتی ذکر شده است (Golparvar et al., 2017). ترکیبات شناسایی شده اسانس پونه در جدول ۵ ارائه شده است. ترکیبات شامل Germacrene D (۹۸/۱۹-۱/۰ درصد)، Trans-caryophyllene (۳۶/۸۱-۷/۰ درصد)، Cis Isopulegone (۲۹/۸۹-۷/۰ درصد)، Spathulenol (۱۰۰۶/۱۸-۱/۰ درصد)،  $\alpha$ -humulene (۶۰/۱۷-۰/۰ درصد)، Beta-Farnesene (۷۸/۱۸-۰/۰ درصد)، Alpha-Terpineol (۹۹/۱۸-۵/۰ درصد) و Isomenthon (۷۱/۲۰-۴/۰ درصد) بود. در تعداد زیادی از مقالات، اکسید پیریتون (Haikal et al., 2022)، ۱۰۸-سینتول (Patonay et al., 2021)، سیس-پیریتون اکسید (Mkaddem et al., 2014)، پولگون (Okut et al., 2017)، منتون (Hajlaoui et al., 2009)، اکسید کاروفیلین (Jamzad et al., 2013) به‌عنوان ترکیبات عمده و اصلی در گیاه پونه شناسایی شده

### دسته‌بندی ژنوتیپ‌های پونه وحشی

تجزیه به مولفه‌های اصلی بیشترین عمومیت را در بین روش‌های کموتریک دارد. با توجه به تعداد صفات مورد مطالعه و تنوع مشاهده شده در بین آنها، تجزیه و تحلیل چند متغیره، به‌منظور دسته‌بندی ژنوتیپ‌ها با توجه به صفات مورفولوژیکی (ارتفاع بوته، طول گل آذین، قطر طوقه، طول میانگره، طول برگ، عرض برگ، تعداد برگ، تعداد گل آذین، وزن تر بوته، وزن خشک بوته، تعداد شاخه فرعی)، اجزای اسانس (درصد اسانس، Iso-menthon، alpha-Terpeneol، beta-Farnesene، Spathulenol، alpha-Humulene، cis-GermacreneD و trans-Caryophyllene، Isopulegone) و فعالیت آنتی اکسیدانی به‌روش DPPH انجام شد. با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی ۲۱ متغیر اولیه در قالب دو متغیر جدید (دو مؤلفه اصلی) تعیین شدند که این دو مؤلفه در مجموع ۵۹ درصد از تغییرات کل را توجیه نمودند (۴۰ درصد برای مؤلفه اول و ۱۹ درصد برای مؤلفه دوم (شکل ۱)). اولین مؤلفه همبستگی بالایی با ارتفاع بوته، قطر طوقه، طول میانگره، طول برگ، عرض برگ، تعداد برگ، وزن تر بوته، وزن خشک بوته، تعداد شاخه فرعی، فعالیت آنتی اکسیدانی و درصد اسانس ژنوتیپ‌های مختلف پونه وحشی داشت. دومین مؤلفه نمونه‌ها را از لحاظ alpha-Terpeneol، beta-Farnesene، alpha-Humulene و trans-Caryophyllene، GermacreneD و متمایز کرد (شکل ۱).

مولفه‌های به‌دست آمده در تجزیه به مولفه‌های اصلی برای انجام تجزیه خوشه‌ای و ترسیم دندروگرام استفاده گردید. نتایج حاصل ژنوتیپ‌ها را به سه گروه اصلی تقسیم نمود. G1 به تنهایی در گروه جداگانه قرار گرفت. مشخصه اصلی ژنوتیپ G1 که آن را از بقیه ژنوتیپ‌ها متمایز می‌کرد، وجود میزان بالای ترکیب Spathulenol و فعالیت آنتی اکسیدانی بالای آن بود. دومین گروه که شامل بخش عمده‌ای از ژنوتیپ‌ها (G2، G3، G5، G6، G8، G9، G10، G11، G12، G13، G14، G15، G16، G17، G18، G19، G20، G21، G22، G23، G24، G25، G26، G27، G28، G29، G30، G31، G32، G33، G34، G35، G36، G37، G38، G39، G40، G41، G42، G43، G44، G45، G46، G47، G48، G49، G50، G51، G52، G53، G54، G55، G56، G57، G58، G59، G60، G61، G62، G63، G64، G65، G66، G67، G68، G69، G70، G71، G72، G73، G74، G75، G76، G77، G78، G79، G80، G81، G82، G83، G84، G85، G86، G87، G88، G89، G90، G91، G92، G93، G94، G95، G96، G97، G98، G99، G100) می‌باشد، بیانگر میزان صفات مورفولوژیکی، اجزای اسانس و فعالیت آنتی اکسیدانی متوسط در ژنوتیپ‌ها بود. در گروه سوم ژنوتیپ‌های G15 و G18 قرار گرفتند. ویژگی‌های بارز این ژنوتیپ‌ها وجود مقادیر بالای اکثر صفات مورفولوژیکی (طول و تعداد گل آذین، طول و عرض برگ، تعداد برگ، وزن تر و خشک بوته، تعداد شاخه فرعی)، اجزای اسانس (درصد اسانس، Iso-menthon، alpha-Terpeneol، beta-Farnesene، Spathulenol، alpha-Humulene، cis-GermacreneD و trans-Caryophyllene، Isopulegone) و فعالیت آنتی اکسیدانی بود. دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های پونه وحشی در شکل نشان داده شده است (شکل ۲).

است. نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که اسانس ژنوتیپ‌های مختلف پونه وحشی دارای طیف وسیعی از ترکیبات شیمیایی است. به‌طور کلی درصد و اجزای مختلف در اسانس علاوه بر اثرات ژنتیکی ممکن است تحت تأثیر عواملی مانند موقعیت جغرافیایی، شرایط محیطی و زمان برداشت قرار گیرد (Moetamedipoor et al., 2021). تغییرات متوسط درجه حرارت سالیانه در رویشگاه‌های طبیعی *Mentha longifolia* از ۱۲/۱ تا ۱۷/۱ درجه سانتی‌گراد در نوسان بوده است. دمای محیط با اثرگذاری روی فاکتورهایی از جمله هدایت روزنه‌ای، جذب املاح، رشد و نمو گیاهان میزان تولید متابولیت‌های اولیه و ثانویه را تحت تأثیر قرار دهد (Yavari, 2022). در مسیر تولید اسانس، دما روی سرعت متیلاسیون، اکسیداسیون و احیاء تأثیر گذاشته و نسبت ترکیبات مختلف را تغییر می‌دهد که باعث تغییر در کمیت و کیفیت اسانس می‌شود (Mahajan et al., 2020). بررسی میانگین بارش سالیانه در مناطق مورد ارزیابی حاکی از آن است که بیشترین بارندگی در رویشگاه‌های ایران، متق و ثمر خیزان (۲۸۳/۸ میلی‌متر) و کمترین میزان بارندگی در رویشگاه‌های جوان قلعه، خانیان و مهرآباد (۱۴۳/۸۶ میلی‌متر) رخ می‌دهد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که این گیاه قادر به رشد در محدوده وسیعی از انواع آب و هوا است.

### فعالیت آنتی اکسیدانی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که فعالیت آنتی اکسیدانی ژنوتیپ‌های مختلف پونه وحشی تحت تأثیر ژنوتیپ و مکان جمع‌آوری بوده و در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که فعالیت آنتی اکسیدانی، ژنوتیپ‌های مختلف پونه از ۱۹/۷۰ تا ۸۱/۸۰ درصد متغیر می‌باشد (جدول ۵). بیشترین فعالیت آنتی اکسیدانی در G3 با ۸۱/۸۰ درصد و کمترین آن در G18 با ۱۹/۷۰ درصد می‌باشد. *M. piperita* به‌عنوان بهترین گونه از نظر فعالیت آنتی اکسیدانی در میان گونه‌های دیگر از جنس *Mentha* معرفی شده است (López et al., 2010). در گزارشی دیگر، فعالیت آنتی اکسیدانی ۹ گونه از جنس نعناع از بیشتر به کمتر به ترتیب زیر گزارش شد:

*M. Suaveolens* < *M. longifolia* < *M. officinalis* < *M. piperita* < *M. pulegium* < *M. royleana* < *M. spicata* < *M. arvensis* < *M. citrate* (Ahmad et al., 2012).

در مطالعه‌ای دیگر فعالیت آنتی اکسیدانی در *M. longifolia* ۲۳/۸۰ درصد ثبت شد (Fahmideh et al., 2019). براساس نتایج مطالعه حاضر، دلیل این اختلافات در فعالیت آنتی اکسیدانی ژنوتیپ‌های پونه را می‌توان به تنوع در مناطق جمع‌آوری نمونه‌های گیاهی، میزان ترکیبات اسانس و سایر ترکیبات فیتوشیمیایی ربط داد.

جدول ۱- مناطق جمع‌آوری نمونه‌های مختلف پونه وحشی (*Mentha longifolia*)Table 1. Geographical information of sampling location of *Mentha longifolia* genotypes

| Average Annual Temperature (°C)<br>میانگین دما سالیانه<br>(سانتی گراد) | Average annual precipitation (mm)<br>میانگین بارش<br>سالیانه (میلی متر) | Height (m)<br>ارتفاع (متر) | Longitude<br>طول<br>جغرافیایی | Latitude<br>عرض جغرافیایی | Province<br>استان                 | Locality<br>مکان جمع‌آوری                    | Code<br>کد |
|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------|------------|
| 16.6                                                                   | 262.9                                                                   | 1469                       | 46° 2' 44.77"                 | 36° 41' 40.10"            | West Azerbaijan<br>آذربایجان غربی | Boukan/Utmish<br>بوکان/اوطمیش                | G1         |
| 16.6                                                                   | 262.9                                                                   | 1356                       | 46° 1' 34.32"                 | 36° 52' 8.69"             | West Azerbaijan<br>آذربایجان غربی | Boukan/ Molla Kandi<br>بوکان/ملاکندی         | G2         |
| 16.0                                                                   | 217.6                                                                   | 1454                       | 46° 37' 15.51"                | 36° 40' 51.11"            | West Azerbaijan<br>آذربایجان غربی | Hachasou/Shahindj<br>شاهیندژ/هاچاسو          | G3         |
| 16.0                                                                   | 217.6                                                                   | 1348                       | 46° 29' 21.64"                | 36° 44' 6.73"             | West Azerbaijan<br>آذربایجان غربی | Shahindj/ Yengiabad<br>شاهیندژ/ ینگی‌آباد    | G4         |
| 16.0                                                                   | 217.6                                                                   | 1339                       | 46° 28' 0.13"                 | 36° 45' 40.13"            | West Azerbaijan<br>آذربایجان غربی | Shahindj/ Hossein Abad<br>شاهیندژ/ حسین‌آباد | G5         |
| 16.8                                                                   | 149.15                                                                  | 1396                       | 46° 5' 35.34"                 | 37° 25' 33.48"            | East Azerbaijan<br>آذربایجان شرقی | Bonab/ Alqu<br>بناب/القو                     | G6         |
| 16.8                                                                   | 149.15                                                                  | 1330                       | 46° 6' 35.10"                 | 37° 22' 22.23"            | East Azerbaijan<br>آذربایجان شرقی | Bonab/ Rovesht-e Bozorg<br>بناب/روشت بزرگ    | G7         |
| 16.8                                                                   | 149.15                                                                  | 1287                       | 46° 4' 10.78"                 | 37° 22' 48.18"            | East Azerbaijan<br>آذربایجان شرقی | Bonab/ Ravesht-e Kuchek<br>بناب/روشت کوچک    | G8         |
| 17.1                                                                   | 143.86                                                                  | 1359                       | 45° 58' 24.20"                | 37° 29' 48.28"            | East Azerbaijan<br>آذربایجان شرقی | Ajab Shir/ Javanqaleh<br>عجب شیر/جوان قلعه   | G9         |
| 17.1                                                                   | 143.86                                                                  | 1311                       | 45° 55' 35.44"                | 37° 28' 50.59"            | East Azerbaijan<br>آذربایجان شرقی | Ajab Shir/ Khanian<br>عجب شیر/خانیان         | G10        |
| 17.1                                                                   | 143.86                                                                  | 1280                       | 45° 52' 58.41"                | 37° 26' 44.49"            | East Azerbaijan<br>آذربایجان شرقی | Ajab Shir/ Mehrabad<br>عجب شیر/مهرآباد       | G11        |
| 16.4                                                                   | 175.75                                                                  | 1596                       | 46° 15' 12.04"                | 37° 10' 19.11"            | East Azerbaijan<br>آذربایجان شرقی | Malkan/ Aq Manar<br>ملکان/اقمنار             | G12        |
| 16.4                                                                   | 175.75                                                                  | 1829                       | 46° 17' 54.72"                | 37° 12' 30.31"            | East Azerbaijan<br>آذربایجان شرقی | Malkan/ Owch Bolagh<br>ملکان/اوچ بلاغ        | G13        |
| 16.4                                                                   | 175.75                                                                  | 1679                       | 46° 19' 18.49"                | 37° 11' 1.46"             | East Azerbaijan<br>آذربایجان شرقی | Malkan/ Aghcheh Mashhad<br>ملکان/اغچه مشهد   | G14        |
| 15.2                                                                   | 174.82                                                                  | 1776                       | 46° 23' 25.64"                | 37° 23' 3.27"             | East Azerbaijan<br>آذربایجان شرقی | Maragheh/ Meymunaq<br>مراغه/میمناق           | G15        |
| 15.2                                                                   | 174.82                                                                  | 1737                       | 46° 24' 42.31"                | 37° 24' 0.22"             | East Azerbaijan<br>آذربایجان شرقی | Maragheh/ Aqajeri<br>مراغه/اقاجری            | G16        |
| 15.2                                                                   | 174.82                                                                  | 1810                       | 46° 25' 20.62"                | 37° 26' 17.65"            | East Azerbaijan<br>آذربایجان شرقی | Maragheh/ Sargizeh<br>مراغه/سرگیزه           | G17        |
| 12.1                                                                   | 283.8                                                                   | 2026                       | 46° 34' 56.87"                | 37° 53' 54.65"            | East Azerbaijan<br>آذربایجان شرقی | Tabriz/ Iranaq<br>تبریز/ایرانق               | G18        |
| 12.1                                                                   | 283.8                                                                   | 2255                       | 46° 32' 48.04"                | 37° 50' 24.19"            | East Azerbaijan<br>آذربایجان شرقی | Tabriz/ Matanaq<br>تبریز/ماتناق              | G19        |
| 12.1                                                                   | 283.8                                                                   | 2380                       | 46° 32' 4.78"                 | 37° 48' 50.47"            | East Azerbaijan<br>آذربایجان شرقی | Tabriz/ Samar Khizan<br>تبریز/سمرخیزان       | G20        |

isomenthon و Farnesene نیز بالا بود. در مطالعه (Motiee and Abdoli, 2021) در نعنای فلفلی (*M. piperita*) همبستگی مثبت و معنی‌داری بین اجزای اسانس از جمله منتون، نتو منتول، گاما ترپین مشاهده شد. همچنین فعالیت آنتی‌اکسیدانی و صفات مورفولوژیکی با یکدیگر همبستگی مثبت و معنی‌داری داشتند. Ranjbar (2023) در مطالعه اکوتیپ‌های مختلف کرچک (*Ricinus communis*) همبستگی مثبت بین فعالیت آنتی‌اکسیدانی و صفات مورفولوژیکی مانند ارتفاع بوته، قطر ساقه و تعداد برگ گزارش کردند. بر اساس نتایج، برخی از صفات همبستگی منفی و غیر معنی‌داری باهم دارند. سایر همبستگی بین صفات مورد مطالعه در شکل ۳ نشان داده شده است. به‌طور کلی با در نظر گرفتن این نکته که مکان سنتز و تجمع اسانس در گیاهان نعنای اغلب اندام هوایی به‌ویژه برگ‌ها می‌باشد (Kheiry et al., 2020)، بنابراین همبستگی بین شاخص‌های مورفولوژیکی، درصد واجزای اسانس را می‌توان در افزایش میزان اسانس گیاه نعنای مثبت و تاثیرگذار ارزیابی کرد.

#### همبستگی بین خصوصیات مورفولوژیکی، اجزای اسانس و فعالیت آنتی‌اکسیدانی

همبستگی بین صفات مورفولوژیکی، اجزای اسانس و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در ژنوتیپ‌های مختلف پونه وحشی در شکل ۳ نشان داده شده است. رنگ‌های آبی و قرمز به ترتیب نشان دهنده همبستگی مثبت و منفی است. ضرایب همبستگی متناسب با اندازه دایره‌ها و شدت رنگ آن‌ها می‌باشد. مطابق شکل ۳، بیشتر صفات همبستگی مثبت و معنی‌داری با یکدیگر دارند. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین درصد اسانس و صفات مورفولوژیکی مانند تعداد برگ، وزن تر و خشک بوته، تعداد گل‌آذین، شاخه فرعی، طول و عرض برگ، قطر طوقه و طول میانگره مشاهده شد. نتایج مشابه مبنی بر وجود همبستگی بین درصد اسانس و صفات مورفولوژیکی در پونه (*M. longifolia*) (Afkar, 2021) و بادرنجویه (*Melissa officinalis*) (Rahimi et al., 2017)، گزارش شده است. پس با توجه به نتایج این آزمایش، در برنامه‌های اصلاحی به‌منظور افزایش اسانس به صفات مورفولوژیکی باید توجه داشت. همبستگی بین درصد اسانس و میزان  $\beta$ -trans-Caryophyllene، Germacrene D

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی ژنوتیپ‌های مختلف پونه

Table 2. Analysis of variance of the morphological traits of different *Mentha longifolia* genotypes

| PH        | CD     | IL      | IN        | IL       | LB       | LL      | LW     | LN        | DW       | FW       | Df | S.O.V<br>منابع<br>تغییرات |
|-----------|--------|---------|-----------|----------|----------|---------|--------|-----------|----------|----------|----|---------------------------|
| 1565.70** | 3.53** | 12.72** | 1840.87** | 24.713** | 690.50** | 15.99** | 3.50** | 26615.1** | 592.51** | 3490.5** | 19 | Genotype                  |
| 26.30     | 0.13   | 10.47   | 5.28      | 0.39     | 10.78    | 0.43    | 0.08   | 37.08     | 0.71     | 2.48     | 40 | Error                     |
|           |        |         |           |          |          |         |        |           |          |          |    | خطا                       |
| 6.33      | 12.15  | 17.4    | 12.73     | 9.39     | 15.55    | 12.80   | 14.61  | 6.47      | 6.57     | 4.56     | -- | CV%                       |
|           |        |         |           |          |          |         |        |           |          |          |    | ضریب<br>تغییرات           |

\*\*\* و \*\* و \* به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱ و ۰/۰۵ و عدم معنی‌داری.

\*\*, \* and ns: respectively, significant difference at the probability level of 0.01 and 0.05 and non-significance.

وزن تر بوته: FW، وزن خشک بوته: DW، تعداد برگ: LW، عرض برگ: LW، طول برگ: LL، تعداد شاخه فرعی: LB، طول میانگره: IL، تعداد گل آذین: IN، طول گل آذین: IL، قطر طوقه: CD، ارتفاع بوته: PH

Fresh weight: FW, Dry weight: DW, Leaf number: LN, Leaf weight: LW, Leaf lenght: LL, Latral branches: LB, Internode length: IL, Inflorescence number: IN, Inflorescence length: IL, Crown diameter: CD, Plant height: PH

جدول ۳- تجزیه واریانس درصد اسانس، ترکیبات شیمیایی اسانس و فعالیت آنتی اکسیدانی ژنوتیپ‌های مختلف پونه

Table 3. Analysis of variance of the of essential oil %, chemical composition of essential oil and antioxidant activity of different *Mentha longifolia* genotypes

| ISO    | AT     | BF     | $\alpha$ -h | SP      | CI      | TC     | GD      | EO      | AO        | Df | S.O.V<br>منابع<br>تغییرات |
|--------|--------|--------|-------------|---------|---------|--------|---------|---------|-----------|----|---------------------------|
| 4.37** | 6.23** | 0.11** | 0.089**     | 0.25**  | 13.93** | 7.16** | 0.59**  | 0.054** | 1159.20** | 19 | Genotype                  |
| 0.00   | 0.0002 | 0.0003 | 0.00038     | 0.00025 | 0.0002  | 0.0005 | 0.00037 | 0.002   | 41.667    | 40 | Error                     |
|        |        |        |             |         |         |        |         |         |           |    | خطا                       |
| 1.53   | 2.16   | 6.77   | 7.49        | 0.58    | 0.52    | 0.88   | 4.00    | 12.77   | 13.38     | -- | CV%                       |
|        |        |        |             |         |         |        |         |         |           |    | ضریب<br>تغییرات           |

\*\*\* و \*\* و \* به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱ و ۰/۰۵ و عدم معنی‌داری.

\*\*\*, \* and ns: respectively, significant difference at the probability level of 0.01 and 0.05 and non-significance.

فعالیت آنتی اکسیدانی: AO، درصد اسانس: EO، Germacrene D: GD، Trans-Caryophyllene: TC، Cis Isopulegone: CI، Spathulenol: SP،  $\alpha$ -humulene:  $\alpha$ -h، Beta-Farnesene: BF، Alpha-Terpineol: AT، Isomenthon: ISO

Antioxidant activity: AO, Essential oil: EO, Germacrene D: GD, Trans-Caryophyllene: TC, Cis Isopulegone: CI, Spathulenol: SP,  $\alpha$ -humulene:  $\alpha$ -h, Beta-Farnesene: BF, Alpha-Terpineol: AT, Isomenthon: ISO

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر ژنوتیپ‌های مختلف پونه وحشی بر برخی صفات مورفولوژیکی ژنوتیپ‌های مختلف پونه

Table 4. Comparisons mean of morphological traits of different genotypes of *Mentha longifolia* geno

| ژنوتیپ<br>Genotype | FW (g)               | DW (g)               | LN                  | LW                 | LL                  | LB                    | IL                   | IN                   | IL                    | CD                  | PH                  |
|--------------------|----------------------|----------------------|---------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|
| G1                 | 93.67 <sup>c</sup>   | 32.83 <sup>c</sup>   | 203.66 <sup>b</sup> | 2.63 <sup>de</sup> | 8.00 <sup>bc</sup>  | 36.00 <sup>c</sup>    | 3.20 <sup>j</sup>    | 20.66 <sup>e</sup>   | 4.16 <sup>g</sup>     | 3.66 <sup>ef</sup>  | 65.00 <sup>e</sup>  |
| G2                 | 39.35 <sup>d</sup>   | 12.40 <sup>d</sup>   | 131.66 <sup>c</sup> | 2.33 <sup>e</sup>  | 4.83 <sup>g</sup>   | 32.33 <sup>cd</sup>   | 6.13 <sup>defg</sup> | 30.00 <sup>d</sup>   | 8.00 <sup>bcd</sup>   | 5.33 <sup>ab</sup>  | 116.33 <sup>a</sup> |
| G3                 | 21.67 <sup>e</sup>   | 7.80 <sup>ef</sup>   | 70.00 <sup>ef</sup> | 2.16 <sup>ef</sup> | 7.26 <sup>cd</sup>  | 10.33 <sup>jk</sup>   | 6.63 <sup>def</sup>  | 2.00 <sup>kl</sup>   | 5.23 <sup>fg</sup>    | 4.16 <sup>de</sup>  | 75.66 <sup>d</sup>  |
| G4                 | 14.41 <sup>i</sup>   | 5.43 <sup>i</sup>    | 24.66 <sup>j</sup>  | 1.26 <sup>gh</sup> | 3.10 <sup>j</sup>   | 5.66 <sup>k</sup>     | 3.79 <sup>j</sup>    | 12.33 <sup>g</sup>   | 5.33 <sup>g</sup>     | 2.80 <sup>gh</sup>  | 42.66 <sup>g</sup>  |
| G5                 | 20.03 <sup>ef</sup>  | 7.79 <sup>ef</sup>   | 59.00 <sup>fg</sup> | 2.16 <sup>ef</sup> | 6.10 <sup>ef</sup>  | 29.00 <sup>de</sup>   | 8.63 <sup>c</sup>    | 23.33 <sup>e</sup>   | 13.00 <sup>a</sup>    | 4.33 <sup>cd</sup>  | 102.33 <sup>b</sup> |
| G6                 | 15.17 <sup>hi</sup>  | 6.04 <sup>ghi</sup>  | 26.66 <sup>j</sup>  | 1.66 <sup>fg</sup> | 4.80 <sup>g</sup>   | 15.00 <sup>ghij</sup> | 5.70 <sup>gh</sup>   | 2.66 <sup>kl</sup>   | 7.33 <sup>bcd</sup>   | 2.16 <sup>hi</sup>  | 61.00 <sup>e</sup>  |
| G7                 | 16.16 <sup>ghi</sup> | 7.33 <sup>efgh</sup> | 45.00 <sup>h</sup>  | 1.60 <sup>g</sup>  | 5.28 <sup>g</sup>   | 11.00 <sup>jk</sup>   | 6.66 <sup>def</sup>  | 34.00 <sup>c</sup>   | 6.16 <sup>def</sup>   | 3.00 <sup>fg</sup>  | 76.33 <sup>d</sup>  |
| G8                 | 16.23 <sup>ghi</sup> | 6.28 <sup>ghi</sup>  | 35.66 <sup>hi</sup> | 2.16 <sup>ef</sup> | 4.16 <sup>ghi</sup> | 14.66 <sup>ghij</sup> | 4.67 <sup>hi</sup>   | 1.33 <sup>l</sup>    | 6.53 <sup>cde</sup>   | 2.00 <sup>i</sup>   | 53.00 <sup>f</sup>  |
| G9                 | 16.56 <sup>ghi</sup> | 6.10 <sup>ghi</sup>  | 38.33 <sup>hi</sup> | 1.70 <sup>gh</sup> | 4.40 <sup>gh</sup>  | 11.00 <sup>jk</sup>   | 5.13 <sup>gh</sup>   | 1.33 <sup>l</sup>    | 9.66 <sup>b</sup>     | 2.16 <sup>hi</sup>  | 54.00 <sup>f</sup>  |
| G10                | 18.08 <sup>fgh</sup> | 6.54 <sup>fghi</sup> | 59.66 <sup>fg</sup> | 2.33 <sup>e</sup>  | 6.76 <sup>de</sup>  | 21.33 <sup>f</sup>    | 6.92 <sup>de</sup>   | 42.33 <sup>b</sup>   | 9.33 <sup>b</sup>     | 4.33 <sup>cd</sup>  | 92.66 <sup>c</sup>  |
| G11                | 14.22 <sup>i</sup>   | 6.51 <sup>fghi</sup> | 14.00 <sup>k</sup>  | 0.96 <sup>h</sup>  | 3.23 <sup>h</sup>   | 20.66 <sup>fg</sup>   | 5.97 <sup>efg</sup>  | 3.33 <sup>kl</sup>   | 7.83 <sup>bcd</sup>   | 2.60 <sup>ghi</sup> | 53.00 <sup>f</sup>  |
| G12                | 18.86 <sup>efg</sup> | 5.89 <sup>hi</sup>   | 67.00 <sup>fg</sup> | 1.21 <sup>gh</sup> | 4.33 <sup>gh</sup>  | 18.3 <sup>gh</sup>    | 2.80 <sup>j</sup>    | 8.33 <sup>ghi</sup>  | 8.63 <sup>bc</sup>    | 3.00 <sup>fg</sup>  | 59.00 <sup>ef</sup> |
| G13                | 10.48 <sup>j</sup>   | 3.12 <sup>j</sup>    | 22.66 <sup>jk</sup> | 1.50 <sup>g</sup>  | 4.13 <sup>ghi</sup> | 11.66 <sup>ijk</sup>  | 5.13 <sup>gh</sup>   | 4.33 <sup>ijkl</sup> | 5.10 <sup>fg</sup>    | 2.06 <sup>i</sup>   | 51.66 <sup>f</sup>  |
| G14                | 18.58 <sup>fg</sup>  | 7.42 <sup>efgh</sup> | 68.00 <sup>fg</sup> | 1.16 <sup>gh</sup> | 4.56 <sup>g</sup>   | 11.66 <sup>ijk</sup>  | 3.27 <sup>j</sup>    | 6.00 <sup>ijkl</sup> | 6.16 <sup>defg</sup>  | 3.00 <sup>fg</sup>  | 42.33 <sup>g</sup>  |
| G15                | 124.63 <sup>a</sup>  | 53.83 <sup>a</sup>   | 339.33 <sup>a</sup> | 4.73 <sup>a</sup>  | 10.83 <sup>a</sup>  | 65.00 <sup>a</sup>    | 14.00 <sup>a</sup>   | 84.66 <sup>a</sup>   | 8.66 <sup>bc</sup>    | 5.67 <sup>a</sup>   | 100.3 <sup>bc</sup> |
| G16                | 19.80 <sup>ef</sup>  | 7.82 <sup>ef</sup>   | 78.66 <sup>e</sup>  | 3.24 <sup>bc</sup> | 8.10 <sup>bc</sup>  | 28.66 <sup>de</sup>   | 10.10 <sup>b</sup>   | 11.00 <sup>fg</sup>  | 6.50 <sup>cdefg</sup> | 3.00 <sup>fg</sup>  | 90.66 <sup>c</sup>  |
| G17                | 17.93 <sup>fgh</sup> | 7.15 <sup>fgh</sup>  | 60.66 <sup>fg</sup> | 3.23 <sup>bc</sup> | 8.76 <sup>b</sup>   | 17.33 <sup>fghi</sup> | 10.33 <sup>b</sup>   | 9.00 <sup>gh</sup>   | 5.76 <sup>efg</sup>   | 3.23 <sup>fg</sup>  | 95.33 <sup>bc</sup> |
| G18                | 110.47 <sup>b</sup>  | 45.25 <sup>b</sup>   | 335.33 <sup>a</sup> | 4.50 <sup>a</sup>  | 10.06 <sup>a</sup>  | 54.33 <sup>b</sup>    | 7.22 <sup>d</sup>    | 83.33 <sup>a</sup>   | 8.23 <sup>bcd</sup>   | 4.93 <sup>bc</sup>  | 96.00 <sup>bc</sup> |
| G19                | 20.79 <sup>ef</sup>  | 7.57 <sup>efg</sup>  | 89.33 <sup>d</sup>  | 3.70 <sup>b</sup>  | 8.70 <sup>b</sup>   | 12.66 <sup>hij</sup>  | 8.68 <sup>c</sup>    | 13.33 <sup>f</sup>   | 7.33 <sup>bcd</sup>   | 3.07 <sup>fg</sup>  | 98.33 <sup>bc</sup> |
| G20                | 20.30 <sup>ef</sup>  | 8.89 <sup>e</sup>    | 57.33 <sup>g</sup>  | 2.96 <sup>cd</sup> | 7.93 <sup>bc</sup>  | 23.33 <sup>ef</sup>   | 10.16 <sup>b</sup>   | 6.66 <sup>hij</sup>  | 5.23 <sup>fg</sup>    | 2.96 <sup>g</sup>   | 91.00 <sup>c</sup>  |

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد. \* معنی‌دار سطوح احتمال ۱ درصد

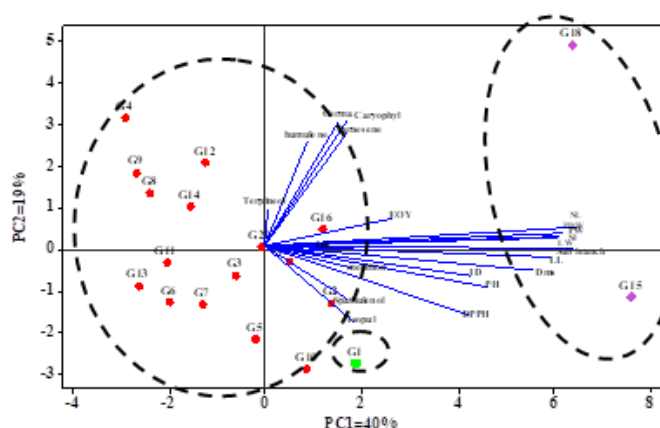
Means with the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at (P< 0.05). \*: significant at 0.01 probability level.

جدول ۵- مقایسات میانگین فعالیت آنتی اکسیدانی، درصد و برخی ترکیبات اسانس ژنوتیپ‌های مختلف پونه

Table 5. Comparisons mean of antioxidant activity, essential oil % and its some components of different *Mentha longifolia* genotypes

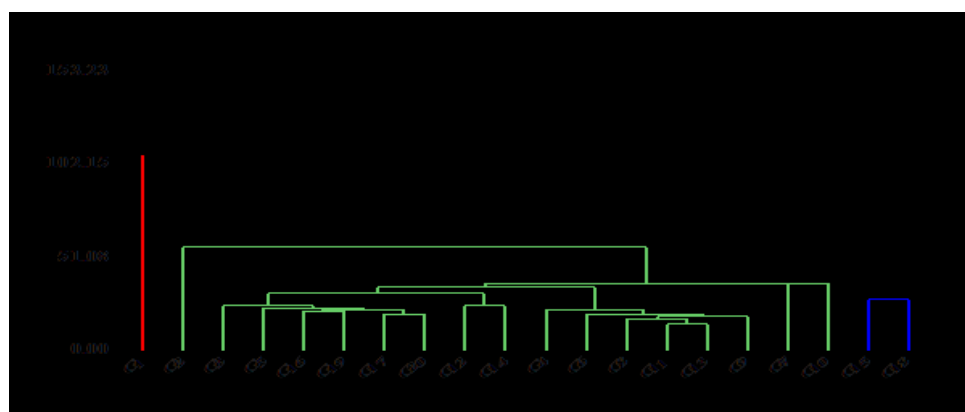
| ISO(%)                | AT (%)              | BF (%)             | $\alpha$ -h (%)    | SP (%)              | (%) CI             | TC (%)              | GD (%)             | EO (%)              | AO (%)               | ژنوتیپ<br>Genotypes    |
|-----------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------------|------------------------|
| 1.29 <sup>a</sup>     | 0.19 <sup>a</sup>   | 0.0 <sup>b</sup>   | 0.0 <sup>i</sup>   | 0.42 <sup>e</sup>   | 7.22 <sup>b</sup>  | 0.89 <sup>f</sup>   | 0.19 <sup>h</sup>  | 0.43 <sup>bc</sup>  | 37.22 <sup>gh</sup>  | G1                     |
| 1.07 <sup>k</sup>     | 0.24 <sup>k</sup>   | 0.25 <sup>e</sup>  | 0.19 <sup>h</sup>  | 0.32 <sup>g</sup>   | 2.58 <sup>j</sup>  | 1.28 <sup>o</sup>   | 0.42 <sup>k</sup>  | 0.48 <sup>abc</sup> | 29.92 <sup>gh</sup>  | G2                     |
| 0.0 <sup>a</sup>      | 0.18 <sup>i</sup>   | 0.32 <sup>d</sup>  | 0.28 <sup>f</sup>  | 0.37 <sup>f</sup>   | 3.01 <sup>h</sup>  | 2.07 <sup>i</sup>   | 0.59 <sup>g</sup>  | 0.12 <sup>a</sup>   | 81.80 <sup>a</sup>   | G3                     |
| 0.64 <sup>m</sup>     | 0.54 <sup>n</sup>   | 0.39 <sup>c</sup>  | 0.60 <sup>a</sup>  | 0.0 <sup>i</sup>    | 0.0 <sup>p</sup>   | 4.42 <sup>c</sup>   | 1.04 <sup>b</sup>  | 0.22 <sup>gh</sup>  | 66.91 <sup>bc</sup>  | G4                     |
| 0.0 <sup>a</sup>      | 0.24 <sup>k</sup>   | 0.0 <sup>b</sup>   | 0.0 <sup>i</sup>   | 0.22 <sup>h</sup>   | 1.82 <sup>m</sup>  | 0.97 <sup>q</sup>   | 0.32 <sup>l</sup>  | 0.15 <sup>hi</sup>  | 77.27 <sup>ab</sup>  | G5                     |
| 0.0 <sup>a</sup>      | 0.0 <sup>m</sup>    | 0.27 <sup>e</sup>  | 0.24 <sup>g</sup>  | 0.52 <sup>c</sup>   | 2.64 <sup>i</sup>  | 1.26 <sup>op</sup>  | 0.0 <sup>p</sup>   | 0.24 <sup>fg</sup>  | 63.64 <sup>cd</sup>  | G6                     |
| 0.0 <sup>a</sup>      | 0.0 <sup>m</sup>    | 0.24 <sup>e</sup>  | 0.24 <sup>g</sup>  | 0.50 <sup>cd</sup>  | 2.42 <sup>k</sup>  | 1.22 <sup>p</sup>   | 0.0 <sup>p</sup>   | 0.23 <sup>g</sup>   | 65.45 <sup>c</sup>   | G7                     |
| 1.95 <sup>e</sup>     | 0.70 <sup>f</sup>   | 0.25 <sup>e</sup>  | 0.34 <sup>d</sup>  | 0.0 <sup>i</sup>    | 0.0 <sup>p</sup>   | 2.69 <sup>g</sup>   | 0.96 <sup>c</sup>  | 0.19 <sup>ghi</sup> | 72.26 <sup>abc</sup> | G8                     |
| 0.0 <sup>a</sup>      | 0.85 <sup>c</sup>   | 0.26 <sup>e</sup>  | 0.35 <sup>d</sup>  | 0.0 <sup>i</sup>    | 0.0 <sup>p</sup>   | 2.80 <sup>f</sup>   | 1.03 <sup>b</sup>  | 0.24 <sup>g</sup>   | 64.96 <sup>c</sup>   | G9                     |
| 4.71 <sup>a</sup>     | 0.0 <sup>m</sup>    | 0.0 <sup>b</sup>   | 0.24 <sup>g</sup>  | 0.18 <sup>i</sup>   | 7.36 <sup>a</sup>  | 1.50 <sup>n</sup>   | 0.24 <sup>m</sup>  | 0.26 <sup>efg</sup> | 60.82 <sup>de</sup>  | G10                    |
| 1.69 <sup>g</sup>     | 0.48 <sup>j</sup>   | 0.34 <sup>d</sup>  | 0.0 <sup>i</sup>   | 0.49 <sup>d</sup>   | 2.39 <sup>i</sup>  | 2.52 <sup>i</sup>   | 0.75 <sup>i</sup>  | 0.34 <sup>de</sup>  | 49.87 <sup>ef</sup>  | G11                    |
| 2.67 <sup>b</sup>     | 3.42 <sup>b</sup>   | 0.45 <sup>b</sup>  | 0.40 <sup>c</sup>  | 0.0 <sup>i</sup>    | 4.90 <sup>c</sup>  | 4.74 <sup>b</sup>   | 0.97 <sup>c</sup>  | 0.46 <sup>bc</sup>  | 32.84 <sup>gh</sup>  | G12                    |
| 1.03 <sup>i</sup>     | 0.81 <sup>d</sup>   | 0.0 <sup>b</sup>   | 0.0 <sup>i</sup>   | 0.0 <sup>i</sup>    | 3.24 <sup>g</sup>  | 1.72 <sup>m</sup>   | 0.54 <sup>i</sup>  | 0.49 <sup>ab</sup>  | 27.49 <sup>hi</sup>  | G13                    |
| 1.14 <sup>j</sup>     | 0.0 <sup>m</sup>    | 0.46 <sup>b</sup>  | 0.32 <sup>de</sup> | 0.32 <sup>g</sup>   | 3.26 <sup>g</sup>  | 2.89 <sup>e</sup>   | 0.90 <sup>d</sup>  | 0.50 <sup>ab</sup>  | 27.00 <sup>hi</sup>  | G14                    |
| 2.60 <sup>c</sup>     | 0.29 <sup>j</sup>   | 0.27 <sup>e</sup>  | 0.30 <sup>ef</sup> | 0.61 <sup>b</sup>   | 4.12 <sup>d</sup>  | 2.22 <sup>j</sup>   | 0.58 <sup>i</sup>  | 0.40 <sup>cd</sup>  | 41.60 <sup>g</sup>   | G15                    |
| 2.32 <sup>d</sup>     | 5.99 <sup>a</sup>   | 0.41 <sup>c</sup>  | 0.40 <sup>c</sup>  | 1.06 <sup>a</sup>   | 3.77 <sup>e</sup>  | 3.66 <sup>d</sup>   | 0.85 <sup>a</sup>  | 0.32 <sup>ef</sup>  | 53.28 <sup>de</sup>  | G16                    |
| 1.82 <sup>i</sup>     | 0.75 <sup>e</sup>   | 0.0 <sup>b</sup>   | 0.42 <sup>c</sup>  | 0.0 <sup>i</sup>    | 3.67 <sup>e</sup>  | 2.64 <sup>h</sup>   | 0.62 <sup>b</sup>  | 0.42 <sup>bcd</sup> | 38.68 <sup>gh</sup>  | G17                    |
| 0.64 <sup>m</sup>     | 0.60 <sup>s</sup>   | 0.78 <sup>a</sup>  | 0.52 <sup>b</sup>  | 0.0 <sup>i</sup>    | 1.04 <sup>n</sup>  | 7.29 <sup>a</sup>   | 1.98 <sup>a</sup>  | 0.55 <sup>a</sup>   | 19.70 <sup>i</sup>   | G18                    |
| 1.24 <sup>i</sup>     | 0.0 <sup>m</sup>    | 0.25 <sup>e</sup>  | 0.17 <sup>h</sup>  | 0.0 <sup>i</sup>    | .81 <sup>o</sup>   | 1.74 <sup>m</sup>   | 0.69 <sup>g</sup>  | 0.50 <sup>ab</sup>  | 26.52 <sup>hi</sup>  | G19                    |
| 0.20 <sup>n</sup>     | 0.0 <sup>m</sup>    | 0.18 <sup>f</sup>  | 0.19 <sup>h</sup>  | 0.0 <sup>i</sup>    | 0.0 <sup>p</sup>   | 2.14 <sup>k</sup>   | 0.70 <sup>g</sup>  | 0.50 <sup>ab</sup>  | 27.00 <sup>hi</sup>  | G20                    |
| Significance          |                     |                    |                    |                     |                    |                     |                    |                     |                      |                        |
| 1159.20 <sup>**</sup> | 0.054 <sup>**</sup> | 0.59 <sup>**</sup> | 7.16 <sup>**</sup> | 13.93 <sup>**</sup> | 0.25 <sup>**</sup> | 0.089 <sup>**</sup> | 0.11 <sup>**</sup> | 6.23 <sup>**</sup>  | 4.37 <sup>**</sup>   | ژنوتیپ‌ها<br>Genotypes |
| 41.667                | 0.002               | 0.00               | 0.01               | 0.00                | 0.00               | 0.00                | 0.00               | 0.00                | 0.00                 | خطا<br>Error           |

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار بین تیمارها می‌باشد. \*<sup>\*</sup> معنی دار سطوح احتمال ۱ درصد. Means with the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at (P< 0.05). \*\*: significant at 0.01 probability level.



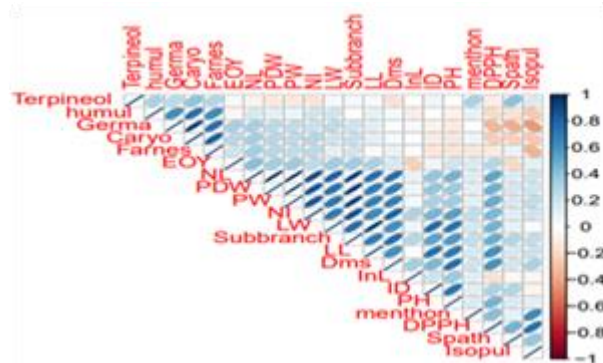
شکل ۱- نمودار دسته بندی ژنوتیپ‌های مختلف پونه کوهی بر اساس خصوصیات مورفولوژیکی، اجزای اسانس و فعالیت آنتی اکسیدانی

Figure 1. Classification diagram of different *Mentha* genotypes based on morphological characteristics, essential oil components and antioxidant activity



شکل ۲- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های پونه کوهی بر اساس خصوصیات مورفولوژیکی، اجزای اسانس و فعالیت آنتی اکسیدانی

Figure 2. Dendrogram resulting from cluster analysis of different *Mentha* genotypes based on morphological characteristics, essential oil components and antioxidant activity.



شکل ۳- آنالیز همبستگی بین صفات مورفولوژیکی، اجزای اسانس و فعالیت آنتی اکسیدانی در ژنوتیپ‌های مختلف پونه وحشی  
Figure 3. Correlation analysis between morphological traits, essential oil components and antioxidant activity in different *Mentha longifolia* genotypes.

### نتیجه‌گیری کلی

انجام پروژه‌های اصلاحی، اهلی کردن و کشت زراعی دارای اولویت و برای معرفی آن به بازار به عنوان یک گیاه دارویی مناسب می‌باشد. نتایج نشان داد بیشترین درصد اسانس و میزان ترکیبات نظیر Trans-Germacrene D، Beta-Farnesene، Spathulenol، Caryophyllene، Alpha-Terpineol، مربوط به ژنوتیپ‌های با ارتفاعات بالا بود، همچنین بین میزان اسانس گیاه با صفاتی نظیر تعداد و طول و عرض برگ گیاه و وزن تر و خشک گیاه ارتباط مثبت و معنی‌داری بود. به طور کلی با توجه به پتانسیل بسیار خوب کشور و مناطق شمال غرب آن در زمینه تنوع گیاهان دارویی دارای اسانس بایستی با شناسایی گونه‌های گیاهی و دستیابی به آگاهی‌های لازم در زمینه مناطق رویش و خصوصیات بوم‌شناختی آن‌ها، و معرفی ژنوتیپ‌های برتر، گام‌های اساسی برای استفاده از اسانس‌های گیاهی و ترویج شیوه‌های اصولی بهره‌برداری از آن‌ها برداشته شود.

از مهمترین اقدامات موثر جهت حفظ ژرم پلاسماهای با ارزش دارویی و غذایی بررسی شرایط رویشگاهی و معرفی ژنوتیپ‌های برتر جهت کاربرد آن‌ها در برنامه‌های اصلاحی و کشت زراعی آن‌ها است. پونه وحشی به‌علت کاربردهای متعدد و وجود ترکیبات مختلف، پتانسیل بالایی در این راستا دارد. صفات مورفولوژیکی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، درصد و ترکیبات اسانس گونه‌ها تحت شرایط مختلف از جمله رویشگاه و شرایط اقلیمی نظیر ارتفاع از سطح دریا متغیر است. بنابراین مطالعه حاضر به‌منظور شناسایی و انتخاب مناطق دارای ژنوتیپ برتر از نظر صفات مزبور صورت گرفت. ژنوتیپ G15 متعلق به مراغه با ارتفاع ۱۷۷۶ متر از سطح دریا دارای بیشترین تعداد برگ، طول و عرض برگ، وزن تر، وزن خشک و تعداد شاخه‌های فرعی، طول میانگره و تعداد گل‌آذین نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها بود. لذا می‌توان گفت این ژنوتیپ جهت

### References

- Afkar, S. (2021). Evaluation of morphological traits and anti-microbial activity of local ecotypes of *Mentha longifolia* in Lorestan, Iran. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 29(1), 96-107.
- Aggarwal, B. B., & Kunnumakkara, A. B., (Eds.). (2009). Molecular targets and therapeutic uses of spices: modern uses for ancient medicine. World Scientific.
- Ahmad, N., Fazal, H., Ahmad, I., & Abbasi, B. H. (2012). Free radical scavenging (DPPH) potential in nine *Mentha* species. Toxicol. Industrial Health, 28(1), 83-89. <https://doi.org/10.1177/0748233711407238>.
- Barzin, G., Mazooji, A., & Salimpour, F. (2014). Essential oil composition of four varieties of *Mentha longifolia* L. from northern parts of Iran. International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences, 4(2), 639-643.
- Batubara, I., Komariah, K., Sandrawati, A., & Nurcholis, W. (2020). Genotype selection for phytochemical content and pharmacological activities in ethanol extracts of fifteen types of *Orthosiphon aristatus* (Blume) Miq. leaves using chemometric analysis. Scientific Reports, 10(1), 20945. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-77991-2>.
- Chiou, A., Karathanos, V. T., Mylona, A., Salta, F. N., Preventi, F., & Andrikopoulos, N. K. (2007). Currants (*Vitis vinifera* L.) content of simple phenolics and antioxidant activity. Food chemistry, 102(2), 516-522. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.06.009>.
- Eftekhari, A., Khusro, A., Ahmadian, E., Dizaj, S. M., Hasanzadeh, A., Cucchiari, M. (2021). Phytochemical and nutra-pharmaceutical attributes of *Mentha* spp.: A comprehensive review. Arabian Journal of Chemistry, 14(5), 103106. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2021.103106>.
- Fahmideh, L., Mazaraie, A., & Tavakoli, M. (2019). Total Phenol/Flavonoid Content, Antibacterial and DPPH Free Radical Scavenging Activities of Medicinal Plants. Journal of Agricultural Science and Technology, 21(6), 1459-1471.
- Farzaei, M. H., Bahramsoltani, R., Ghobadi, A., Farzaei, F., & Najafi, F. (2017). Pharmacological activity of *Mentha longifolia* and its phytoconstituents. Journal of Traditional Chinese Medicine, 37(5), 710-720. [https://doi.org/10.1016/S0254-6272\(17\)30327-8](https://doi.org/10.1016/S0254-6272(17)30327-8).
- Feizi, H., Hoseini, Z., Vatandoost Jertoodeh, S., & Alipanah, M. (2017). Essential oil composition of *Mentha longifolia* L. Hudson. in different parts of Fars and Khorasan Razavi provinces. Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants, 5(1), 30-39.
- Golparvar, A. R., Hadipanah, A., Gheisari, M. M., Salehi, S., Khaliliazar, R., & Ghasemi, O. (2017). Comparative analysis of chemical composition of *Mentha longifolia* (L.) Huds. Journal of Medicinal Herbs, 7(4), 235-241.
- Haikal, A., El-Neketi, M., Awadin, W. F., Hassan, M. A., & Gohar, A. A. (2022). Essential oils from wild *Mentha longifolia* subspecies typhoides and subspecies schimper: Burn wound healing and antimicrobial candidates. Journal of King Saud University - Science, 34(8), 102356. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.102356>.

- Hajlaoui, H., Snoussi, M., Ben Jannet, H., Mighri, Z., & Bakhrouf, A. (2008). Comparison of chemical composition and antimicrobial activities of *Mentha longifolia* L. ssp. *longifolia* essential oil from two Tunisian localities (Gabes and Sidi Bouzid). *Annals of microbiology*, 58, 513-520. <https://doi.org/10.1007/BF03175551>.
- Hemati, K.H., Sharifani, M., Kalati, H., & Badiie, P. (2006). Flavenid content of Hawthorn (*Crataegus monogyna*) in Iran. *ISHS Acta Hort*. 765: XXVII International Horticultural Congress -International Symposium on Plants as Food and Medicine: The Utilization and Development of Horticultural Plants for Human Health.
- Heydari, A., Hadian, J., Esmaeili, H., Kanani, M. R., Mirjalili, M. H., & Sarkhosh, A. (2019). Introduction of *Thymus daenensis* into cultivate.on: Analysis of agro-morphological, phytochemical and genetic diversity of cultivated clones. *Industrial Crops and Products*, 131, 14-24. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.01.033>.
- Jamzad, M., Jamzad, Z., Mokhber, F., Ziareh, S., & Yari, M. (2013). Variation in essential oil composition of *Mentha longifolia* var. *chlorodictya* Rech. f. and *Ziziphora clinopodiodes* Lam. growing in different habitats. *Journal of Medicinal Plants Research*, 7(22), 1618-1623. <https://doi.org/10.5897/JMPR12.710>.
- Kheiry, A., Baharmast, Z., Sanikhani, M., & Soleimani, A. (2020). Study and comparison of morphological and phytochemical traits of *Mentha pulegium* L. in different habitats of Guilan province. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*, 8(2), 60-75.
- López, V., Martín, S., Gómez-Serranillos, M. P., Carretero, M. E., Jäger, A. K., & Calvo, M. I. (2010). Neuroprotective and neurochemical properties of mint extracts. *Phytotherapy Research*, 24(6), 869-874. <https://doi.org/10.1002/ptr.3037>.
- Mahajan, M., Kuiry, R., & Pal, P. K. (2020). Understanding the consequence of environmental stress for accumulation of secondary metabolites in medicinal and aromatic plants. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 18, 100255.
- Mikaili, P., Mojaverrostami, S., Moloudizargari, M., & Aghajanshakeri, S. (2013). Pharmacological and therapeutic effects of *Mentha Longifolia* L. and its main constituent, menthol. *Ancient Science of Life*, 33(2), <https://doi.org/10.4103/0257-7941.139059>.
- Mkaddem, M., Bouajila, J., Ennajar, M., Lebrihi, A., Mathieu, F., & Romdhane, M. (2009). Chemical composition and antimicrobial and antioxidant activities of *Mentha* (*longifolia* L. and *viridis*) essential oils. *Journal of Food Science*, 74(7), M358-M363. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01272.x>.
- Moetamedipoor, S. A., Saharkhiz, M. J., Khosravi, A. R. & Jowkar, A. (2021). Essential oil chemical diversity of Iranian mints. *Industrial Crops and Products*. 172, 114039 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.114039>.
- Moshrefi Araghi, A., Nemati, S. H., Shoor, M., Azizi Arani, M., & Moshtaghi, N. (2019). Influence of water stress on agro-morphological traits and essential oil content among Iranian genotypes of *Mentha longifolia*. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 89, 1219-1230. <https://doi.org/10.1007/s40011-018-1042-5>.
- Motiee, M., & Abdoli, M. (2021). Changes in essential oil composition of peppermint (*Mentha x piperita* L.) affected by yeast extract and salicylic acid foliar application. *Journal of Medicinal Plants*, 20(79), 47-58.
- Mozaffarian, V. 1998. A Dictionary of Iranian Plant Names. Farhang Moaser Publishers, Tehran, Iran. 671 pp. (in Persian).
- Nakajima, J. I., Tanaka, I., Seo, S., Yamazaki, M., & Saito, K. (2004). LC/PDA/ESI-MS profiling and radical scavenging activity of anthocyanins in various berries. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 2004(5), 241.
- Naqvi, M. R., Qarayazi, B., & Hosseini Salekdeh, Q., (2014). Molecular markers, Tehran University Press, 334 pages.
- Nikavar, B., Ali, N. A., & Kamalnejhad, M. (2008). Evaluation of the antioxidant properties of five *Mentha* species Iranian Journal of Pharmaceutical Research. 7(3), 203-209. <https://doi.org/10.22037/ijpr.2010.766>.
- Okut, N., Yagmur, M., Selcuk, N., & Yildirim, B. (2017). Chemical composition of essential oil of *Mentha longifolia* L. subsp. *longifolia* growing wild. <https://hdl.handle.net/20.500.12513/4164>.
- Omidbaigi, R., Hassani, A., & Sefidkon, F. (2003). Essential oil content and composition of sweet basil (*Ocimum basilicum*) at different irrigation regimes. *Journal of Essential oil Bearing plants*, 6(2), 104-108.
- Patonay, K., & Németh-Zámboriné, É. (2021). Horsemint as a potential raw material for the food industry: survey on the chemistry of a less studied mint species. *Phytochemistry Reviews*, 20(3), 631-652. <https://doi.org/10.1007/s11101-020-09718-0>.
- Patonay, K., & Németh-Zámboriné, É. (2021). Horsemint as a potential raw material for the food industry: Survey on the chemistry of a less studied mint species. *Phytochemistry Reviews*, 20(3), 631-652. <https://doi.org/10.1007/s11101-020-09718-0>.
- Rahimi, M. H., Aharizad, S., & Mohebalipour, N. (2017). Evaluation of genetic diversity in populations of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) in terms of agronomic traits, essential oil and citral concentration. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 25(2), 271-288.
- Ramasar, R., Naidoo, Y., Dewir, Y. H., & El-Banna, A. N. (2022). Seasonal Change in Phytochemical Composition and Biological Activities of *Carissa macrocarpa* (Eckl.) A. DC. Leaf Extract. *Horticulture*, 8(9), 780. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8090780>.
- Ranjbar, G. A. (2023). Effect of drought stress on antioxidant enzyme activities, proline content and some morphological traits in different castor bean ecotypes (*Ricinus communis* L.). *Journal of Plant Process and Function*, 11(47), 267-282.
- Saqib, S., Ullah, F., Naeem, M., Younas, M., Ayaz, A., Ali, S., & Zaman, W. (2022). *Mentha*: Nutritional and Health Attributes to Treat Various Ailments Including Cardiovascular Diseases. *Molecules*, 27(19), 6728. <https://doi.org/10.3390/molecules27196728>.
- Sharopov, F. S., Sulaimonova, V. A., & Setzer, W. N. (2012). Essential oil composition of *Mentha longifolia* from wild populations growing in Tajikistan, *Journal of Medicinally Active Plants*, 1(2), PP: 76-84. <https://doi.org/10.7275/R5736NTN>.
- Srivastava, A.W., & Shym, S. (2002). Citrus: Climate and soil. International Book Distributing Company, Lucknow, Uttar Pradesh, India, p. 559.
- Yavari, A. (2022). Study on essential oil variability of *Salvia sharifii* Rech. f. & *esfand*. in different natural habitats of Hormozgan Province. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*, 9(4), 33-47.
- Zargoosh, Z., Ghavam, M., Bacchetta, G., & Tavili, A. (2019). Effects of ecological factors on the antioxidant potential and total phenol content of *Scrophularia striata* Boiss. *Scientific Reports*, 9(1), 1-15.