

Research Article

Plant Prod., 2021, 44(3), 305-318  
<http://plantproduction.scu.ac.ir/>

ISSN (P): 2588-543X  
ISSN (E): 2588-5979

## Study of the Relationship Between Morphological and Phytochemical Traits of Summer Savory (*Satureja hortensis* L.) Accessions

Roghayeh Fathi<sup>1</sup>, Mehdi Mohebodini<sup>2\*</sup> , Esmail Chamani

- 1- PhD Student in Horticultural Plant Breeding and Biotechnology, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabili, Iran
- 2- **\*Corresponding Author:** Associate Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabili, Iran (mohebodini@uma.ac.ir)
- 3- Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabili, Iran

**Citation:** Fathi, R., Mohebodini, M., & Chamani, E. (2021). Study of the relationship between morphological and phytochemical traits of summer savory (*Satureja hortensis* L.) accessions. *Plant Productions*, 44(3), 305-318.

 10.22055/PPD.2020.32495.1874

Received: 5 March, 2020

Accepted: 20 June, 2020

### Abstract

#### Introduction

Summer savory (*Satureja hortensis* L.) belonging to the Lamiaceae family, is used as a spice and traditional herb in Iran. This plant has shown antispasmodic, antidiarrheal, antioxidant, sedative and antimicrobial activities. The basic requirement for plant breeding programs is a germplasm diversity that provides necessary facilities for breeding species with desirable features. Therefore, accurate identification of genotypes is considered as a prerequisite in this manner. Phenotypic characteristics are the first markers that have been used for diversity researches.

#### Materials and Methods

In this research, 20 accessions of *S. hortensis* were chosen from Iran, Bulgaria, Germany, Czech, Georgia, Syria, Hungary, Poland, Italy and Uzbekistan. Some morphological and phytochemical characteristics such as internode number, shoot number, number of days to germination, collar diameter, fresh weight of aerial part, bract fresh weight, flower number, peduncle length, 1000-seeds weight, flower fresh and dry weight and essential oil components were studied. The measurements began after the 50% of flowering stage.

#### Results and Discussion

Based on the results of morphological studies, internode number (11.03), shoot number (18.58),




1000-seeds weight (925.97 mg) high variable Uzbekistan accessions were best in this traits. Maximum flower number (26.34) and flower fresh weight (26.14 mg) were obtained from Bulgaria accession. Essential oil amount was higher in Karaj accession. Correlation coefficients among traits showed that fresh weight of aerial part had the highest correlation with flower fresh weight (0.97). Cluster analysis based on Euclidean distance divided the accessions into four major groups in which the third and fourth groups had valuable characteristics. The Bulgaria accession had the highest  $\gamma$ -Terpinene and Borneol. The Karaj accession was the best in carvacrol and delta-3-carene content. Clustering from essential oil component assigned accessions into five clusters. It can be suggested that there is a considerable genetic variation among *S. hortensis* accessions. The main purpose of this study was to determine genetic diversity among *S. hortensis* accessions from Iran and other parts of the world. Significant differences were found among the accessions in almost every parameter measured. The range of vegetative and flower values obtained in this study was more than those reported in previous researches about *S. hortensis*. With increasing shoot and leaf number, Iran appears to be the main place to trap sunlight for photosynthesis and consequently provides the condition to produce flowers, seeds and secondary metabolites. Thus, Uzbekistan and Bulgaria accessions having high values of leaf and flower can also be considered for cultivation and breeding programs.

### Conclusion

In this study, agro-morphological and essential oil properties of *S. hortensis* accessions originated from Iran and some Asian and European countries were evaluated. The study revealed a high level of diversity in morphological and phytochemical traits among *S. hortensis* accessions. This needs a breeding approach during the domestication process to obtain homogenous cultivars with suitable agricultural properties.

**Keywords:** Cluster analysis, Essential oil, Genetic diversity

## مطالعه‌ی روابط بین صفات ریخت‌شناسی و فیتوشیمیایی توده‌های مرزه (*Satureja hortensis* L.)

رقیه فتحی<sup>۱</sup>، مهدی محب‌الدینی<sup>۲\*</sup> , اسماعیل چمنی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی دکتری اصلاح و بیوتکنولوژی گیاهان باغبانی، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران  
۲- \*نویسنده مسئول: دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران (mohebodini@uma.ac.ir)  
۳- استاد، گروه علوم باغبانی، دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۳۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۱۵

### چکیده

تنوع ژنتیکی نیاز بنیادی برنامه‌های به‌نژادی گیاهان می‌باشد و امکان تولید و پرورش گیاهانی با شرایط مطلوب را فراهم می‌سازد. مرزه با نام علمی *Satureja hortensis* L. از مهم‌ترین گیاهان دارویی متعلق به خانواده‌ی نعناع می‌باشد که به‌صورت وحشی و زراعی وجود دارد. در این پژوهش، تنوع ژنتیکی ۲۰ توده‌ی مرزه‌ی منشأ گرفته از ایران و سایر کشورهای جهان از نظر صفات ریخت‌شناسی، فیتوشیمیایی و درصد اسانس بررسی شدند. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها تفاوت معنی‌داری را بین صفات مورد بررسی به‌جز تعداد و وزن خشک گل و فلاونوئید در دو طول موج ۳۰۰ و ۳۳۰ نانومتر نشان داد. نتایج بررسی ریخت‌شناسی توده‌ها نشان داد که صفات تعداد میانگرم (۱۱/۰۳)، تعداد شاخه (۱۸/۵۸)، وزن هزار دانه (۹۲۵/۹۷ میلی‌گرم) توده‌ی ازبکستان بیشترین مقدار بود و بیشترین میزان تعداد گل (۲۶/۳۴) و وزن تر گل (۲۶/۱۴ میلی‌گرم) در توده‌ی بلغارستان مشاهده شد هم‌چنین بیشترین درصد اسانس (۲/۳۶ درصد) از توده‌ی کرج به‌دست آمد. برآورد ضرایب همبستگی بین صفات نشان داد که بیشترین ضریب همبستگی بین وزن تر اندام هوایی و وزن تر گل (۰/۹۷ میلی‌گرم) مشاهده شد. هم‌چنین تجزیه خوشه‌ای بر اساس فاصله‌ی اقلیدسی، توده‌های مورد بررسی را در چهار گروه اصلی طبقه‌بندی نمود. نتایج تجزیه‌ی اسانس نشان داد که توده‌ی کرج بیشترین میزان Delta-3-carene (۱۴/۰۷ درصد) و Carvacrol (به ترتیب ۱۴/۰۷ و ۲۸/۹۹ درصد) را داشت و توده‌ی بلغارستان بیشترین میزان  $\gamma$ -Terpinene و Borneol را نشان داد (به ترتیب ۲۶/۲۱ و ۰/۸۱ درصد). نتایج تجزیه‌ی خوشه‌ای توده‌های مرزه براساس ترکیبات اسانس نیز توده‌های مرزه را در پنج گروه قرار داد. براساس نتایج این پژوهش، تنوع ژنتیکی قابل توجهی بین توده‌های مرزه موجود در ایران و سایر کشورها وجود دارد.

کلیدواژه‌ها: اسانس، تجزیه خوشه‌ای، تنوع ژنتیکی

### مقدمه

گزینه‌ها در هر جمعیتی است و انتخاب نیاز به تنوع در جمعیت مورد بررسی دارد. هر چه میزان تنوع در یک جمعیت بیشتر باشد امکان انتخاب در آن جمعیت بیشتر می‌شود (Sajeev et al., 2011). با مطالعه‌ی تنوع زیستی،

تنوع ژنتیکی پایه و اساس کارهای به‌نژادی، نقطه شروعی برای پیشبرد ارزیابی‌ها و انتخاب نمونه‌های گیاهی است (Zargar et al., 2014). تنوع، مبنای تمامی

بود (Karimi et al., 2014). براساس پژوهش (2013) Khadivi-khub et al. مشاهده شد که در توده‌های مرزه بختیاری اندازه‌ی برگ همبستگی مثبت و معنی‌داری با مشخصات گل و گل‌آذین داشت، هم‌چنین ارتفاع گیاه همبستگی مثبت و معنی‌داری با مشخصات گل‌آذین داشت که نشان از تأثیر مثبت افزایش رشد رویشی که محل تولید محصولات فستوستانی است، در تولید اندام زایشی گیاه دارد. (Bezic et al., 2005) گزارش کردند با این که محیط رشد طبیعی جمعیت‌های *S. montana* و *S. cuenifolia* از نظر آب و هوایی یکسان بود ولی تفاوت معنی‌داری در درصد اسانس آن‌ها مشاهده شد که این تفاوت، مشخصه‌ی تنوع ژنتیکی آن‌ها می‌باشد. (Dajic-Stevanovic et al., 2008) تنوع ژنتیکی پنج جمعیت آویشن را بر اساس صفات ریخت‌شناسی بررسی کردند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که تفاوت معنی‌داری در طول و عرض برگ و تعداد غده‌های ترشحی برگ این پنج جمعیت وجود دارد. نتایج بررسی رابطه‌ی بین تعداد غدد ترشحی و درصد اسانس در گیاه مرزنگوش که گیاهی از خانواده‌ی نعناع است نشان داد که گیاهان با درصد اسانس بیشتر دارای تعداد غدد ترشحی بیشتری در سطح برگ بودند (Kokkini, 1997). در پژوهش حاضر نیز برای اولین بار، مطالعه‌ای با استفاده از توده‌های مختلف ایرانی و خارجی مرزه برای ارزیابی تنوع در صفات ریخت‌شناسی و فیتوشیمیایی بین توده‌ها، تعیین همبستگی بین صفات و تعیین سهم صفات مختلف در توجیه تنوع موجود و گروه‌بندی توده‌های براساس صفات ریخت‌شناسی و فیتوشیمیایی انجام شد. اطلاعات حاصل از این تحقیق می‌تواند راهگشای اصلاح‌گران درپیشبرد برنامه‌های به‌نژادی این گیاه باشد.

### مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تنوع صفات ریخت‌شناسی، فیتوشیمیایی و درصد اسانس در توده‌های مختلف مرزه گونه‌ی *S. hortensis*، تعداد ۲۰ توده‌ی ایرانی و خارجی مرزه در اواخر فروردین ۹۸ در مزرعه‌ی تحقیقاتی دانشگاه محقق اردبیلی در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار کشت

می‌توان به تنوع گونه‌های درون اکوسیستم‌های مختلف پی برد که باعث کشف تنوع ژنتیکی و کمک به ساختار ژنتیکی یک جمعیت می‌شود. اولین مسیر جهت شناسایی تنوع ژنتیکی، ارزیابی صفات ریخت‌شناسی مؤثر بر عملکرد بوته است (Ykowska and Bocianowski, 2012). جابه‌جایی اکوتیپ‌ها و گونه‌های مختلف از منطقه‌ای به منطقه دیگر و اجبار سازگاری گیاه در منطقه جدید می‌تواند موجب تغییر خصوصیات موفولوژیکی و گاهی منجر به تغییر در متابولیت‌های دارویی شود (Figueredo et al., 2012). مرزه به‌عنوان گیاه دارویی با مصارف تازه‌خوری و ادویه‌ای، با نام علمی *Satureja hortensis* L. به مرزه‌ی تابستانه (Summer savory) معروف است. مرزه گیاهی علفی، یک یا چندساله و دارای عطر قوی است و دارای ساقه‌های متعدد و افراشته و گل‌آذین سنبله‌مانند می‌باشد (Eghlima et al., 2018)، و در درمان بیماری‌هایی از قبیل اسپاسم و گرفتگی عضلات، سوء هاضمه، اسهال و مشکلات گوارشی و بیماری‌های التهابی و بیماری‌های عفونی با منشا باکتریایی و قارچی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Valizadeh et al., 2014; Kumburovic et al., 2019). مهم‌ترین ترکیبات شیمیایی اسانس مربوط به منوترپنوئیدها از جمله تیمول، کارواکرول و پاراسیمن می‌باشد که منوترپن‌های تک‌حلقه‌ای هستند (Mihajilov- Krstev et al., 2009). تا به حال مطالعات اندکی در مورد بررسی تنوع ژنتیکی مرزه انجام شده است. در پژوهشی ۶۹ نمونه از هشت جمعیت مختلف مرزه‌ی خوزستانی را از نظر صفات ظاهری و فیتوشیمیایی مورد بررسی قرار گرفته و گزارش شد که بیشترین تنوع ریخت‌شناسی بین جمعیت‌ها مربوط به طول دمگل و مساحت برگ بود و گروه بندی افراد در خوشه با الگوی پراکنش جغرافیایی آن‌ها چندان مرتبط نبود (Hadian et al., 2011). اما برخلاف یافته‌های فوق، در پژوهش دیگری که ۶۰ نمونه از هفت جمعیت مختلف مرزه جنگلی از نقاط مختلف ایران جمع‌آوری و کشت شدند، آنالیز خوشه‌ای این ۶۰ نمونه را در سه گروه قرار داد که منطبق بر مناطق جغرافیایی جمعیت‌ها بود. درصد اسانس نیز در توده‌های مختلف بسیار متفاوت

که در آن  $\epsilon$  ضریب خاموشی ( $3300 \text{ cm}^{-1} \text{ M}^{-1}$ )،  $b$  عرض سل (یک سانتی‌متر)،  $c$  غلظت فلاونوئید و  $A$  میزان عدد قرائت شده.

### استخراج اسانس و شناسایی ترکیبات مهم آن با استفاده از GC/MS

برای استخراج اسانس نمونه‌ها از کلونجر استفاده شد. در این راستا، ۲۵ گرم از برگ و گل خشک شده هر توده به همراه ۲۵۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه به مدت ۱۸۰ دقیقه تحت تقطیر قرار گرفت (Khadivi-Khub et al., 2014). اسانس‌گیری در سه تکرار انجام شد و اسانس‌های به‌دست آمده به دقت جمع‌آوری شد و درصد اسانس (حجمی به وزنی) اندازه‌گیری شد. به منظور تعیین ترکیبات عمده‌ی اسانس، از دستگاه کروماتوگراف گازی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC/MS) استفاده شد. دستگاه دارای ستونی به طول ۳۰ متر داشت و قطر داخلی ستون ۰/۱۵ میلی‌متر و قطر خارجی آن ۰/۲۵ میلی‌متر بود. برنامه‌ریزی دمایی آون عبارت بود از: دمای اولیه، ۶۰ درجه‌ی سانتی‌گراد و مدت زمان آن ۳ دقیقه بود. میزان افزایش دما ۵ درجه بر دقیقه بود. از دمای ۲۸۰ درجه‌ی سانتیگراد به‌عنوان دمای نهایی استفاده شد و مدت آن ۵۷ دقیقه بود. نحوه‌ی تزریق ۱:۲ بود.

### نتایج و بحث

#### بررسی صفات ریخت‌شناسی توده‌های مرزه

تمام توده‌های مورد مطالعه در شرایط استان اردبیل رشد کرده و به باروری رسیدند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها برای صفات ریخت‌شناسی نشان داد که بین توده‌های مرزه‌ی مورد مطالعه در صفات تعداد میانگره، تعداد شاخه، قطر طوقه، طول به عرض برگچه، وزن تر برگچه، وزن تر اندام هوایی، طول دم گل‌آذین، وزن هزار دانه، درصد اسانس، وزن تر گل، ارتفاع گیاه، رنگ گلبرگ، رنگ کاسبرگ و رنگ برگ اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد. در صفات سطح برگ، تعداد گل در گیاه، فلاونوئید در طول موج ۲۷۰ نانومتر، طول میانگره و وزن گل و برگ هر بوته اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد وجود داشت

شدند. مختصات جغرافیایی مزرعه شامل ۲۷ درجه شمالی از خط استوا و ۳۰ درجه شرقی از نصف‌النهار گرینویچ، به طول ۴۸ درجه و ۱۷ دقیقه و عرض ۳۸ درجه و ۱۴ دقیقه و ارتفاع ۱۳۵۲ متر از سطح دریا، دارای میانگین درجه حرارت سالانه ۱۷/۵ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارندگی سالانه ۲۹۶ میلی‌متر می‌باشد. بذور توده‌های ایرانی مرزه از استان‌های آذربایجان شرقی، مازندران، البرز، کرمان، کرمانشاه، اردبیل، گیلان، اصفهان، خراسان شمالی و زنجان جمع‌آوری شد و توده‌های خارجی که شامل توده‌های کشور بلغارستان، آلمان، چک، گرجستان، سوریه، مجارستان، لهستان، ایتالیا و ازبکستان بود، از مؤسسه ژنتیک گیاهی و تحقیقات گیاهان زراعی آلمان تهیه شد. اندازه کرت یک متر در یک متر، فاصله بین ردیف‌ها در کرت ۲۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد و عمق کشت یک سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بافت خاک، لومی و pH آن ۶/۸۵ بود. بلافاصله بعد از کشت، آبیاری صورت گرفت آبیاری از ابتدای کاشت تا زمان برداشت با توجه به نیاز گیاه و شرایط آب و هوایی، سه بار در هفته انجام گردید. در داخل هر کرت ۱۰ بوته نگهداری شد. اندازه‌گیری صفات مورد نظر در هنگامی که ۵۰ درصد گیاهان گل دادند انجام شد. تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS-16 انجام شد. تجزیه‌ی خوشه‌ای و طبقه‌بندی توده‌ها نیز با استفاده از روش Ward براساس مربع فاصله‌ی اقلیدسی انجام شد.

#### اندازه‌گیری فلاونوئید

میزان فلاونوئید توده‌های مرزه با استفاده از روش Krizek et al. (1998) اندازه‌گیری شد. برای این منظور، ۰/۲ گرم بافت تازه‌ی برگ‌ی در هاون به همراه ۳ میلی‌لیتر اتانول اسیدی کوبیده شد. مخلوط حاصل از کاغذ صافی عبور داده شد و سپس در حمام آب گرم با دمای ۸۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه قرار داده شد. شدت جذب با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۲۷۰، ۳۰۰ و ۳۳۰ نانومتر خوانده شد و از فرمول ضریب خاموشی برای تعیین میزان فلاونوئید استفاده شد که عبارتست از:

$$A = \epsilon bc$$

بیشترین میزان رنگ گلبرگ (کد ۶ که نشان از رنگ بنفش بود) مربوط به توده‌ی آلمان ۲ بود. بیشترین میزان نسبت طول به عرض برگچه (۶/۴۳) مربوط به توده‌ی ایتالیا بود و بیشترین قطر طوقه در توده‌ی مجارستان مشاهده شد (۱/۹۲ سانتی‌متر). توده‌ی اردبیل دارای بیشترین وزن تر برگچه (۰/۹۹ گرم)، رنگ کاسبرگ (کد ۶ که به رنگ سبز تیره تعلق داشت) و رنگ برگ (کد ۵/۶۶ مربوط به رنگ سبز تیره‌ی مایل به بنفش) بود. بیشترین میزان طول دم گل آذین (۱/۷۵ سانتی‌متر) در توده‌ی کاشمر و بیشترین میزان فلاونوئید مربوط به توده‌ی لهستان بود.

(جدول ۱). بر اساس مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده (جدول ۲) مشاهده شد که بیشترین تعداد میانگره (۱۱/۰۳)، تعداد شاخه (۱۸/۵۸) و وزن هزاردانه (۹۲۵/۹۷ میلی‌گرم) مربوط به توده‌ی ازبکستان بود. توده‌ی بلغارستان بیشترین میزان وزن تر اندام هوایی (۲۲/۱۶ گرم) بوته‌ها، تعداد گل (۲۶/۳۴)، وزن تر گل (۲۶/۱۴ میلی‌گرم)، ارتفاع گیاه (۷۱/۳۱ سانتی‌متر)، سطح برگ (۳۷/۳۶ سانتی‌متر مربع) و تعداد میانگره (۵/۰۴) را نشان داد (جدول ۲). توده‌ی کرج بیشترین درصد اسانس (۲/۳۶ درصد) را داشت. توده‌ی زنجان بیشترین میزان وزن گل و برگ هر بوته (۱۸/۳۴ گرم) را نشان داد.

**Table 1. Analysis of variance for evaluated traits studied in this research**

Source of variance	df	Mean square										
		Internode number	Shoot number	Length. width of bract	Collar diameter	Fresh weight of aerial part	bract fresh weight	Flower number	Peduncle length	1000-seed weight	Flower fresh weight	Flower dry weight
Block	3	1.99 <sup>ns</sup>	28.47 <sup>**</sup>	1.42 <sup>ns</sup>	0.07 <sup>ns</sup>	26.92 <sup>ns</sup>	0.04 <sup>ns</sup>	2788.1 <sup>**</sup>	1.13 <sup>**</sup>	35308.41 <sup>ns</sup>	40.31 <sup>ns</sup>	1.67 <sup>ns</sup>
Accession	19	6.22 <sup>**</sup>	17.59 <sup>**</sup>	3.22 <sup>**</sup>	0.49 <sup>**</sup>	88.74 <sup>**</sup>	0.07 <sup>**</sup>	1537.11 <sup>ns</sup>	0.47 <sup>**</sup>	58025.8 <sup>**</sup>	134.19 <sup>**</sup>	3.79 <sup>ns</sup>
Error	37	1.31	3.79	0.93	0.06	13.01	0.02	629.39	0.17	16789.21	28.87	1.73
C.V. (%)	-	15.38	15.11	34.31	40.15	50.02	33.67	54.31	42.94	28.46	50.64	70.33

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

**Table 1 (Continues). Analysis of variance for evaluated traits studied in this research**

Source of variance	df	Mean square										
		Essential oil content	Flavonoid 270	Flavonoid 300	Flavonoid 330	Plant height	Leaf area	Internode length	Flower and leaf weight	Petal color	Sepal color	Leaf color
Block	3	0.27 <sup>ns</sup>	321.46 <sup>ns</sup>	411.54 <sup>ns</sup>	766.42 <sup>ns</sup>	0.1 <sup>ns</sup>	65.39 <sup>**</sup>	1.77 <sup>ns</sup>	145.24 <sup>*</sup>	1.71 <sup>ns</sup>	1.59 <sup>**</sup>	0.59 <sup>ns</sup>
Accession	19	0.82 <sup>**</sup>	695.56 <sup>*</sup>	762.14 <sup>ns</sup>	1236.98 <sup>ns</sup>	494.07 <sup>**</sup>	111.29 <sup>*</sup>	1.93 <sup>*</sup>	83.96 <sup>*</sup>	4.14 <sup>**</sup>	4.67 <sup>**</sup>	4.29 <sup>**</sup>
Error	37	0.14	331.56	410.43	593.32	0.15	57.17	1.04	34.5	1.53	0.25	0.41
C.V. (%)	-	47.36	47.72	53.04	56.52	11.04	31.29	33.76	53.93	37.25	21.09	26.67

**Table 2. Mean comparison of traits in 20 *S. hortensis* accessions studied in this research**

Accession	Internode number	Shoot number	Length/width of bract	Collar diameter	Bract fresh weight	Peduncle length	Aerial part weight	Essential oil content	1000-seed weight	Flower fresh weight	Flavonoid 270	Plant height	Leaf area	Internode length	Flower and leaf weight	Petal color	Sepal color	Leaf color
Bulgaria	10.98 <sup>a</sup>	18.5 <sup>a</sup>	4.32 <sup>b</sup>	0.35 <sup>cd</sup>	0.4 <sup>bc</sup>	0.44 <sup>c</sup>	22.1 <sup>a</sup>	0.43 <sup>c</sup>	560.99 <sup>bc</sup>	26.34 <sup>a</sup>	39.87 <sup>ad</sup>	71.31 <sup>a</sup>	37.36 <sup>a</sup>	5.04 <sup>a</sup>	9.31 <sup>b</sup>	4.16 <sup>bc</sup>	3.41 <sup>b</sup>	3.66 <sup>b</sup>
Germany	6.88 <sup>cd</sup>	11.58 <sup>bd</sup>	2.13 <sup>d</sup>	0.4 <sup>cd</sup>	0.47 <sup>bc</sup>	1.08 <sup>ae</sup>	12.5 <sup>b</sup>	0.68 <sup>bc</sup>	520.44 <sup>bd</sup>	22.69 <sup>a</sup>	53.73 <sup>ac</sup>	32.08 <sup>ij</sup>	23.5 <sup>bc</sup>	2.33 <sup>ce</sup>	2.48 <sup>b</sup>	2.6 <sup>cd</sup>	2.29 <sup>c</sup>	2.03 <sup>cd</sup>
Czech	5.75 <sup>cd</sup>	9.69 <sup>d</sup>	2.5 <sup>bd</sup>	0.63 <sup>cd</sup>	0.33 <sup>bc</sup>	0.63 <sup>be</sup>	6.03 <sup>bc</sup>	0.95 <sup>b</sup>	371.74 <sup>bd</sup>	7.11 <sup>b</sup>	38.08 <sup>ad</sup>	26.7 <sup>m</sup>	25.97 <sup>bc</sup>	1.83 <sup>e</sup>	15.44 <sup>a</sup>	3.01 <sup>cd</sup>	1.83 <sup>c</sup>	2.08 <sup>cd</sup>
Georgia	6.8 <sup>cd</sup>	11.46 <sup>bd</sup>	2.96 <sup>bd</sup>	0.83 <sup>c</sup>	0.39 <sup>bc</sup>	1.10 <sup>ae</sup>	8.65 <sup>bc</sup>	0.32 <sup>c</sup>	506.92 <sup>bd</sup>	13.66 <sup>b</sup>	43.83 <sup>ad</sup>	31.64 <sup>j</sup>	27.97 <sup>ab</sup>	2.5 <sup>be</sup>	2.03 <sup>b</sup>	2.66 <sup>cd</sup>	1.61 <sup>c</sup>	1.5 <sup>d</sup>
Syria	6.99 <sup>cd</sup>	11.78 <sup>bd</sup>	2.4 <sup>bd</sup>	0.83 <sup>c</sup>	0.44 <sup>bc</sup>	0.97 <sup>ae</sup>	6.77 <sup>bc</sup>	2.06 <sup>a</sup>	527.2 <sup>bc</sup>	10.71 <sup>b</sup>	33.43 <sup>ad</sup>	32.52 <sup>i</sup>	21.18 <sup>c</sup>	1.91 <sup>e</sup>	10.62 <sup>ab</sup>	3.04 <sup>cd</sup>	1.91 <sup>c</sup>	2.49 <sup>c</sup>
Hungary	7.62 <sup>bd</sup>	12.83 <sup>bd</sup>	2.98 <sup>bd</sup>	1.92 <sup>a</sup>	0.3 <sup>bc</sup>	0.48 <sup>d-e</sup>	6.87 <sup>bc</sup>	0.86 <sup>b</sup>	540.71 <sup>bc</sup>	10.87 <sup>b</sup>	39.19 <sup>ad</sup>	35.43 <sup>f</sup>	25.41 <sup>bc</sup>	3.16 <sup>ae</sup>	16.25 <sup>a</sup>	3.66 <sup>bc</sup>	2.08 <sup>c</sup>	2.21 <sup>cd</sup>
Karaj	7.93 <sup>bc</sup>	13.35 <sup>bd</sup>	2.34 <sup>cd</sup>	0.65 <sup>cd</sup>	0.2 <sup>c</sup>	0.86 <sup>ae</sup>	7.61 <sup>bc</sup>	2.36 <sup>a</sup>	567.75 <sup>b</sup>	12.03 <sup>b</sup>	58.47 <sup>ac</sup>	36.84 <sup>e</sup>	20.7 <sup>c</sup>	4.02 <sup>ad</sup>	16.82 <sup>a</sup>	3.81 <sup>bc</sup>	1.61 <sup>c</sup>	1.71 <sup>d</sup>
Poland	5.85 <sup>cd</sup>	9.85 <sup>d</sup>	2.73 <sup>bd</sup>	0.28 <sup>d</sup>	0.39 <sup>bc</sup>	0.56 <sup>ce</sup>	4.79 <sup>c</sup>	0.3 <sup>c</sup>	351.46 <sup>bd</sup>	7.58 <sup>b</sup>	67.07 <sup>a</sup>	27.23 <sup>m</sup>	28.77 <sup>ab</sup>	2.75 <sup>be</sup>	2.09 <sup>b</sup>	3.25 <sup>cd</sup>	2.5 <sup>bc</sup>	2.33 <sup>cd</sup>
Rasht	6.25 <sup>cd</sup>	10.54 <sup>cd</sup>	2.15 <sup>d</sup>	0.41 <sup>cd</sup>	0.35 <sup>bc</sup>	0.61 <sup>be</sup>	4.8 <sup>c</sup>	0.39 <sup>c</sup>	297.39 <sup>cd</sup>	7.59 <sup>b</sup>	12.72 <sup>d</sup>	29.1 <sup>l</sup>	22.94 <sup>bc</sup>	2.01 <sup>cd</sup>	16.43 <sup>a</sup>	1.02 <sup>d</sup>	1.6 <sup>c</sup>	1.13 <sup>d</sup>
Italy	5.5 <sup>d</sup>	14.66 <sup>ac</sup>	6.43 <sup>a</sup>	0.25 <sup>d</sup>	0.41 <sup>bc</sup>	0.37 <sup>e</sup>	4.66 <sup>c</sup>	0.67 <sup>bc</sup>	256.84 <sup>d</sup>	7.36 <sup>b</sup>	53.51 <sup>ac</sup>	26.01 <sup>n</sup>	31.28 <sup>ab</sup>	2.52 <sup>be</sup>	11.12 <sup>ab</sup>	3.16 <sup>cd</sup>	1.81 <sup>c</sup>	2.33 <sup>cd</sup>
Germany2	9.36 <sup>ab</sup>	15.76 <sup>ab</sup>	4.15 <sup>bc</sup>	0.57 <sup>cd</sup>	0.2 <sup>c</sup>	0.79 <sup>ae</sup>	3.57 <sup>c</sup>	0.59 <sup>c</sup>	364.98 <sup>bd</sup>	5.65 <sup>b</sup>	24.04 <sup>d</sup>	43.54 <sup>d</sup>	30.49 <sup>ab</sup>	4.08 <sup>ac</sup>	10.27 <sup>ab</sup>	6.03 <sup>a</sup>	2.07 <sup>c</sup>	1.66 <sup>d</sup>
Uzbekistan	11.03 <sup>a</sup>	18.58 <sup>a</sup>	2.41 <sup>bd</sup>	1.47 <sup>b</sup>	0.37 <sup>bc</sup>	1.53 <sup>ac</sup>	21.3 <sup>-a</sup>	1.95 <sup>a</sup>	925.97 <sup>a</sup>	26.14 <sup>a</sup>	63.53 <sup>ab</sup>	65.14 <sup>b</sup>	30.53 <sup>ab</sup>	4.45 <sup>ab</sup>	12.75 <sup>ab</sup>	3.79 <sup>bc</sup>	3.33 <sup>c</sup>	3.66 <sup>b</sup>
Zanjan	7.28 <sup>bd</sup>	12.26 <sup>bd</sup>	2.22 <sup>cd</sup>	0.41 <sup>cd</sup>	0.36 <sup>bc</sup>	0.74 <sup>be</sup>	3.43 <sup>c</sup>	0.63 <sup>c</sup>	425.81 <sup>bd</sup>	5.42 <sup>b</sup>	13.54 <sup>d</sup>	33.84 <sup>h</sup>	22.7 <sup>bc</sup>	2.16 <sup>ce</sup>	18.34 <sup>a</sup>	1.05 <sup>d</sup>	1.77 <sup>c</sup>	2.04 <sup>cd</sup>
Kashmar	7.69 <sup>bd</sup>	12.9 <sup>bd</sup>	2.39 <sup>bd</sup>	0.45 <sup>cd</sup>	0.37 <sup>bc</sup>	1.75 <sup>a</sup>	3.32 <sup>c</sup>	0.66 <sup>bc</sup>	405.53 <sup>bd</sup>	5.24 <sup>b</sup>	15.65 <sup>d</sup>	35.79 <sup>f</sup>	17.94 <sup>c</sup>	3.08 <sup>ae</sup>	11.68 <sup>ab</sup>	2.77 <sup>cd</sup>	1.75 <sup>c</sup>	1.75 <sup>cd</sup>
Kermanshah	7.42 <sup>bd</sup>	12.51 <sup>bd</sup>	2.49 <sup>bd</sup>	0.63 <sup>cd</sup>	0.45 <sup>bc</sup>	0.93 <sup>ae</sup>	3.13 <sup>c</sup>	0.67 <sup>bc</sup>	358.22 <sup>bd</sup>	4.95 <sup>b</sup>	30.2 <sup>bd</sup>	34.56 <sup>g</sup>	11.56 <sup>c</sup>	2.73 <sup>be</sup>	16.01 <sup>a</sup>	2.75 <sup>cd</sup>	1.96 <sup>c</sup>	1.82 <sup>cd</sup>
Tabriz	7.57 <sup>bd</sup>	12.75 <sup>bd</sup>	1.74 <sup>d</sup>	0.56 <sup>cd</sup>	0.43 <sup>bc</sup>	1.45 <sup>ad</sup>	3.97 <sup>c</sup>	0.6 <sup>c</sup>	506.92 <sup>bd</sup>	6.28 <sup>b</sup>	28.78 <sup>bd</sup>	45.25 <sup>c</sup>	22.86 <sup>bc</sup>	2.83 <sup>be</sup>	10.87 <sup>ab</sup>	3.9 <sup>bc</sup>	1.44 <sup>c</sup>	1.27 <sup>d</sup>
Ardabil	6.95 <sup>cd</sup>	13.46 <sup>bd</sup>	2.05 <sup>d</sup>	0.44 <sup>cd</sup>	0.99 <sup>a</sup>	1.01 <sup>ae</sup>	3.23 <sup>c</sup>	0.93 <sup>b</sup>	451.21 <sup>bd</sup>	5.1 <sup>b</sup>	38.98 <sup>ad</sup>	32.34 <sup>ij</sup>	25.69 <sup>bc</sup>	3.01 <sup>ae</sup>	1.43 <sup>b</sup>	3.91 <sup>bc</sup>	6 <sup>a</sup>	5.66 <sup>a</sup>
Mazandaran	6.83 <sup>cd</sup>	11.5 <sup>bd</sup>	2.38 <sup>bd</sup>	0.31 <sup>d</sup>	0.4 <sup>bc</sup>	1.57 <sup>ab</sup>	5.49 <sup>bc</sup>	0.73 <sup>bc</sup>	419.05 <sup>bd</sup>	8.68 <sup>b</sup>	30.01 <sup>bc</sup>	31.75 <sup>j</sup>	19.3 <sup>c</sup>	3.04 <sup>ae</sup>	9.52 <sup>ab</sup>	5.33 <sup>ab</sup>	1.66 <sup>c</sup>	2.33 <sup>cd</sup>
Kerman	7.57 <sup>bd</sup>	12.75 <sup>bd</sup>	2.9 <sup>bd</sup>	0.44 <sup>cd</sup>	0.54 <sup>b</sup>	1.13 <sup>ae</sup>	6.81 <sup>bc</sup>	0.51 <sup>c</sup>	416.99 <sup>bd</sup>	10.76 <sup>b</sup>	41.31 <sup>ad</sup>	35.22 <sup>f</sup>	25.13 <sup>bc</sup>	3.16 <sup>ae</sup>	13.98 <sup>ab</sup>	2.83 <sup>cd</sup>	1.4 <sup>c</sup>	1.64 <sup>d</sup>
Isfahan	6.42 <sup>cd</sup>	10.82 <sup>cd</sup>	2.48 <sup>bd</sup>	0.38 <sup>cd</sup>	0.56 <sup>b</sup>	1.3 <sup>ad</sup>	5.08 <sup>c</sup>	0.93 <sup>b</sup>	324.43 <sup>bd</sup>	8.02 <sup>b</sup>	37.07 <sup>ad</sup>	29.87 <sup>k</sup>	11.83 <sup>c</sup>	3.01 <sup>ae</sup>	10.41 <sup>ab</sup>	3.83 <sup>bc</sup>	5.33 <sup>a</sup>	5.07 <sup>a</sup>

Means within a column followed by the same letter are not significantly different ( $p < 0.05$ ).

مربوط به عملکرد تأکید داشته‌اند و به میزانی که ارتفاع و تعداد و اندازه‌ی برگ‌ها افزایش یابد، عملکرد گیاه بهتر خواهد بود (Gunasekar et al., 2018).

### ضرایب همبستگی بین صفات

نتایج بررسی ضریب همبستگی بین صفات مختلف در این پژوهش (جدول ۳) نشان داد که بیشترین ضریب همبستگی بین وزن تر اندام هوایی با وزن تر گل (۰/۹۷) می‌باشد و کمترین ضریب همبستگی بین تعداد شاخه با طول دم گل آذین (۰/۰۰۲) مشاهده شد. نتایج بررسی همبستگی نشان داد که تعداد میانگره با برخی از صفات رویشی و زایشی گیاه از جمله تعداد شاخه، وزن تر اندام هوایی، وزن تر گل، درصد اسانس، تعداد گل و وزن هزار دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد. هم‌چنین، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین تعداد شاخه با وزن تر اندام هوایی، تعداد و وزن تر گل، ارتفاع گیاه، سطح برگ، طول میانگره و وزن هزار دانه مشاهده شد. نسبت طول به عرض برگچه با صفت طول دم گل آذین و سطح برگ همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. بین وزن تر اندام هوایی با وزن تر گل، وزن هزار دانه، ارتفاع گیاه، سطح برگ، طول میانگره و فلاونوئید در طول موج ۲۷۰ نانومتر همبستگی مثبت و معنی‌دار مشاهده شد. صفت تعداد گل با طول میانگره و ارتفاع گیاه همبستگی مثبت و معنی‌دار داشتند. وزن هزار دانه در توده‌ها با صفاتی از جمله وزن تر گل، ارتفاع گیاه و طول میانگره و صفت وزن تر گل با ارتفاع گیاه، سطح برگ، طول میانگره و فلاونوئید در طول موج ۲۷۰ نانومتر همبستگی مثبت و معنی‌دار داشتند. صفت ارتفاع گیاه نیز با سطح برگ و طول میانگره همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت (جدول ۳).

### تجزیه‌ی خوشه‌ای صفات

با برش دندروگرام حاصل از روش Ward در فاصله ۵ واحد (شکل ۳) توده‌های مرز در چهار گروه مجزا قرار گرفتند. گروه اول دو زیرگروه داشت که زیرگروه اول شامل اکوتیپ‌های چک، آلمان، لهستان، ایتالیا، کرمانشاه و اصفهان بود و زیرگروه دوم شامل توده‌ی

نتایج به‌دست‌آمده نشان داد در بین توده‌های مختلف مرز که از لحاظ ریخت‌شناسی و چه از لحاظ فیتوشیمیایی، تنوع ژنتیکی زیادی وجود دارد. هم‌چنین بیشترین دامنه تغییرات مربوط به صفت وزن هزار دانه بود. بین اکوتیپ‌های مورد بررسی، در بیشتر صفات اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲). این نتایج در مورد تنوع ژنتیکی در توده‌های *S. hortensis* با نتایج به‌دست آمده توسط Hadian et al. (2010) در بررسی صفات ریخت‌شناسی و فیتوشیمیایی توده‌های ایرانی *S. hortensis* و هم‌چنین در مورد تنوع ژنتیکی در *S. bachtiarica* بر اساس صفات ریخت‌شناسی مطابقت داشت (Khadivi-Khub et al., 2015). نتایج پژوهش آن‌ها نشان‌دهنده‌ی تنوع زیاد برای صفت‌های مورد بررسی در توده‌های مختلف مرز بود. طبق پژوهش‌های گذشته، ویژگی‌های ریخت‌شناسی و فیتوشیمیایی گیاه به شرایط و عرض جغرافیایی منطقه‌ی کشت، نوع توده‌ی گیاهی، تاریخ کشت، میزان عناصر غذایی موجود در خاک و شرایط داشت بستگی دارد (Duran, 2019). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد میانگره، تعداد شاخه و وزن هزار دانه مربوط به توده‌ی ازبکستان بود. توده‌ی بلغارستان نیز بیشترین میزان تعداد گل و وزن تر گل را داشت. در پژوهشی Hadian et al. (2010) ۳۰ توده‌ی مرز از نقاط مختلف ایران را بررسی کردند و در بیشتر صفات ریخت‌شناسی از جمله ارتفاع گیاه، طول میانگره و سایر صفات رویشی توده‌های ایرانی مرز، توده‌ی تبریز را بهترین توده معرفی کردند. در پژوهش حاضر، صفات ریخت‌شناسی توده‌های ازبکستان و بلغارستان بهتر از توده‌ی تبریز بودند. افزایش ارتفاع و تعداد شاخه‌های گیاه به دلیل تشکیل برگ‌های بیشتر، باعث افزایش جذب نور خورشید می‌شود و از طریق افزایش تولید مواد فتوسنتزی، موجب محصول‌دهی بهتر می‌شود (Mosavi et al., 2014)، که می‌تواند دلیل برتری توده‌ی ازبکستان در تعدادی از صفات از جمله وزن هزار دانه شده باشد. در پژوهش‌های قبلی نیز بر رابطه‌ی ارتفاع گیاه و صفات



**Table 3. Correlation coefficients between morphological, phytochemical and essential oil traits of *S. hortensis* accessions**

Traits	Internode number	Shoot number	Length width of bract	Fresh weight of aerial part	Bract fresh weight	Flower number	Peduncle length	1000-seed weight	Flower fresh weight	Essential oil content	Flavonoid 270	Plant height	Leaf area	Internode length	Flower and leaf weight
Internode number	1														
Shoot number	0.87**	1													
Length width of bract	0.07	0.43	1												
Fresh weight of aerial part	0.71**	0.65**	0.13	1											
Bract fresh weight	0.2	0.07	0.19	0.12	1										
Flower number	0.48*	0.52*	0.08	0.4	0.03	1									
Peduncle length	0.16	0.005	0.52*	0.003	0.19	0.13	1								
1000-seed weight	0.7**	0.57**	0.26	0.74**	0.08	0.32	0.32	1							
Flower fresh weight	0.62**	0.56**	0.08	0.97**	0.11	0.29	0.02	0.73**	1						
Essential oil content	0.05	0.07	0.18	0.08	0.09	0.11	0.003	0.18	0.05	1					
Flavonoid 270	0.06	0.18	0.21	0.46*	0.03	0.06	0.14	0.4	0.5*	0.14	1				
Plant height	0.93**	0.85**	0.14	0.81**	0.13	0.60**	0.06	0.66**	0.7**	0.14	0.11	1			
Leaf area	0.43	0.59**	0.60**	0.56**	0.11	0.11	0.51*	0.26	0.49*	0.35	0.38	0.54*	1		
Internode length	0.88**	0.83**	0.23	0.62**	0.14	0.48*	0.09	0.57**	0.54*	0.13	0.27	0.83**	0.41	1	
Flower and leaf weight	0.05	0.006	0.15	0.13	0.33	0.2	0.16	0.01	0.17	0.22	0.38	0.04	0.3	0.05	1

\*\* and \* significant at 0.01 and 0.05 probability levels respectively.

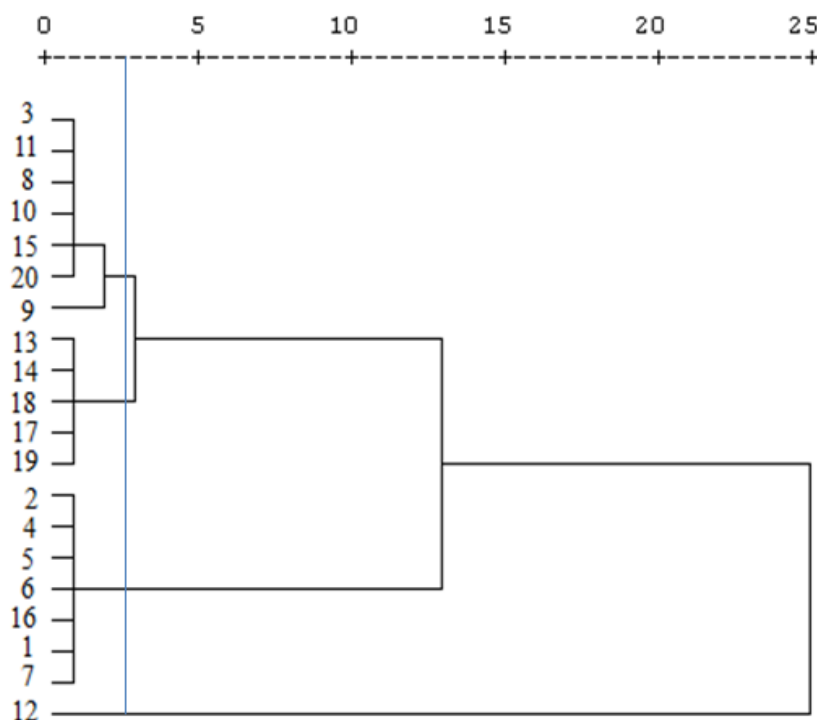


Figure 3. Dendrogram of cluster analysis for *S. hortensis* accessions

بودند. به‌طور کلی، وجود اختلاف معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها از نظر بسیاری از صفات ریخت‌شناسی، نشانگر وجود تنوع ژنتیکی می‌باشد که اثبات وجود این تنوع، اولین گام در به‌نژادی و استفاده مؤثر و بهینه از ژنوتیپ‌های مختلف است (Zargar et al., 2014). در پژوهشی ارزیابی تنوع صفات ریخت‌شناسی ۱۵ ژنوتیپ مختلف گیاه بادرشبویه با استفاده از تجزیه خوشه‌ای انجام شد. نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد بررسی در سه گروه مختلف قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های گروه اول از لحاظ عملکرد اسانس، وزن تر گیاه، وزن خشک گیاه، ارتفاع بوته نسبت به بقیه گروه‌ها برتری داشتند. پژوهشگران گزارش دادند که ژنوتیپ‌های مختلف بادرشبویه از مناطق مختلف در یک گروه قرار گرفته که بیانگر آن است که تنوع جغرافیایی از تنوع ژنتیکی تبعیت نمی‌کند که این می‌تواند به دلیل انتقال یا معاوضه مواد اصلاحی از یک منطقه به منطقه دیگر باشد (Salamati and Zeinali, 2011). در پژوهشی گزارش شد که درصد

رشت بود. این گروه از نظر برخی صفات نظیر فلاونوئید در هر دو طول موج و نسبت طول به عرض برگچه برتری نسبی نسبت به سایر گروه‌ها داشت. گروه دوم شامل توده‌های زنجان، کاشمر، مازندران، اردبیل و کرمان بود که در صفات طول دم گل آذین و وزن تر برگچه برتری داشتند. گروه سوم شامل آلمان، گرجستان، سوریه، مجارستان، تبریز، بلغارستان و کرج بود که در صفات وزن تر اندام هوایی، درصد اسانس، قطر طوقه، تعداد گل، ارتفاع گیاه، سطح برگ و وزن تر گل در سطح مطلوبی بودند. در گروه چهارم توده‌ی ازبکستان قرار داشت که از نظر بیشتر صفات مورد بررسی نظیر تعداد میانگه، تعداد شاخه، وزن هزار دانه و وزن تر گل نسبت به سایر گروه‌ها برتر بود. تجزیه‌ی خوشه‌ای گروه‌بندی اکوتیپ‌ها به منظور پی بردن به روابط خویشاوندی و فاصله ژنتیکی میان اکوتیپ‌ها انجام شد. در این پژوهش ۲۰ توده مرزه در چهار گروه قرار گرفتند و گروه سوم و چهارم از لحاظ ریخت‌شناسی و درصد اسانس، مطلوب

و بیشترین میزان  $\gamma$ -Terpinene و Borneol (به ترتیب ۷۶/۲۱ و ۰/۸۱ درصد) مربوط به توده‌ی بلغارستان بود (جدول ۴). اسانس توده‌ی ازبکستان شامل بالاترین سطح p-Cymene (۲۹/۳۲ درصد) بوده و بیشترین درصد Aromadendrene نیز در اسانس توده‌ی کرمانشاه مشاهده شد (۱/۳۸ درصد). در مقابل کمترین میزان Carvacrol و Aromadendrene به ترتیب در اسانس توده‌های اصفهان (۰/۱۶ درصد)، ایتالیا (۲/۸۴ درصد)، مجارستان (۴/۷۴ درصد)، کاشمر (۰/۰۳ درصد)، لهستان (۲/۸ درصد) و چک (۰/۰۱ درصد) مشاهده شد. توده‌ی کرج هم از لحاظ درصد اسانس و هم میزان Delta-3-carene و Carvacrol بالاترین میزان را نسبت به سایر توده‌ها داشت. این یافته‌ها با نتایج به دست آمده توسط Khavivi-Khub et al. (2014) مطابقت داشتند. عوامل ژنتیکی و محیطی در درصد اسانس گیاهان و ترکیبات تشکیل دهنده‌ی آن مؤثر هستند.

اسانس آویشن کوهی از آویشن باغی کمتر بوده و تجزیه خوشه‌ای نیز ژنوتیپ‌های مورد بررسی را در چهار گروه مجزا قرار داد (Kaveh et al., 2013). تجزیه خوشه‌ای ژرم پلاسماهای گیاه شوید ایرانی، ژرم پلاسماها را در چهار گروه متفاوت قرار داد. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد اگر چه ژرم پلاسماها از نظر جغرافیایی، مناطق رشد متفاوتی دارند ولی از نظر رفتار رشد، بعضی از آن‌ها در یک گروه مشترک قرار گرفتند. و با توجه به این شیوه تجزیه و تحلیل مشخص شد که ژرم پلاسماهایی نظیر ورامین، همدان و دزفول با بیشترین توزیع میزان کاروون در بافت‌های خود، به‌ویژه بذور در یک گروه مجزا قرار می‌گیرند (Fathalipour et al., 2014).

آنالیز ترکیبات اسانس، در مجموع ۳۵ ترکیب را شناسایی کرد و در بین آن‌ها Delta-3-carene، p-Cymene، Aromadendrene و Carvacrol، Borneol،  $\gamma$ -Terpinene از جمله ترکیبات مهم شناسایی شده بودند. نتایج به دست آمده نشان داد توده‌ی کرج بیشترین میزان Delta-3-carene (۱۴/۰۷ درصد) و Carvacrol (۲۸/۹۹ درصد) را داشت

**Table 4. Mean comparison of essential oil compounds in *S. hortensis* accessions**

Accession	Delta-3-carene	p-Cymene	$\gamma$ -Terpinene	Borneol	Carvacrol	Aromadendrene
Bulgaria	11.2 <sup>b</sup>	14.74 <sup>e</sup>	76.21 <sup>a</sup>	0.81 <sup>a</sup>	24.24 <sup>bc</sup>	0.29 <sup>de</sup>
Germany	-	12.13 <sup>fg</sup>	-	0.1 <sup>fh</sup>	12.71 <sup>eg</sup>	0.13 <sup>fg</sup>
Czech	5.44 <sup>e</sup>	16.44 <sup>d</sup>	30.32 <sup>e</sup>	-	-	0.01 <sup>g</sup>
Georgia	0.69 <sup>gh</sup>	11.84 <sup>fg</sup>	23.31 <sup>ef</sup>	0.09 <sup>fh</sup>	17.01 <sup>de</sup>	-
Syria	-	18.71 <sup>c</sup>	26.79 <sup>ef</sup>	0.11 <sup>fh</sup>	8.69 <sup>gh</sup>	0.12 <sup>fg</sup>
Hungary	1.63 <sup>g</sup>	8.08 <sup>h</sup>	4.74 <sup>h</sup>	0.17 <sup>ef</sup>	15.33 <sup>ef</sup>	0.1 <sup>fg</sup>
Karaj	14.07 <sup>a</sup>	6.28 <sup>i</sup>	59.22 <sup>bc</sup>	0.44 <sup>b</sup>	28.99 <sup>a</sup>	0.48 <sup>c</sup>
Poland	8.59 <sup>c</sup>	12.03 <sup>fg</sup>	31.11 <sup>e</sup>	0.05 <sup>gi</sup>	2.8 <sup>i</sup>	0.12 <sup>fg</sup>
Rasht	4.51 <sup>f</sup>	6.27 <sup>i</sup>	-	0.35 <sup>c</sup>	8.09 <sup>h</sup>	0.2 <sup>ef</sup>
Italy	13.4 <sup>a</sup>	2.84 <sup>k</sup>	19.72 <sup>fg</sup>	0.13 <sup>eg</sup>	15.84 <sup>ef</sup>	0.38 <sup>cd</sup>
Germany2	0.38 <sup>h</sup>	21.47 <sup>b</sup>	56.71 <sup>c</sup>	0.2 <sup>e</sup>	3.1 <sup>i</sup>	0.07 <sup>fg</sup>
Uzbekistan	0.37 <sup>h</sup>	29.32 <sup>a</sup>	23.38 <sup>ef</sup>	0.19 <sup>e</sup>	21.01 <sup>cd</sup>	0.03 <sup>g</sup>
Zanjan	0.72 <sup>gh</sup>	8.57 <sup>h</sup>	24.06 <sup>ef</sup>	-	-	-
Kashmar	0.35 <sup>h</sup>	13.8 <sup>e</sup>	18.73 <sup>fg</sup>	0.03 <sup>hi</sup>	-	0.02 <sup>g</sup>
Kermanshah	-	10.82 <sup>g</sup>	64.36 <sup>bc</sup>	0.27 <sup>d</sup>	11.44 <sup>fh</sup>	1.38 <sup>a</sup>
Tabriz	0.35 <sup>h</sup>	4.56 <sup>j</sup>	22.8 <sup>eg</sup>	0.05 <sup>gi</sup>	21.71 <sup>c</sup>	0.03 <sup>g</sup>
Ardabil	6.73 <sup>d</sup>	7.31 <sup>hi</sup>	46.96 <sup>d</sup>	0.14 <sup>ef</sup>	26.93 <sup>ab</sup>	1.33 <sup>a</sup>
Mazandaran	0.23 <sup>h</sup>	3.23 <sup>jk</sup>	13.89 <sup>g</sup>	-	-	-
Kerman	0.21 <sup>h</sup>	4.47 <sup>jk</sup>	65.97 <sup>b</sup>	0.79 <sup>a</sup>	15.48 <sup>ef</sup>	0.67 <sup>b</sup>
Isfahan	0.16 <sup>h</sup>	13.12 <sup>ef</sup>	30.7 <sup>e</sup>	0.1 <sup>fh</sup>	16.2 <sup>e</sup>	-

Means within a column followed by the same letter are not significantly different ( $p < 0.05$ ).

وزن تر گل را داشت. تجزیه‌ی خوشه‌ای نیز توده‌های مرزه را در چهار گروه مجزا قرار داد. میزان ترکیبات اسانس نیز در بین توده‌ها متفاوت بود و توده‌های کرج، بلغارستان، ازبکستان و کرمانشاه بیشترین میزان ترکیبات اسانس را داشتند، هم‌چنین تجزیه‌خوشه‌ای توده‌های مرزه را براساس ترکیبات اسانس در پنج گروه قرار داد. این نوع ژنتیکی بالا امکان سازگاری بیشتر گیاه مرزه به محیط‌های مختلف را فراهم می‌سازد و می‌تواند در مدیریت و حفاظت ژرم پلاسماهای مرزه مفید باشد.

### سپاس‌گزاری

نگارندگان از همکاری مؤسسه‌ی ژنتیک گیاهی و تحقیقات گیاهان زراعی آلمان و هم‌چنین گروه علوم باغبانی دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی کمال تشکر را دارند.

در پژوهشی که مورد تنوع آویشن انجام شد، Ghasemi et al. (2013) گزارش کردند که افزایش ارتفاع از سطح دریا و کاهش دما باعث افزایش درصد اسانس شده است. در پژوهش حاضر شرایط کشت توده‌ها یکسان بود به نظر می‌رسد تنوع مشاهده شده در میزان رشد و ترکیبات اسانس توده‌ها ناشی از عوامل ژنتیکی است.

### نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده در این پژوهش نشان داد که تنوع ژنتیکی بالایی در بین توده‌های ایرانی و خارجی مرزه وجود دارد. صفاتی از جمله تعداد میانگرمه، تعداد شاخه و وزن هزار دانه بیشترین میزان را در گیاهان حاصل از بذور توده‌ی ازبکستان داشتند هم‌چنین توده‌ی بلغارستان بیشترین میزان وزن تر اندام هوایی بوته‌ها، ارتفاع گیاه، سطح برگ، تعداد گل و

### References

- Bezic, N., Samanic, I., Dunkic, V., Besendorfer, V., & Puizina, J. (2009). Essential oil composition and internal transcribed spacer (ITS) sequence variability of four south-croatian *satureja* species (Lamiaceae). *Molecules*, 14(3), 925-938.
- Dajic-Stevanovic, Z., Sostaric, I., Marin, P. D., Stojanovic, D., & Ristic, M. (2008). Population variability in *Thymus glabrescens* Willd. from Serbia: Morphology, anatomy and essential oil composition. *Archives of Biological Science Belgrade*, 60(3), 475-483.
- Duran, A., & Geiger, J. (2019). *Environmental effects on plant morphology and growth*. Undergraduate Research at FIU Conference, Florida. <https://digitalcommons.fiu.edu/cgi/viewcontent.cgi>
- Eghlima, G., Hadian, J., & Motallebi Azar, A. R. (2018). A survey on diversity of morphological and biological production traits of *satureja rechingeri* jamzad clones in dezfool climate. *Plant Productions*, 40(4), 42-52. [In Farsi]
- Fathalipour, Z., Nabati-Ahmadi, D., RajabiMemari, H., Siahpoush, A., & Sedigi-Dehcordi, F. (2014). Investigation of genetic diversity by morphological characteristics and cluster analysis in *Anethum graveolens* germplasm. *Plant Productions*, 37(4), 57-67. [In Farsi]
- Figueredo, G., Chalchat, J. C., & Ozcan, M. M. (2012). Effect of harvest years on chemical composition of essential oil and of bitter fennel (*Foeniculum vulgare* subsp. *pi peritum*) Leaves. *Asian Journal of food Biochemistry*, 35(4), 2228-2230.
- Ghasemi, A., Hashemi, M., & Ghahfarokhi, F. T. (2013). Essential oil and chemical compositions of wild and cultivated *Thymus daenensis* Celak and *Thymus vulgaris* L. *Industrial Crops and Products*, 48, 43-48.

- Gunasekar, J., Reddy, K. S., Sindhu, G. P., Anand, S., Kalaiyarasi, G., Anbarasu, M., & Dharmaraj, K. (2018). Effect of leaf extracts and panchagavya foliar spray on plant characters, yield and resultant seed quality of blackgram [*Vigna mungo* (L.) Hepper] cv. CO 6. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(2), 3205-3214.
- Hadian, J., Ebrahimi, S. N., & Salehi, P. (2010). Variability of morphological and phytochemical characteristics among *Satureja hortensis* L. accessions of Iran. *Industrial Crops and Products*, 32(1), 62-69.
- Hadian, J., Mirjalili, M. H., Kanani, M. R., Salehnia, A., & Ganjipoor, P. (2011). Phytochemical and morphological characterization of *Satureja khuzistanica* Jamzad populations from Iran. *Chemical Biodiversity*, 8, 902-915.
- Karimi, E., Ghasemnejad, A., & Hadian, J. (2014). Evaluation of morphological diversity and essential oil yield of *Satureja mutica* Fisch. & C.A. Mey. populations growing wild in Iran. *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology*, 18(1), 7-16.
- Kaveh, Sh., Zeinali, H. L., Safaei, H., Madah A., & Aflakian, S. (2013). Comparison of morphological and phytochemical traits in different populations of *Thymus kotschyanus* Boiss. & Hohen. with *Thymus vulgaris* L. genotypes. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 29(1), 117-129. [In Farsi]
- Khadivi-khub, A., Salehi-Arjmand, H., & Hadian, J. (2014). Morphological and phytochemical variation of *Satureja bachtiarica* populations from Iran. *Industrial Crops and Products*, 54, 257-265.
- Khadivi-Khub, A., Salehi-Arjmand, H., Movahedi, K., & Hadian, J. (2015). Molecular and morphological variability of *Satureja bachtiarica* in Iran. *Plant Systematics and Evolution*, 301(1), 77-93.
- Kokkini, S. (1997). Taxonomy, diversity and distribution of origanum species. In Padulosi, S. (ed.), *Proceedings of the IPGRI international workshop on oregano, Italy* (pp. 2-12). Rome: International Plant Genetic Resources Institute.
- Krizek, D. T., Mirecki, R. M., & Britz, S. J. (1998). Inhibitory effects of ambient levels of solar UV-A and UV-B radiation on growth of cv. new red fire lettuce. *Journal of Plant Physiology*, 103, 1-7.
- Kumburovic, I., Selakovic, D., Juric, T., Jovicic, N., Mihailovic, V., Stankovic, J. K., & Rosic, G. (2019). Antioxidant effects of *Satureja hortensis* L. attenuate the antigenic effect of cisplatin in rats. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 5, 112-120.
- Mihajilov-Krstev, T., Radnovic, D., Kitic, D., Zlatkovic, B., Ristic, M., & Brankovic, S. (2009). Chemical composition and antimicrobial activity of *Satureja hortensis* L. essential oil. *Open Life Sciences*, 4(3), 411-416.
- Mosavi, S.H., Hasandokht, M., Chokan, R., Sepahvand, N.A., & khosroshahi, M. (2014). Genetic variation of Iranian Lettuce genotypes based on morphological traits. *Plant Breeding and Seed Science Journal*, 1(29), 103-119.
- Sajeev, S., Roy, A. R., Iangrai, B., Pattanayak, A., & Deka, B. C. (2011). Genetic diversity analysis in the traditional and improved ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) clones cultivated in North-East India. *Scientia Horticulturae*, 128(3), 182-188.
- Salamati, M. S., & Zeinali, H. (2011). Evaluation of genetic diversity of some *Nigella sativa* L. genotypes using agro-morphological characteristics. *Iranian Journal of medicinal and Aromatic Plants*, 29(1), 201-204. [In Farsi]
- Valizadeh, S., Fakheri, T., Mahmoudi, R., Katirae, F., & Gajarbeygi, P. (2014). Evaluation of antioxidant, antibacterial, and antifungal properties of *satureja hortensis* essential Oil. *Biotechnology and Health Sciences*, 1(3), 247-251.

- Ykowska, K. S. L., & Bocianowski, J. (2012). Evaluation of variability of morphological traits of selected caraway (*Carum carvi* L.) genotypes. *Industrial Crops and Products*, 35(1), 140-145.
- Zargar, S. M., Sharma, A., Sadhu, A., Agrawal, G. K., & Rakwal, R. (2014). Exploring genetic diversity in common bean from unexploited regions of Jammu & Kashmir-India. *Molecular Plant Breeding*, 5, 112-121.