

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijmapr.2021.342246.2742
 شناسه دیجیتال (DOR): 98.1000/1735-0905.1399.36.1005.104.6.1576.1610
 نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران
 جلد ۳۶، شماره ۶، صفحه ۱۰۲۱-۱۰۰۵ (۱۳۹۹)

بررسی تنوع ژنتیکی توده‌های مرزه تابستانی (*Satureja hortensis* L.) بر اساس صفات مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی

رقیه فتحی^۱، مهدی محب‌الدینی^{۲*} و اسماعیل چمنی^۲

۱- دانشجوی دکتری، 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
 پست الکترونیک: mohebodini@uma.ac.ir

۳- استاد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

تاریخ پذیرش: مهر ۱۳۹۹

تاریخ اصلاح نهایی: مهر ۱۳۹۹

تاریخ دریافت: اسفند ۱۳۹۸

چکیده

مرزه تابستانی (*Satureja hortensis* L.) گیاهی معطر از تیره نعنائیان بوده و با داشتن ترکیب‌هایی از جمله تیمول و کارواکرول به‌عنوان ترکیب‌های آنتی‌اکسیدان و آنتی‌میکروب، در صنایع غذایی و دارویی استفاده می‌شود. در این پژوهش تنوع صفات مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی در بین توده‌های ایرانی و خارجی مرزه که در شرایط مزرعه کشت شده بود، بررسی شد. بذر توده‌های مختلف در سال ۱۳۹۸ در شهر اردبیل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار کشت گردید. صفات مورد بررسی، تعداد میانگرمه، تعداد شاخه، تعداد روز تا جوانه‌زنی بذر، نسبت طول به عرض برگ، قطر طوقه، وزن خشک اندام هوایی، وزن تر برگ، تعداد گل در هر بوته، طول دم‌گل‌آذین، وزن هزاردانه، وزن خشک گل، تعداد روز تا رسیدن بذرها، محتوای کلروفیل a، b و کاروتنوئید و فلاونوئید بودند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که بیشترین تعداد میانگرمه (۱۰/۳۳)، تعداد شاخه (۲۴/۴۳) و وزن خشک گل (۳/۳۳ میلی‌گرم) در توده خوزستان بود. بیشترین میزان همبستگی بین وزن خشک اندام هوایی و وزن هزاردانه ($r=0/92$) مشاهده شد. تجزیه خوشه‌ای، توده‌های مورد بررسی را در چهار گروه طبقه‌بندی نمود. گروه اول شامل توده‌های آذربایجان غربی، قزوین، تهران، کردستان، لرستان، خراسان رضوی و ایتالیا، گروه دوم شامل توده‌های تاجیکستان، مجارستان، ارمنستان، رومانی، رومانی ۲، خوزستان، یونان، روسیه، گرجستان و خراسان شمالی بود. گیلان و یزد و همچنین ازبکستان به ترتیب در گروه سوم و چهارم قرار گرفتند. تجزیه به عامل‌ها نشان داد که ۷ عامل توانستند ۸۶/۵۹٪ از واریانس کل را توجیه کنند. براساس نتایج این تحقیق، توده‌های مختلف ایرانی و خارجی مرزه دارای تنوع ژنتیکی بالایی بوده و این تنوع می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی استفاده شود. در مجموع، توده‌های خوزستان، یونان و ازبکستان از نظر عملکرد توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تنوع، توده، صفات مورفولوژیکی، ویژگی‌های فیتوشیمیایی.

مقدمه

امروزه تقاضای روزافزونی برای داروهای با منشأ گیاهی به علت فواید زیستی، بی‌خطر بودن و هزینه کمتر تولید وجود دارد و تحقیقات زیادی در مورد گیاهان دارویی و ایجاد ارقام جدید با استفاده از گیاهان والد برتر در حال انجام است (Mulat et al., 2019). بررسی تنوع و گزینش دو گام مهم در برنامه‌های اصلاحی بوده و بررسی ذخایر ژرم‌پلاسمی برای بهره‌برداری از تنوع موجود ضروریست (Crossa et al., 2017).

مرزه تابستانه (*Satureja hortensis* L.) از جمله گیاهان دارویی با ارزش است که متعلق به خانواده نعناعیان و زیرخانواده نپتوئیده بوده و یک‌ساله یا چندساله می‌باشد. این گیاه بومی جنوب اروپا، آناتولی، قفقاز، عراق و ایران بوده و امروزه در اغلب مناطق دنیا کشت می‌شود (Novak et al., 2006). مرزه تابستانه به علت داشتن ترکیب‌های ارزشمندی مانند کارواکرول و تیمول، کاربرد زیادی داشته و در صنعت داروسازی استفاده می‌شود (Hadian et al., 2008). در بین ترکیب‌های موجود در این گیاه، کارواکرول بیشترین سهم را به خود اختصاص داده است؛ به طوری که ۴۰-۶۰ درصد ترکیب‌ها را شامل می‌شود (Mihajilov-Krstev et al., 2009). پس از کارواکرول، به ترتیب تیمول، ژرانیول، کاریوفیلین، گاما-ترپینن و سیمن بیشترین میزان را دارند. مواد معدنی و ویتامین‌ها و ترکیب‌های ناشناخته فنولی نیز به میزان کمتر وجود دارد. کارواکرول اثر ضد میکروبی خود را از طریق اثرگذاری بر غشاء سلول باکتریایی انجام می‌دهد. به عبارت دیگر کارواکرول از طریق تغییر در نفوذپذیری کانال‌های پتاسیم و هیدروژن منجر به تغییر در شیب یونی در دیواره سلول، اختلال و توقف عملکردهای اساسی سلول و مرگ می‌شود. تیمول و کارواکرول دارای اثر هم‌افزایی هستند (Didry et al., 1994). همچنین اثر هم‌افزایی بین کارواکرول و سیمن وجود دارد. برخی پژوهش‌ها اثر ضد میکروبی سیمن را نیز به اثبات رسانده‌اند (Brenes & Roura, 2010).

مرزه تابستانه ارتفاعی به طول ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر و

برگ‌های باریک و نوک تیز به رنگ سبز مایل به خاکستری و پوشیده از کرک‌های کوتاه و غده‌های ترش‌حی دارد. گل‌آذین آن به صورت سنبله و گل‌ها به رنگ سفید، صورتی یا بنفش می‌باشد. بذر این گیاه دیر جوانه‌زده و گیاهیچه در مراحل اولیه رشد، به‌کندی رشد می‌کند و در اواخر تابستان گل می‌دهد (Jamzad, 2009). مرزه تابستانه در نواحی مختلف ایران به‌ویژه شمال‌غرب و غرب رشد می‌کند (Hajhashemi et al., 2000).

تاکنون مطالعات زیادی در مورد اثرهای دارویی مرزه انجام شده و نتایج با ارزشی ارائه شده است (Movahedi et al., 2019; Hadian et al., 2010a,b; Saeedinia et al., 2019). از جمله داروهایی که با استفاده از این گیاه ساخته شده می‌توان به سارتوکس، دنتول و ارتودنتول اشاره کرد. مطالعه تنوع گیاهان دارویی از نظر صفات مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی، امکان انتخاب از بین گیاهان مطلوب و استفاده به‌عنوان والدین و تولید نتاج برتر را که دارای عملکرد مطلوبی هستند فراهم می‌نماید (Hadian et al., 2010a,b). در واقع تنوع صفات مختلف گیاه، علاوه بر اینکه در حفظ ژرم‌پلاسم‌ها نقش مهمی دارد، انتخاب توده‌های با عملکرد بهتر را تسهیل می‌نماید (Naghavi et al., 2010). در پژوهشی که ۳۰ توده ایرانی گونه *S. hortensis* از نظر صفات مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی مورد بررسی قرار گرفت، توده‌های یاسوج، مراغه و اصفهان بیشترین عملکرد را داشتند. میزان اسانس نیز در توده اصفهان بیشترین مقدار بود (Hadian et al., 2010b). همچنین در پژوهشی Hadian و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی جمعیت‌های مرزه خوزستانی (*S. khuzistanica*) گزارش کردند که توده‌های آبادان و کاور بیشترین میزان عملکرد را نشان دادند. در پژوهشی جمعیت‌های مختلف مرزه جنگلی (*S. mutica*) بررسی شد و پژوهشگران گزارش کردند که در بیشتر صفات تفاوت معنی‌داری وجود داشت. پنج مؤلفه اول حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، ۵۵٪ واریانس را توجیه کرد، همچنین تجزیه خوشه‌ای، جمعیت‌ها را در سه گروه مجزا از هم قرار داد (Karimi et al., 2014). نتایج بررسی تنوع

هر ردیف ۱۰ سانتی متر بود. کنترل علف‌های هرز به روش دستی بوده و آبیاری کرت‌ها به روش نشتی انجام شد. توده‌های خارجی مرزه (ارمنستان، یونان، ایتالیا، رومانی، ازبکستان، تاجیکستان، مجارستان، رومانی ۲، گرجستان و روسیه) از مؤسسه ژنتیک گیاهی و تحقیقات گیاهان زراعی (Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research) آلمان تهیه شد و ۱۰ توده ایرانی نیز از مناطق مختلف کشور (گیلان، یزد، آذربایجان غربی، لرستان، قزوین، خراسان رضوی، خراسان شمالی، کردستان، خوزستان و تهران) جمع‌آوری شد (از مزارع استان‌ها تهیه شدند) (جدول ۱).

چندین صفت مهم مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی در اواخر مرداد در مرحله ۵۰٪ گلدهی اندازه‌گیری شدند. صفات شامل: تعداد میان‌گره در هر شاخه، تعداد شاخه در هر بوته، تعداد روز تا جوانه‌زنی، نسبت طول به عرض برگ، قطر طوقه به سانتی‌متر، وزن خشک اندام هوایی به گرم، وزن تر برگ به گرم، تعداد گل در هر بوته، طول دم‌گل‌آذین به سانتی‌متر، وزن هزاردانه به میلی‌گرم، وزن خشک گل به میلی‌گرم، تعداد روز تا رسیدن بذرها، محتوای کلروفیل a، b و کاروتنوئید و فلاونوئید در سه طول موج ۲۷۰، ۳۰۰ و ۳۳۰ به میلی‌گرم در ۰/۲ گرم از بافت تر گیاه بود (Eghlima et al., 2018) (جدول ۲). نسبت طول به عرض برگ، طول دم‌گل‌آذین با استفاده از خط‌کش، قطر طوقه با استفاده از کولیس، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک برگ، وزن هزاردانه، وزن خشک گل (وزن تک گل) با ترازوی حساس و محتوای کلروفیل a، b، کاروتنوئید و فلاونوئید با استفاده از اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS ver. 16 انجام شد.

تجزیه واریانس داده‌ها انجام شد و برای مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام شد. همبستگی بین صفات با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون و تجزیه عاملی با استفاده از چرخش داده‌ها و روش Varimax انجام گردید. تجزیه خوشه‌ای و طبقه‌بندی توده‌ها نیز با استفاده از روش ward براساس مربع فاصله اقلیدسی

صفات مورفولوژیکی در بین توده‌های مرزه بختیاری، تنوع قابل ملاحظه‌ای را در بین توده‌ها نشان داد و بیشترین میزان همبستگی بین اندازه برگ، تعداد، اندازه گل و گل‌آذین بود (Khadivi-khub et al., 2013).

در اصلاح گیاهان دارویی یکی از محدودیت‌های مهم در بدست آوردن عملکرد بهینه و سازگاری با شرایط محیطی، کمبود تنوع ژنتیکی است (Bird et al., 2020). با وجود اینکه مرزه یکی از گیاهان دارویی مهم در درمان بیماری‌ها و صنایع غذایی و آرایشی محسوب می‌شود و در نقاط مختلف جهان پراکنش دارد اما تاکنون تحقیقات محدودی در مورد بررسی تنوع ژنتیکی توده‌های کشورهای مختلف انجام شده است. بنابراین ضروری به نظر می‌رسد که بررسی دقیق توده‌های بومی کشورهای مختلف برای برنامه‌ریزی تحقیقات به‌نژادی و به‌زراعی بعدی انجام شود. این تحقیق با هدف شناسایی توده‌های مرزه تابستانه از دیدگاه ایران و جهان و تعیین میزان قرابت آنها با استفاده از صفات مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی انجام شده است تا به‌نژادگران از آنها برای اهداف بعدی اصلاحی استفاده کنند.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، ۲۰ توده مرزه تابستانه در ۲۴ فروردین سال ۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه محقق اردبیلی (واقع در استان اردبیل) کشت شد. مختصات جغرافیایی محل کشت 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 دمای سالانه ۱۷/۵ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارندگی سالانه ۲۹۶ میلی‌متر اجرا گردید. بافت خاک لومی و pH آن ۶/۸۵ بود. بذرها پس انجام آزمون جوانه‌زنی (براساس تعداد بذر جوانه زده در بین ۱۰۰ عدد بذر خیس شده در پتری‌دیش) در مزرعه کشت شدند. کشت بذرها در کرت‌هایی به طول و عرض یک متر و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار کشت گردید. فاصله ردیف‌های کشت، ۲۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها در

انجام شد.

از جداسازی فاز مایع از قسمت رسوب، قسمت مایع برای اندازه‌گیری شاخص‌ها استفاده شد. میزان جذب با دستگاه اسپکتروفوتومتر (Agilent) در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر قرائت شد و با استفاده از روابط زیر میزان کلروفیل a، b و کارتنوئید محاسبه گردید که در این رابطه، V حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ)، A_{۴۷۰}، A_{۶۶۳}، A_{۶۴۵} = جذب نور در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ و A_{۴۷۰} و همچنین W وزن تر نمونه بر حسب گرم بود.

اندازه‌گیری کلروفیل a، b و کارتنوئید

به‌منظور اندازه‌گیری مقدار کلروفیل a، b و کارتنوئید از روش Arnon (۱۹۶۷) استفاده شد. ابتدا ۰/۲ گرم از برگ تازه گیاه در هاون چینی به همراه ۳ میلی‌لیتر استون ۸۰٪ کاملاً ساییده شد. آنگاه محلول حاصل در داخل میکروتیوپ ریخته شد و به مدت ۱۰ دقیقه در دستگاه سانتریفیوژ (Sigma) با سرعت ۴۶۰۰ دور در دقیقه قرار داده شد. پس

$$\text{Chlorophyll a} = (19.3 \times A_{663} - 0.86 \times A_{645}) V/100W$$

$$\text{Chlorophyll b} = (19.3 \times A_{645} - 3.6 \times A_{663}) V/100W$$

$$\text{Carotenoides} = 100(A_{470}) - 3.27(\text{mg chl. a}) - 104(\text{mg chl. b})/227$$

به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. شدت جذب با دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج‌های ۲۷۰، ۳۰۰ و ۳۳۰ نانومتر بررسی شد و از فرمول ضریب خاموشی برای تعیین میزان فلاونوئید استفاده گردید.

اندازه‌گیری فلاونوئید

برای اندازه‌گیری میزان فلاونوئید از روش Krizek و همکاران (۱۹۹۸) استفاده شد. ابتدا ۰/۲ گرم برگ تازه در هاون به همراه ۳ میلی‌لیتر اتانول اسیدی ساییده شد. سپس محلول حاصل از کاغذ صافی با مش ۴۱ عبور داده شد و

جدول ۱- توده‌های مختلف گیاه مرزده تابستانه (*S. hortensis*)

توده	خارجی	توده	ایرانی
۱	ارمنستان	۱۱	رشت
۲	یونان	۱۲	یزد
۳	ایتالیا	۱۳	ارومیه
۴	رومانی	۱۴	لرستان
۵	ازبکستان	۱۵	قزوین
۶	تاجیکستان	۱۶	نیشابور
۷	مجارستان	۱۷	بجنورد
۸	رومانی ۲	۱۸	سندج
۹	گرجستان	۱۹	تهران
۱۰	روسیه	۲۰	اهواز

جدول ۲- صفات مورد بررسی در توده‌های مرزه تابستانه

واحد Unit	مخفف	Traits	صفات
-	IN	Internode number	تعداد میان‌گره
-	SHN	Shoot number	تعداد شاخه
روز	DG	Number of days to germination	تعداد روز تا جوانه‌زنی
-	LLW	Length,width of leaf	طول به عرض برگ
سانتی‌متر	CD	Collar diameter	قطر طوقه
گرم	ADW	Dry weight of aerial part	وزن خشک اندام هوایی
گرم	BDW	Leaf dry weight	وزن خشک برگ
-	FN	Flower number	تعداد گل در گیاه
سانتی‌متر	ITL	Interflorencence length	طول دم گل‌آذین
گرم	SW	1000-seed weight	وزن هزاردانه
گرم	FDW	Flower dry weight	وزن خشک گل
روز	DSR	Day to seed ripening	تعداد روز تا رسیدن بذر
میلی‌گرم بر گرم وزن تر	Ch a	Chlorophyll a	کلروفیل a
میلی‌گرم بر گرم وزن تر	Ch b	Chlorophyll b	کلروفیل b
میلی‌گرم بر گرم وزن تر	Car	Carotenoid	کاروتنوئید
میلی‌گرم بر گرم وزن تر	Fla270	Flavonoid 270	فلاونوئید ۲۷۰
میلی‌گرم بر گرم وزن تر	Fla300	Flavonoid 300	فلاونوئید ۳۰۰
میلی‌گرم بر گرم وزن تر	Fla330	Flavonoid 330	فلاونوئید ۳۳۰

نتایج

بررسی صفات مورفولوژیکی توده‌های مرزه

نتایج آزمون جوانه‌زنی نشان داد که بذر توده‌های مختلف از قوه نامیه مطلوبی (حداقل ۸۰٪ جوانه‌زنی) برخوردارند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها براساس صفات مورفولوژیک نشان داد که بین توده‌های مرزه مورد مطالعه، در صفات تعداد میانگره در هر شاخه، تعداد شاخه در هر بوته، نسبت طول به عرض برگ و وزن خشک گل اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ و در صفات تعداد روز تا جوانه‌زنی، قطر طوقه، وزن خشک

اندام هوایی، وزن خشک برگ، تعداد گل در هر بوته، طول دم گل‌آذین، وزن هزاردانه و تعداد روز تا رسیدن بذرها اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت (جدول ۳) که نشان‌دهنده وجود تنوع گسترده براساس صفات مورد مطالعه در بین توده‌های این گونه می‌باشد. ضریب تغییرات نیز بین ۹/۱۸ (وزن خشک اندام هوایی) تا ۲۸/۲۴ (نسبت طول به عرض برگ) متغیر بود. براساس مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده (جدول ۴) مشاهده شد که بیشترین تعداد میان‌گره (۱۰/۳۳)، تعداد شاخه (۲۴/۴۳)، قطر طوقه (۱ سانتی‌متر) و وزن

a, b و کاروتنوئید (به ترتیب ۲۹/۹۶، ۲۱/۰۷ و ۱۰/۹۵) و فلاونوئید در طول موج‌های ۲۷۰، ۳۰۰ و ۳۳۰ نانومتر (۶۶/۳۹، ۸۰/۳۵ و ۹۱/۲۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) متعلق به توده یونان بود و با برخی از توده‌ها نیز از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نداشت. توده ارمنستان کمترین میزان کلروفیل a و b و توده مجارستان کمترین فلاونوئید را در تمام طول موج‌ها داشت (جدول ۶).

ضرایب همبستگی بین صفات

نتایج بررسی ضرایب همبستگی صفات مورد مطالعه نشان داد که بیشترین ضریب همبستگی بین وزن خشک اندام هوایی و وزن هزاردانه ($r=0/92$) بود و کمترین ضریب همبستگی بین تعداد شاخه با تعداد روز تا جوانه‌زنی بذرها ($r=0/02$) مشاهده شد. نتایج بررسی همبستگی نشان داد که تعداد میان‌گره با برخی از صفات رویشی و زایشی گیاه از جمله تعداد شاخه ($r=0/53$)، قطر طوقه ($r=0/73$)، وزن خشک گل ($r=0/74$) و تعداد روز تا رسیدن بذرها ($r=0/54$) همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. همچنین همبستگی مثبت و معنی‌داری بین تعداد شاخه با تعداد گل در گیاه ($r=0/48$) مشاهده شد. صفت تعداد روز تا جوانه‌زنی با هیچ یک از صفات همبستگی معنی‌داری نداشت. صفت وزن خشک اندام هوایی با صفت وزن هزاردانه ($r=0/92$) و صفت طول دم‌گل‌آذین با وزن خشک گل ($r=0/51$) همبستگی مثبت و معنی‌دار داشتند. کلروفیل a با کلروفیل b و کاروتنوئید همبستگی مثبت داشت. (جدول ۷).

خشک گل (۳/۳۳ میلی‌گرم) در توده خوزستان دیده شد. بیشترین تعداد گل (۱۲۱/۳۹ عدد) نسبت طول به عرض برگ (۷/۳۲) متعلق به توده یونان بود. توده ازبکستان بیشترین میزان وزن خشک اندام هوایی (۲/۲۲ گرم) بوته‌ها و توده یزد بیشترین میزان طول دم‌گل‌آذین (۱/۶ سانتی‌متر) را داشت. توده کردستان زودترین جوانه‌زنی (۳/۹۸ روز) و توده خراسان شمالی بیشترین وزن خشک برگ (۰/۱۵ گرم) را داشتند. توده ایتالیا زودتر از تمام توده‌ها به مرحله رسیدگی بذرها رسید (۷۹/۵۳ روز). در مقابل، کمترین تعداد میان‌گره (۶/۶۳) و قطر طوقه (۰/۲۸ سانتی‌متر) در توده لرستان و کمترین وزن خشک برگ (۰/۰۲ گرم) در توده‌های ارمنستان و یونان مشاهده شد. همچنین توده ازبکستان کمترین نسبت طول به عرض برگ (۲/۱۷) را نشان داد.

بررسی صفات فیتوشیمیایی توده‌های مرزه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها براساس صفات فیتوشیمیایی نشان داد که بین توده‌های مرزه تابستانه از نظر میزان کلروفیل a و b، کاروتنوئید و فلاونوئید در طول موج ۲۷۰ نانومتر اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ وجود داشت و در صفات فلاونوئید در طول موج ۳۳۰ و ۳۰۰ نانومتر اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت (جدول ۵). بیشترین و کمترین ضریب تغییرات به ترتیب مربوط به کلروفیل a (۲۸/۱۶) و فلاونوئید در طول موج ۲۷۰ نانومتر (۸/۲۱) بود. طبق نتایج مقایسه میانگین بیشترین میزان کلروفیل

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی در توده‌های مرزه (*S. hortensis*)

میانگین مربعات												درجه آزادی	منابع تغییرات
DSR (day)	FDW (mg)	SW (mg)	ITL (cm)	FN	BDW (g)	ADW (g)	CD (cm)	LLW	DG (day)	SHN	IN		
۱۰۲۰۰/۴**	۰/۴ ns	۶۳۹۱۲/۹۴ns	۰/۰۰۲*	۲۶۶/۴۷ns	۰/۰۰۷**	۰/۳۷**	۰/۱۹*	۰/۳۱ ns	۲/۷۳**	۱/۰۱ ns	۵/۸۳**	۲	بلوک
۴۲۰۷/۸۷**	۰/۶۹*	۹۹۰۳۸/۵**	۰/۲۴**	۱۸۶۷/۳۸**	۰/۰۰۴**	۰/۵۴**	۰/۱**	۵/۳۹*	۱/۱**	۵۰/۴۵*	۲/۱۳*	۱۹	توده
۱۶۱۸/۲۵	۰/۳۵	۲۲۲۸۱/۵۷	۰/۰۸	۵۸۶/۲۶	۰/۰۰۰۰۷	۰/۰۱	۰/۰۴	۲/۸	۰/۲۶	۲۶/۳۹	۱/۰۲	۳۸	خطا
۲۳/۶۲	۲۷/۶۴	۱۶/۱۳	۲۳/۵۲	۲۱/۵۳	۱۲/۹۵	۹/۱۸	۱۵/۲۵	۲۸/۲۴	۱۰/۹۱	۲۱/۱۲	۱۲/۴۳		CV%

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

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیکی در توده‌های گیاه مرزه (*S. hortensis*)

DSR	FDW	SW	ITL	FN	BDW	ADW	CD	LLW	DG	SHN	IN	توده
۱۷۱/۶۱ab	۱/۹۶bcd	۲۸۲/۷۹d	۰/۵۲bcd	۸۹/۵a-d	۰/۰۲i	۰/۴۱fgh	۰/۴۱cd	۴/۹۱bc	۵/۲۴b	۹/۹۶bc	۷/۲۴bcd	ارمنستان
۱۶۴/۵۲abc	۲/۲۶a-d	۴۲۵/۰۹cd	۰/۶۷bcd	۱۲۱/۳۹a	۰/۰۲i	۰/۳۹ghi	۰/۴۶cd	۷/۳۲a	۴/۱۳ bc	۹/۸۶bc	۸/۲۲bcd	یونان
۷۹/۵۳cde	۱/۷۹cd	۳۲۵/۰۳cd	۰/۵۲bcd	۹۵/۵۴a-d	۰/۰۳ghi	۰/۱۲i	۰/۴۴cd	۴/۶۳bc	۴/۳۹bc	۹/۳۹bc	۷/۵۴bcd	ایتالیا
۱۴۷/۸۹abc	۱/۹۲bcd	۳۷۹/۹۲cd	۰/۵۴bcd	۶۰/۸۲b-g	۰/۰۵e-h	۰/۵۳c-g	۰/۵۲bcd	۶/۱۹bc	۴/۷۱bc	۱۴/۷۲bc	۷/۴۵bcd	رومانی
۱۵۲/۵۷abc	۱/۹۱bcd	۱۰۲۷/۶۳a	۰/۴۲cd	۹۱/۲۴a-d	۰/۰۲hi	۲/۲۲a	۰/۷۲abc	۲/۱۷c	۵/۲۹b	۹/۸۱bc	۷/۸۶bcd	ازبکستان
۱۶۶/۸۳abc	۲/۴۴abc	۴۵۲/۰۳cd	۰/۵۴bcd	۶۰/۲c-g	۰/۰۵e-i	۰/۹۶b	۰/۶۴a-d	۳/۱۳bc	۴/۶۲bc	۸/۳۳c	۸/۱۳bcd	تاجیکستان
۱۹۳/۱۴ab	۲/۱۵bcd	۴۱۵/۰۲cd	۰/۳۸d	۱۰۴/۷۵ab	۰/۰۸c-f	۰/۵۱d-g	۰/۵۸a-d	۴/۳bc	۴/۱۴bc	۱۰/۹۵bc	۸/۰۲bcd	مجارستان
۲۰۵ab	۱/۹bcd	۳۳۳/۶۲cd	۰/۵۷bcd	۹۷/۹۳abc	۰/۰۹cde	۱/۰۴b	۰/۷۷abc	۳/۰۱bc	۴/۳۶bc	۱۱/۸۰bc	۸/۱bcd	رومانی ۲

ادامه جدول ۴- ...

DSR	FDW	SW	ITL	FN	BDW	ADW	CD	LLW	DG	SHN	IN	توده
۲۰۵/۰۵ab	۲/۲۳a-d	۴۲۰/۵۵cd	۰/۶۷bcd	۸۴/۴۹a-f	۰/۰۶e-h	۰/۷۷b-e	۰/۸۷abc	۴/۳۵bc	۴/۳۲bc	۹/۹۳bc	۸/۴۵a-d	گرجستان
۱۳۱/۱۸abc	۲/۳۶a-d	۴۱۱/۴۲cd	۰/۴۵cd	۷۷/۶۱a-f	۰/۰۷c-g	۰/۷۶b-e	۰/۶۵a-d	۴/۳۸abc	۶/۶۵a	۱۵/۴۱abc	۸/۶۷a-d	روسیه
۱۳۸/۱۲abc	۱/۹۳bcd	۷۹۹/۰۷ab	۱/۰۴b	۸۴/۴۸a-f	۰/۰۷d-g	۰/۴۶efg	۰/۵۴bcd	۵/۵۲ab	۴/۷۶bc	۱۹/۲۳ab	۸/۶۳a-d	گیلان
۱۶۲/۱۹abc	۲/۸۲abc	۶۱۲/۹۲bc	۱/۶a	۴۸/۹۳d-g	۰/۱۳ab	۰/۶c-g	۰/۳۹cd	۶/۰۹bc	۵/۱۹b	۱۰/۹۲bc	۸/۰۵۶bcd	یزد
۱۴۱/۳۶e	۱/۲۶d	۲۹۸/۹۶d	۰/۷۱bcd	۷۷/۶۴a-f	۰/۱bcd	۰/۲۸hi	۰/۵۱bcd	۳/۷۶bc	۴/۳۳bc	۹/۱۶c	۶/۸۶cd	آذربایجان غربی
۱۴۵/۶abc	۱/۷۳cd	۳۲۹/۵۲cd	۰/۵۲bcd	۴۰/۵۴fg	۰/۰۶e-h	۰/۵۲d-g	۰/۲۸d	۳/۳۶bc	۴/۲۶bc	۹/۳۳bc	۶/۶۳d	لرستان
۱۳۸/۲۵abc	۲/۰۴bcd	۲۶۴/۷۴d	۰/۴۸cd	۸۷/۸۶a-e	۰/۱۱bc	۰/۸۶bc	۰/۵۸a-d	۴/۵۵bc	۴/۳۱bc	۱۲/۵۴bc	۷/۴۶bcd	قزوین
۲۲۶/۴۲a	۲/۰۶bcd	۳۸۷/۹۵cd	۰/۴۶cd	۶۴/۱۳b-g	۰/۱bcd	۰/۷۲b-f	۰/۵۶bcd	۳/۸۲bc	۴/۶۳bc	۱۳/۸۶bc	۸/۶۵a-d	خراسان رضوی
۲۰۰/۲۱ab	۱/۷۳cd	۴۶۷/۱۷cd	۰/۴۸cd	۵۷/۴۲c-g	۰/۱۵a	۰/۸۱bcd	۰/۴۸cd	۳/۱bc	۴/۴۹bc	۱۷/۹۳abc	۸/۱۸bcd	خراسان شمالی
۲۲۱/۷۹a	۱/۹۸bcd	۳۹۶/۱cd	۰/۵۳bc	۲۰/۲۳g	۰/۰۴f-i	۰/۸bcd	۰/۶۳a-d	۵/۷۹ab	۳/۹۸c	۱۵/۴۰abc	۹/۰۷abc	کردستان
۲۱۲/۱۶ab	۳/۰۶ab	۴۳۹/۷cd	۰/۷۳bcd	۴۲/۸efg	۰/۰۶e-h	۰/۹۵b	۰/۹۳ab	۴/۷۶bc	۴/۶۸bc	۱۳/۴۶bc	۹/۰۹ab	تهران
۲۰۲/۱۹ab	۳/۳۳a	۴۶۷/۶۷cd	۰/۹۸bc	۵۷/۴۵c-g	۰/۱bcd	۰/۷۷b-e	۱a	۳/۴۹bc	۵/۰۲bc	۲۴/۴۳a	۱۰/۳۳ a	خوزستان

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی دار ($P < 0.05$) نمی باشند.

جدول ۵- تجزیه واریانس صفات فیتوشیمیایی در توده‌های مرزه (*S. hortensis*)

میانگین مربعات						درجه	منابع
Fla330	Fla300	Fla270	Car	Ch b	Ch a	آزادی	تغییرات
۲۳۸۵/۲۶ns	۱۱۳۰/۱۲ns	۱۰۰۸/۴۳*	۰/۹۵ns	۲۵/۶۷ns	۲/۶۲ns	۲	بلوک
۱۴۳۳/۸۲**	۸۲۲/۴۶**	۶۴۷/۱۶*	۱۵/۵۱*	۴۳/۴۹*	۷۷/۷۲*	۱۹	توده
۷۵۳/۹۱	۴۱۴/۰۳	۳۰۰/۷۳	۷/۲۶	۲۰/۵۳	۳۷/۶۷	۳۸	خطا
۱۶/۴۴	۲۵/۱۵	۸/۲۱	۱۵/۸۵	۱۸/۵۴	۲۸/۱۶		CV%

ns، * و **؛ به ترتیب غیر معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات فیتوشیمیایی در توده‌های گیاه مرزه (*S. hortensis*)

Fla330	Fla300	Fla270	Car	Ch b	Ch a	توده
۶۱/۹۱abc	۵۳/۵۸abc	۵۳/۴۸ab	۷/۱۸a-e	۴/۳۲d	۶/۰۱d	ارمنستان
۹۱/۲۹a	۸۰/۳۵a	۶۶/۳۹a	۱۰/۹۵a	۲۱/۰۷a	۲۹/۹۶a	یونان
۲۵/۶۳bc	۲۵/۶۵bc	۳۰/۳a-d	۸/۸۵ab	۹/۶۵bcd	۲۰/۳۴abc	ایتالیا
۳۴/۶۲abc	۳۴/۸۶bc	۳۲/۵۲a-d	۹/۴۶ab	۱۰/۸۱bcd	۱۹/۹۲abc	رومانی
۴۶/۰۳abc	۳۶/۴۶bc	۳۸/۰۴a-d	۸/۵۴abc	۵/۷۴cd	۲۵/۹۲ab	ازبکستان
۴۰/۴۳abc	۲۹/۸۸bc	۲۹/۲۲bcd	۸/۱۹a-d	۱۰/۱۳bcd	۱۹/۷۴abc	تاجیکستان
۱۴/۵۲c	۱۳/۶۶c	۱۳/۷۵d	۷/۳۶a-e	۱۵/۰۶ab	۱۶/۶۸bcd	مجارستان
۵۳/۸۲abc	۴۵/۱۶abc	۳۵/۴۳a-d	۸/۳۶a-d	۱۳/۳۶abc	۲۰/۲۷abc	رومانی ۲
۷۰/۱۵abc	۵۳/۰۱abc	۵۶/۳۹ab	۱۰/۹۳a	۱۰/۸۶bcd	۲۱/۴۷abc	گرجستان
۶۷/۰۲abc	۵۳/۸۱abc	۵۰/۵۱ab	۷/۱۱a-e	۱۵/۳۱ab	۱۹/۰۵abc	روسیه
۶۸/۴۷abc	۴۹/۱۱abc	۴۹/۴۸abc	۹/۹۳a-e	۱۴/۱۶abc	۱۹/۲۴abc	گیلان
۸۴/۶۲a	۶۴/۰۸ab	۵۹/۸۳ab	۳/۴۷cde	۱۳/۵۵abc	۱۶/۵۹bcd	یزد
۷۴/۸۶ab	۵۵/۰۶abc	۵۴/۹۴ab	۸/۲۲a-d	۱۴/۸۵ab	۲۲/۸۱abc	آذربایجان غربی
۴۲/۴۲abc	۴۲/۲abc	۴۴/۰۴a-d	۷/۵۹a-e	۱۰/۶۲bcd	۱۶/۹۸bcd	لرستان
۷۵/۴ab	۵۸/۴۷ab	۵۷/۵۶ab	۷/۹۳a-d	۱۶/۳۱ab	۲۳/۳۸abc	قزوین
۷۳/۶۹ab	۵۹/۳۵ab	۵۷/۶۳ab	۸/۰۵a-d	۱۵/۹۳ab	۲۶/۰۶ab	خراسان رضوی
۵۷/۴۷abc	۴۵/۳۹abc	۴۳/۲۲a-d	۶/۶۶a-e	۱۶/۲۵ab	۱۸/۲۸abc	خراسان شمالی
۶۰/۳۴abc	۵۰/۴۶abc	۵۳/۲۳ab	۷/۷۶a-d	۱۴/۸۲ab	۱۸/۵۳abc	کردستان
۶۸/۱۴abc	۵۳/۲۶abc	۵۰/۰۸abc	۲/۴۴e	۱۴/۰۵abc	۱۸/۹۳abc	تهران
۱۵/۲۴c	۱۵/۰۳c	۱۴/۵۵cd	۳/۲۳de	۱۳/۵۶abc	۱۱/۶۸cd	خوزستان

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) نمی‌باشند.

جدول ۷- ضرایب همبستگی بین صفات مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی توده‌های مرزه

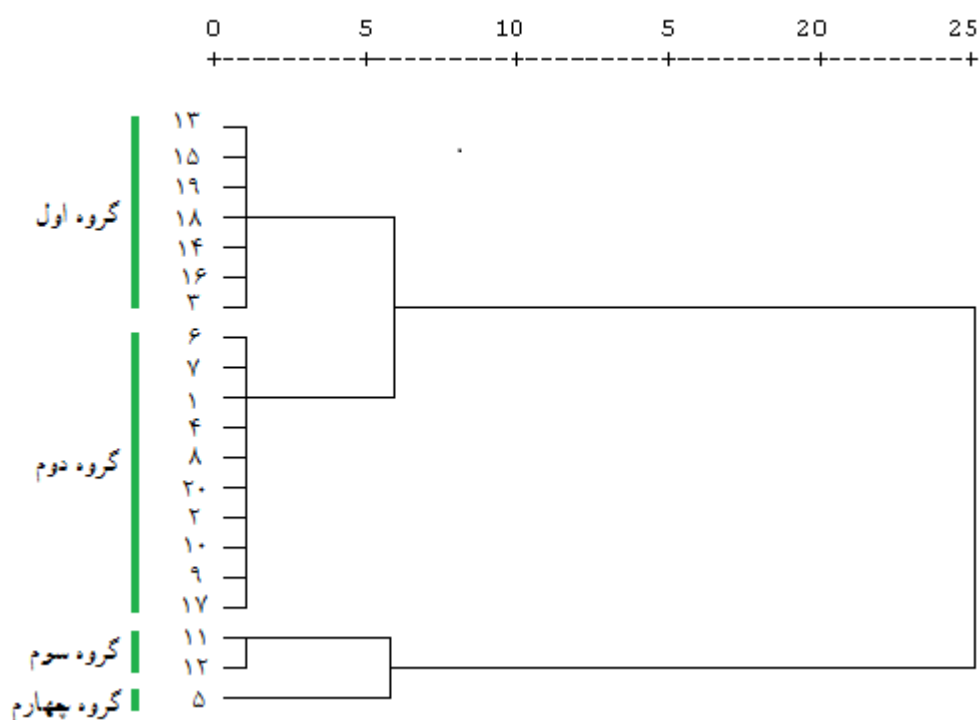
Flav 330	Flav 300	Flav 270	Car	Chlo b	Chlo a	DSR	FDW	SW	ITL	FN	BDW	ADW	CD	LLW	DG	SHN	IN	
																	۱	IN
																۱	۰/۵۳*	SHN
															۱	۰/۰۰۲	۰/۱۸	DG
														۱	۰/۰۲	۰/۲۴	۰/۲۶	LLW
													۱	-۰/۲۴	۰/۱۴	۰/۲	۰/۷۳**	CD
												۱	۰/۴۴	-۰/۴۹	۰/۲۳	۰/۰۲	۰/۲	ADW
											۱	-۰/۰۹	-۰/۰۰۳	-۰/۰۱	-۰/۰۲	۰/۲۲	۰/۱۳	BDW
										۱	-۰/۲۴	-۰/۰۶	-۰/۰۶	۰/۵۲**	۰/۰۰۵	۰/۴۸*	۰/۲۴	FN
									۱	۰/۲۲	۰/۲۹	-۰/۱۷	۰/۰۵	۰/۶**	۰/۱۳	۰/۰۳	۰/۲۷	ITL
								۱	۰/۳۱	۰/۰۴	-۰/۱۲	۰/۹۲**	۰/۱۷	-۰/۰۶	۰/۳	۰/۱۲	۰/۲۳	SW
							۱	۰/۱۴	۰/۵۱*	۰/۲	۰/۰۹	۰/۱۴	۰/۵۹**	۰/۲۵	۰/۳۱	۰/۰۶	۰/۷۴**	FDW
						۱	۰/۳۵	-۰/۰۵	-۰/۰۱	-۰/۳	۰/۲۴	۰/۲۶	۰/۴۴	-۰/۱۱	-۰/۲۵	۰/۳۴	۰/۵۴*	DSR
					۱	۰/۰۹	۰/۴۵*	۰/۲	-۰/۱۹	۰/۳	-۰/۰۷	۰/۲۴	-۰/۰۶	۰/۴۶*	-۰/۲۵	۰/۱۲	-۰/۱	Chlo a
				۱	۰/۴۵*	۰/۲۲	۰/۱۱	-۰/۲۱	۰/۱	۰/۰۴	۰/۴۷*	-۰/۲۹	-۰/۰۱	۰/۳۹	-۰/۲۶	۰/۳۳	۰/۳	Chlo b
			۱	۰/۰۶	۰/۶۲**	-۰/۲۲	۰/۶۱**	-۰/۰۹	-۰/۵	۰/۴۷*	-۰/۳۶	۰/۰۲	-۰/۲۴	۰/۱۹	-۰/۳۳	-۰/۱۹	-۰/۳۹	Car
		۱	۰/۱۴	۰/۲۸	۰/۳۴	۰/۰۱	۰/۳۶	-۰/۰۶	۰/۱۸	-۰/۰۳	۰/۰۸	۰/۱۱	-۰/۳۱	۰/۳۷	۰/۰۱	۰/۰۶	-۰/۱۹	Flav 270
	۱	۰/۶۸**	۰/۱۵	۰/۳۹	۰/۴	۰/۰۵	۰/۲۱	-۰/۰۸	۰/۱۹	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۵	-۰/۳	۰/۴۸*	۰/۰۱	۰/۰۲	-۰/۱۶	Flav 300
۱	۰/۷۴**	۰/۸۱**	۰/۰۸	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۰۸	۰/۲۸	۰/۰۳	۰/۱۳	۰/۰۳	-۰/۲	۰/۵۴**	۰/۰۵	۰/۰۵	-۰/۰۹	Flav 330

** و * : به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪

تجزیه خوشه‌ای صفات
تجزیه خوشه‌ای براساس صفات مورفولوژی و
فیتوشیمیایی در فاصله ۲۵ اقلیدسی انجام شد. براساس نتایج
تجزیه تابع تشخیص به منظور تعیین خط برش (جدول ۸).

جدول ۸- تجزیه تابع تشخیص برای تعیین خط برش در تجزیه خوشه‌ای

اجزای گروه‌های پیش‌بینی شده					
توده	۱	۲	۳	۴	کل
۱	۷				۷
۲		۱۰			۱۰
۳			۲		۲
۴				۱	۱
۱	۱۰۰				۱۰۰
۲		۱۰۰			۱۰۰
۳			۱۰۰		۱۰۰
۴				۱۰۰	۱۰۰



شکل ۱- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای توده‌های مرزه

شماره ۱: توده ارمنستان، ۲: یونان، ۳: ایتالیا، ۴: رومانی، ۵: ازبکستان، ۶: تاجیکستان، ۷: مجارستان، ۸: رومانی، ۹: گرجستان، ۱۰: روسیه، ۱۱: گیلان، ۱۲: یزد، ۱۳: آذربایجان غربی، ۱۴: لرستان، ۱۵: قزوین، ۱۶: خراسان رضوی، ۱۷: خراسان شمالی، ۱۸: کردستان، ۱۹: خوزستان، ۲۰: تهران

شمالی بود که از نظر صفات تعداد میان‌گره، قطر طوقه، وزن خشک گل، کلروفیل a، b، کاروتنوئید و فلاونوئید در هر سه طول موج و تعداد گل برتری نسبی نسبت به سایر گروه‌ها داشتند. گروه سوم شامل توده‌های گیلان و یزد بود که در صفات نسبت طول به عرض برگ و طول دم گل آذین برتر بودند و گروه چهارم شامل توده ازبکستان بود که این گروه از لحاظ صفت وزن خشک اندام هوایی در حد مطلوبی بود.

توده‌های مختلف مرزه (*Satureja hortensis*) به چهار گروه تقسیم شدند (شکل ۱). گروه اول شامل توده‌های آذربایجان‌غربی، قزوین، تهران، کردستان، لرستان، خراسان رضوی و ایتالیا بودند که از لحاظ صفات تعداد شاخه و تعداد روز تا رسیدن بذرها در حد بالایی بودند. گروه دوم نیز شامل توده‌های تاجیکستان، مجارستان، ارمنستان، رومانی، رومانی ۲، خوزستان، یونان، روسیه، گرجستان و خراسان

جدول ۹- نتایج تجزیه به عامل‌ها برای صفات مختلف توده‌های مرزه

صفات	مؤلفه						
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
تعداد میان‌گره	۰/۹۲	-۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۰۷	-۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۳۳
تعداد شاخه	۰/۲۴	۰/۰۶	-۰/۰۵	-۰/۰۳	-۰/۰۸	۰/۰۰۳	۰/۹۴
تعداد روز تا جوانه‌زنی	۰/۱۸	۰/۰۶	-۰/۲	-۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۹	-۰/۰۲
طول به عرض برگ	-۰/۰۴	۰/۴۶	-۰/۳	۰/۴۳	-۰/۳	۰/۰۵	-۰/۱۵
قطر طوقه	۰/۸۳	-۰/۲۱	۰/۰۷	-۰/۱۴	۰/۱۳	۰/۰۵	-۰/۰۰۶
وزن خشک اندام هوایی	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۱	-۰/۱۱	۰/۹۲	-۰/۰۳	-۰/۰۲
وزن خشک برگ	-۰/۱۶	۰/۱۲	-۰/۰۰۱	۰/۸۴	-۰/۰۲	-۰/۱۱	-۰/۰۰۷
تعداد گل در گیاه	-۰/۱۲	-۰/۰۶	۰/۵۸	-۰/۱	-۰/۲۵	۰/۲	-۰/۵۴
طول دم گل آذین	۰/۲۹	۰/۲۳	-۰/۲۱	۰/۸۵	-۰/۰۵	۰/۱	-۰/۰۴
وزن هزاردانه	۰/۱۷	-۰/۱۲	۰/۳۴	۰/۴	۰/۵۵	۰/۴۷	۰/۱۸
وزن خشک گل	۰/۸۶	۰/۰۵	-۰/۳۱	۰/۱۹	۰/۰۰۹	۰/۱۵	-۰/۱۳
تعداد روز تا رسیدن بذر	۰/۵۴	۰/۱۴	-۰/۱۵	-۰/۲۲	۰/۳۳	-۰/۴۸	۰/۲۲
کلروفیل a	-۰/۰۵	۰/۳۲	۰/۸۴	-۰/۰۳	۰/۱۶	-۰/۱۵	-۰/۰۳
کلروفیل b	۰/۲۷	۰/۳۸	۰/۴۱	۰/۰۹	-۰/۴۷	-۰/۳۴	۰/۲۸
کاروتنوئید	-۰/۴۴	۰/۰۳	۰/۶۶	-۰/۳۵	-۰/۰۲	-۰/۱۳	-۰/۰۸
فلاونوئید ۲۷۰	-۰/۲	۰/۹۴	۰/۰۷	۰/۰۶	-۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۵
فلاونوئید ۳۰۰	-۰/۱۳	۰/۹۶	۰/۱۴	۰/۰۶	۰/۰۰۵	۰/۰۰۱	-۰/۰۱
فلاونوئید ۳۳۰	-۰/۰۷	۰/۹۴	۰/۱۶	۰/۱۳	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۱
مقادیر ویژه	۴/۲۳	۳/۸۳	۲/۱۹	۲/۱۵	۱/۷	۱/۶۲	۱/۵۷
درصد واریانس	۲۱/۱۹	۱۹/۱۵	۱۰/۹۸	۱۰/۷۴	۸/۵۴	۸/۱	۷/۸۶
درصد واریانس جمعی	۲۱/۱۹	۴۰/۳۵	۵۱/۳۳	۶۲/۰۸	۷۰/۶۲	۷۸/۷۲	۸۶/۵۹

تجزیه به عامل‌ها

در تجزیه به عامل‌ها، ۷ عامل اصلی توانستند در ۸۶/۵۹٪ واریانس کل را توجیه کنند (جدول ۹). اولین عامل ۲۱/۱۹٪ از سهم واریانس را توجیه کرد و همبستگی مثبت و بالایی با صفات تعداد میانگره، قطر طوقه، وزن خشک گل و تعداد روز تا رسیدگی بذرها داشت. براساس جدول مقایسه میانگین، در این گروه به ترتیب توده‌های خوزستان و ایتالیا قرار دارند و از نظر صفات ذکر شده که اغلب صفات زایشی مربوط به توده‌های مرزه هستند، بهتر از بقیه توده‌ها می‌باشند (جدول ۴) و عامل اول را به‌عنوان عامل عملکرد مرزه شناسایی کرده و چون این عامل بیشترین درصد واریانس را به خود اختصاص داده است، پس بسیاری از تنوع در صفات توده‌ها مربوط به اجزای عملکرد است و از صفاتی که در این عامل بزرگترین ضرایب عاملی را دارند، می‌توان برای انتخاب بهترین توده‌ها استفاده کرد. عامل دوم ۱۹/۱۵٪ از تغییرات کل متغیرها را توجیه کرد که بیشترین ضریب عاملی را برای فلاونوئید در تمام طول موج‌ها نشان داد که براساس جدول مقایسه میانگین در این گروه توده یونان قرار دارد (جدول ۶). سومین عامل ۱۰/۹۸٪ از واریانس را بیان کرد که بیشترین ضریب عاملی را برای تعداد گل در گیاه، کلروفیل a و کاروتنوئید داشتند و در این گروه نیز توده یونان قرار داشت. عامل چهارم با ۱۰/۷۴٪ از تغییرات کل، بیشترین ضریب عاملی را برای وزن خشک برگ و طول دم گل آذین داشت و به ترتیب شامل توده‌های آذربایجان غربی و یزد شد. عامل پنجم با ۸/۵۴٪ از تغییرات کل، بیشترین ضریب عاملی را برای وزن خشک اندام هوایی و وزن هزاردانه داشت و توده ازبکستان در این گروه قرار دارد. عامل ششم با ۸/۱٪ از تغییرات کل، بیشترین ضریب عاملی را برای تعداد روز تا جوانه‌زنی بذرها و عامل هفتم با ۷/۸۶٪ از تغییرات کل، بیشترین ضریب عاملی را برای صفات تعداد شاخه و تعداد گل در گیاه داشت.

بحث

برای موفقیت در برنامه‌های اصلاحی، پی بردن به میزان قرابت ژنتیکی والدین از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

به دلیل خاصیت دارویی برگ و بذر مرزه، بررسی تنوع ژنتیکی آن ضروری به نظر می‌رسد (Hajhashemi et al., 2012). این پژوهش نشان داد که در بین توده‌های مختلف ایرانی و خارجی مرزه تابستانه از لحاظ صفات مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی تنوع ژنتیکی زیادی وجود دارد. درک این تنوع بالای ژنتیکی می‌تواند در مدیریت و حفاظت ژرم پلاسماهای مرزه مفید باشد. این نتایج با نتایج بدست آمده توسط Khadivi-Khub و همکاران (۲۰۱۵) بر روی تعیین بررسی تنوع ژنتیکی با بررسی صفات مورفولوژیکی مرزه بختیاری (*S. bachtiarica*) مطابقت داشت. آنان گزارش کردند که توده‌های مختلف از نظر تعداد شاخه، قطر گیاه، وزن گیاه، وزن برگ و گل و وزن شاخه متفاوت بودند. پژوهشگران اعلام نمودند که صفات مورفولوژیکی گیاه به نوع توده، تاریخ کاشت و عرض جغرافیایی منطقه بستگی دارد (Faravani et al., 2006). Hadian و همکاران (۲۰۱۱) تعداد ۳۰ توده مرزه را از نقاط مختلف ایران بررسی کردند. نتایج آنان نشان داد که از نظر ارتفاع گیاه، طول میان‌گره، طول برگ و عرض برگ توده تبریز بیشترین عملکرد را داشت. در این پژوهش نیز توده‌های مختلفی از ایران و جهان بررسی شد و مشاهده نشان داد که صفات مورفولوژیک توده‌های خوزستان و یونان بهتر از بقیه توده‌ها بودند. افزایش تعداد میان‌گره و تعداد شاخه به دلیل تشکیل برگ‌های بیشتر و کاراتر، باعث افزایش جذب نور خورشید می‌شود و از طریق افزایش تولید مواد فتوسنتزی، موجب تولید تعداد گل بیشتری می‌گردد (Mosavi et al., 2014) که می‌تواند دلیل برتری توده خوزستان در تعدادی از صفات باشد. Salamati و Zeinali (۲۰۱۱) رابطه مستقیمی بین ارتفاع گیاه و عملکرد گیاه سیاهدانه گزارش کردند. هر چه ارتفاع و تعداد شاخه‌های اصلی و فرعی بیشتر باشد از عملکرد بهتری نسبت به توده‌های پاکوتاه برخوردارند (Esquinas, 2005).

با توجه به نتایج جدول ۶ توده یونان دارای میزان کلروفیل a و b بیشتری بوده، همچنین میزان فلاونوئید آن در مقایسه با سایر توده‌ها بیشتر بوده است. بنابراین به نظر

به نقش مؤثر اندازه برگ‌ها به‌عنوان یکی از مهمترین جایگاه‌های تولید ترکیب‌های دارویی در گیاه اشاره کرد (Dos Santos *et al.*, 2019). در تجزیه به‌عوامل‌ها صفات‌های مورد مطالعه در ۷ عامل قرار گرفتند. تنوع بالا در توده‌های مرزه به تعداد عامل‌ها بستگی دارد. در این آزمایش ۷ عامل اول حدود ۸۶/۵۹٪ از واریانس را توجیه کردند. با توجه به اینکه عامل اول بیشترین میزان تغییرات را توجیه می‌کند این عامل را می‌توان به‌عنوان اجزای عملکرد نامگذاری کرد، بنابراین در عامل اول، هر صفتی که دارای ضرایب عاملی بزرگی است می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی استفاده شود (Tian *et al.*, 2019). در مقادیر عامل اول توده‌های خوزستان و ایتالیا بیشترین مقدار را به خود اختصاص دادند. در تحقیقی که توسط Khadivi-Khub و همکاران (۲۰۱۵) روی مرزه انجام شد، براساس نتایج تجزیه به‌عوامل‌ها هفت عامل را شناسایی کردند که ۷۵/۹۱٪ از واریانس کل داده‌ها را توجیه نمود. تجزیه خوشه‌ای گروه‌بندی توده‌ها به‌منظور پی بردن به روابط خویشاوندی و فاصله ژنتیکی میان توده‌ها انجام شد. نتایج تجزیه خوشه‌ای در این پژوهش نشان داد که ۲۰ توده مرزه در چهار گروه قرار گرفتند. گروه اول شامل توده‌های آذربایجان غربی، قزوین، تهران، کردستان، لرستان، خراسان رضوی و ایتالیا بودند. گروه دوم نیز شامل توده‌های تاجیکستان، مجارستان، ارمنستان، رومانی، رومانی ۲، خوزستان، یونان، روسیه، گرجستان و خراسان شمالی بود. گروه سوم شامل توده‌های گیلان، یزد و گروه چهارم شامل توده ازبکستان بود.

آگاهی از ویژگی‌های مختلف مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی، به‌نژادگران را در اصلاح و اهلی‌سازی گیاهان یاری می‌کند. این مطالعه تحقیقی کاربردی برای ایجاد امکان‌گزینه‌ها به‌منظور انتخاب توده‌های مطلوب مرزه تابستانه می‌باشد. نتایج این تحقیق نشان داد که سطوح بالایی از تنوع بین توده‌های مرزه تابستانه از نظر ویژگی‌های مورفولوژی و محتوای کلروفیل و فلاونوئید وجود دارد. در مجموع این مطالعه نشان داد که توده‌های خوزستان، یونان و ازبکستان از قابلیت عملکردی بالایی برخوردارند و می‌توان از این

می‌رسد اندازه برگ از عوامل تأثیرگذار در افزایش ترکیب‌های آنتی‌اکسیدانی گیاه باشد (Brown, 2003). برگ‌های با طول بیشتر در گیاهان دارویی، با افزایش فتوسنتز، میزان کلروفیل، فعالیت آنزیم رابیسکو، میزان تولید اسانس و ترکیب‌های آنتی‌اکسیدانی گیاه (ازجمله فلاونوئید) را افزایش می‌دهند (Ozguven *et al.*, 2006). با توجه به اینکه تنوع میزان کلروفیل و فلاونوئید در توده‌های مرزه بررسی نشده، تنوع موجود در توده‌های گیاهان هم‌خانواده با مرزه بررسی شد. محققان اشاره کردند که توسعه بیشتر سطح برگ باعث افزایش تولید ترکیب‌های اولیه و در نتیجه باعث افزایش ترکیب‌های ثانویه و اسانس در برگ نعنای فلفلی می‌شود (Marotti *et al.*, 2004). در این پژوهش نیز توده یونان با اندازه برگ بزرگتر دارای میزان بیشتری از فلاونوئید در هر سه طول موج (۲۷۰، ۳۰۰ و ۳۳۰) بود. در پژوهشی Ghani و همکاران (۲۰۱۴) پس از بررسی تنوع بیوشیمیایی ۲۵ جمعیت از گیاه نعنا گزارش کردند که بین جمعیت‌های مورد مطالعه از نظر میزان کلروفیل a و b و کارتنوئید، فلاون، فلاونول و فلاونوئید کل تفاوت معنی‌داری مشاهده گردید. همچنین بیشترین و کمترین میزان کلروفیل کل به‌ترتیب از جمعیت‌های فارس و مازندران بدست آمد. همچنین جمعیت‌های اصفهان، مازندران، قائمشهر و یاسوج از نظر صفات ارزشمند فیتوشیمیایی مانند ترکیب‌های فنلی و فلاونوئید برتر بودند.

البته همبستگی بین صفات مختلف گیاه می‌تواند نقش مهمی را در پیشبرد برنامه‌های اصلاحی داشته باشد. آگاهی از تأثیر صفات بر همدیگر باعث می‌شود تا اصلاحگر انتخاب درست‌تری داشته باشد (Salamati & Zeinali, 2011). ضریب همبستگی بین صفات مورد بررسی نشان داد که بیشترین میزان همبستگی بین وزن خشک اندام هوایی و وزن هزاردانه ($r=0/92$) مشاهده شد. این همبستگی بالا می‌تواند به‌دلیل رشد زیاد گیاه و ذخیره بیشتر مواد غذایی برای رشد بیشتر بخش زایشی باشد (Sorkheh *et al.*, 2010). صفت طول به‌عرض برگ با صفات کلروفیل و فلاونوئید همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت، از این رو می‌توان

- Esquinas, J., 2005. Protecting crop genetic diversity for food security: political, ethical and technical challenges. *Nature Reviews Genetics*, 6: 946-953.
- Faravani, M., Razavi, A.R. and Farsi, M., 2006. Study of variation in some agronomic and anatomic characters of *Nigella sativa* landraces in Khorasan. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 22(3): 193-197.
- Ghani, A., Nemati, S.H., Azizi, M., Saharkhiz, M.J. and Farsi, M., 2014. The study of extract biochemical variations contents some of spearmint (*Mentha spicata* L.) population. *Journal of horticulture science*, 4(27): 433-443.
- Hadian, J., Azizi, A., Tabatabaei, S., Naghavi, M.R., Jamzad, Z. and Friedt, W., 2010a. Analysis of the genetic diversity and affinities of different Iranian *Satureja* species based on SAMPL markers. *Planta Medica*, 76: 1-7.
- Hadian, J., Ebrahimi, S.N. and Salehi, P., 2010b. 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. and Ganjipoor., P., 2011. Phytochemical and morphological characterization of *Satureja khuzistanica* Jamzad populations from Iran. *Chemical Biodiversity*, 8: 902-915.
- Hadian, J., Tabatabaei, S., Naghavi, M.R., Jamzad, Z. and Ramak-Masoumi, T., 2008. Genetic diversity of Iranian accessions of *Satureja hortensis* L. based on horticultural traits and RAPD markers. *Scientia Horticulturae*, 115(2): 196-202.
- Hajhashemi, V., Sadraei, H., Ghannadi, A.R. and Mohseni, M., 2000. Antispasmodic and anti-diarrhoeal effect of *Satureja hortensis* L. essential oil. *Journal of Ethnopharmacology*, 71(1): 187-192.
- Hajhashemi, V., Zolfaghari, B. and Yousefi, A., 2012. Antinociceptive and anti-inflammatory activities of *Satureja hortensis* seed essential oil, hydroalcoholic and polyphenolic extracts in animal models. *Medical Principles and Practice*, 21(2): 178-182.
- Jamzad, Z., 2009. *Thymus* and *Satureja* Species of Iran. Tehran: Research Institute of Forest and Rangelands Publication, 172p.
- Karimi, E., Ghasemnejad, A. and 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.
- Khadivi-khub, A., Salehi-Arjmand, H. and Hadian, J., 2013. Morphological and phytochemical variation of

توده‌ها به‌عنوان والدین برای تولید ارقام جدید مرزه استفاده نمود.

سیاسگزارى

نویسندگان از مسئولان محترم مؤسسه ژنتیک گیاهی و تحقیقات گیاهان زراعی آلمان و همچنین گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی تشکر و قدردانی می‌نمایند.

منابع مورد استفاده

- Arnon, A.N., 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*, 23: 112-121.
- Bird, C., Schweizer, M., Roberts, A., Austin, W.E., Knudsen, K.L., Evans, K.M., Filipsson, H.L., Sayer, M.D., Geslin, E. and Darling, K.F., 2020. The genetic diversity, morphology, biogeography, and taxonomic designations of *Ammonia* (Foraminifera) in the Northeast Atlantic. *Marine Micropaleontology*, 155: 101-116.
- Brenes, A. and Roura, E., 2010. Essential oils in poultry nutrition: Main effects and modes of action. *Animal Feed Science and Technology*, 158(1): 1-14.
- Brown, B., 2003. Mint soil fertility research in the PNW. *Western Nutrient Management Conference*, 5(3): 54-60.
- Crossa, J., Perez-Rodríguez, P., Cuevas, J., Montesinos-Lopez, O., Jarquín, D., de los Campos, G. and Dreisigacker, S., 2017. Genomic selection in plant breeding: methods, models, and perspectives. *Trends in Plant Science*, 22(11): 961-975.
- Didry, N., Dubreuil, L. and Pinkas, M., 1994. Activity of thymol, carvacrol, cinnamaldehyde and eugenol on oral bacteria. *Pharmaceutica Acta Helvetiae*, 69(1): 25-28.
- Dos Santos, V.A., Nelson, B.W., Rodrigues, J.V.F.C., Garcia, M.N., Ceron, J.V.B. and Ferreira, M.J., 2019. Fluorescence parameters among leaf photosynthesis-related traits are the best proxies for CO₂ assimilation in Central Amazon trees. *Brazilian Journal of Botany*, 42(2): 239-247.
- Eghlima, G., Hadian, J. and 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.

- resistant pathogenic bacteria: a review. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 20(3): 183-196.
- Naghavi, M.R., Gareyazi, B. and Hossaini Salkadeh, G., 2010. *Molucullar Markers*. Publication of Tehran University, 340p.
 - Novak, J., Bahoo, L., Mitteregger, U. and Franz, C., 2006. Composition of individual essential oil glands of savory (*Satureja hortensis* L., Lamiaceae) from Syria. *Flavour and Fragrance Journal*, 21(4): 731-734.
 - Ozguven, M., Ayanoglu, F. and Ozel, A., 2006. Effects of nitrogen rates and cutting times on the essential oil yield and components of *Origanum syriacum* L. var. *bevanii*. *Journal of Agronomy*, 5: 101-105.
 - Saedinia, M., Hosseinian, S.H., Beiranvand, F. and Mumivand, H., 2019. Study of the essential oil, morphological parameters, and growth-stage-specific crop coefficients of summer savory (*Satureja hortensis* L.). *Journal of Medicinal Plants and By-product*, 8(1): 1-6.
 - Salamati, M.S. and 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.
 - Sorkheh, K., Shiran, B., Khodambashi, M., Moradi, H., Gradziel, T.M. and Martinaz Gomez, P., 2010. Correlations between quantitative tree and fruit almond traits and their implications for breeding. *Scientia Horticulture*, 125: 323-331.
 - Tian, K., Dietzenbacher, E. and Jong-A-Pin, R., 2019. Measuring industrial upgrading: applying factor analysis in a global value chain framework. *Economic Systems Research*, 31(4): 642-664.
 - *Satureja bachtiarica* populations from Iran. *Industrial Crops and Products*, 54: 257-265.
 - Khadivi-Khub, A., Salehi-Arjmand, H., Movahedi, K. and Hadian, J., 2015. Molecular and morphological variability of *Satureja bachtiarica* in Iran. *Plant Systematics and Evolution*, 301(1): 77-93.
 - Krizek, D.T., Mirecki, R.M. and 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.
 - Marotti, M.R., Piccaglia, W., Giovanelli, E., Deans, S. and Eaglesham, E., 2004. Effect of planting time and mineral fertilization on peppermint (*Mentha piperita* L.) essential oil composition and its biological activity. *Flavour and Fragrance Journal*, 9(3): 125-129.
 - Mihajilov-Krstevic, T., Radnovic, D., Kitic, D., Zlatkovic, B., Ristic, M. and 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. and khosroshahi, M., 2014. Genetic variation of Iranian Lettuce genotypes based on morphological traits. *Plant Breeding and Seed Science Journal*, 1(29): 103-119.
 - Movahedi, R., Shojaeiyan, A., Falahati-Anbaran, M. and Ayyari, M., 2019. Genetic variation and structure in natural populations of a medicinal vegetable, *satureja bachtiarica*, inferred from microsatellite markers developed using next-generation sequencing. *Plant Molecular Biology Reporter*, 37(1-2): 14-23.
 - Mulat, M., Pandita, A. and Khan, F., 2019. Medicinal plant compounds for combating the multi-drug

Evaluation of genetic diversity of summer savory (*Satureja hortensis* L.) accessions based on morphological and phytochemical characteristics

R. Fathi¹, M. Mohebodini^{2*} and E. Chamani³

1- Ph.D. student, Department of Horticultural science, Faculty of Agriculture and Natural resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

2*- Corresponding author, Department of Horticultural science, Faculty of Agriculture and Natural resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, E-mail: mohebodini@uma.ac.ir

3- Department of Horticultural science, Faculty of Agriculture and Natural resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Received: March 2020

Revised: October 2020

Accepted: October 2020

Abstract

Summer savory (*Satureja hortensis* L.), an aromatic plant from fam. Lamiaceae, is used in the food and pharmaceutical industries due to its compounds such as thymol and carvacrol as antioxidant and antimicrobial compounds. In this research, the diversity of morphological and phytochemical traits between the Iranian and foreign countries accessions of summer savory cultivated under field conditions were evaluated. The seeds of different accessions were planted in a randomized complete blocks design with three replications in Ardabil city in 2019. The studied traits included the number of internodes, shoots, and flowers per plant, days to seed germination, length/width ratio of leaves, crown diameter, dry weight of aerial parts, leaf fresh weight, peduncle length, 1000-seed weight, flower dry weight, days to seed ripening, and content of chlorophylls *a* and *b*, carotenoids, and flavonoids. The results of this study showed that the highest number of internodes (10.33) and shoots (24.43), and flower dry weight (3.33 mg) were observed in Khuzestan accession. The highest correlation was observed between the aerial parts dry weight and 1000-seed weight ($r= 0.92$). Cluster analysis divided the accessions into four major groups. The accessions West Azerbaijan, Qazvin, Tehran, Kurdistan, Lorestan, Razavi Khorasan, and Italy were placed in the first cluster, and Tajikistan, Hungary, Armenia, Romania1, Romania2, Khuzestan, Greece, Russia, Georgia, and North Khorasan in the second one. Also, the accessions Gilan and Yazd were put in the third group and Uzbekistan in the fourth one. Factor analysis indicated that the seven factors could explain 86.59% of the total variance. The results suggested that *S. hortensis* accessions of Iran and other countries had a high genetic diversity that can be used in the breeding programs. Overall, according to the results, the accessions Uzbekistan and Greece could be recommended in terms of dry matter yield and phytochemical characteristics, respectively.

Keywords: Diversity, accession, morphological traits, phytochemical features.