تاکسونومی و بیوسیستماتیک، سال یازدهم، شماره چهلم ، پاییز ۱۳۹۸، صفحه ۱۶-۱
نوع مقاله: پژوهشی
دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۷/۱۱ پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۰۸/۱۴

بررسی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی توده‌های با منشأ ایرانی و خارجی مرزهٔ تابستانه (*Satureja hortensis* L) در شرایط کشت در مزرعه

رقیه فتحی [۱]، مهدی محب الدینی [۲]* و اسماعیل چمنی [۳]
[۱] دانشجوی دکتری، گروه علوم باغبانی، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
[۲] دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
[۳] استاد گروه علوم باغبانی، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

چکیده

مرزهٔ تابستانه با نام علمی *Satureja hortensis* L.، متعلق به خانوادهٔ نعناعیان است. این گیاه از گیاهان دارویی مهم است که به‌صورت زراعی وحشی استفاده می‌شود. در این پژوهش، ۲۰ تودهٔ مرزهٔ تابستانه از مناطق مختلف ایران و جهان جمع‌آوری و تنوع ژنتیکی آنها براساس صفات مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی با تجزیهٔ آماری تک‌متغیره و چندمتغیره بررسی شد. نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها تفاوت معنی‌داری بین صفات بررسی‌شده نشان داد. ضریب تغییرات برخی صفات بالا بود که نشان‌دهندهٔ تنوع زیاد در صفات است. نتایج بررسی مورفولوژیکی توده‌ها نشان داد صفاتی ازجمله تعداد برگ، تعداد برگه، وزن صد دانه و تعداد بذر در گیاه بسیار متنوع بود، در بیشتر صفات مورفولوژیکی، توده‌های ازبکستان و بلغارستان بیشترین عملکرد را داشتند و در صفت درصد اسانس، تودهٔ کرج بهترین بود. برآورد ضرایب همبستگی بین صفات نشان داد بیشترین ضریب همبستگی بین سطح مقطع بوته با تعداد برگ (۰/۹۹) بود و تعداد برگ با تمام صفات، همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. تحلیل عاملی، صفات را به شش عامل تقسیم کرد که ۸۵/۸۵ درصد واریانس را توجیه کردند؛ همچنین تجزیهٔ خوشه‌ای، توده‌های بررسی‌شده را در چهار گروه طبقه‌بندی کرد؛ از این رو با توجه به نتایج گروه‌بندی، ارتباطی بین تنوع ژنتیکی و فاصلهٔ جغرافیایی توده‌ها مشاهده نشد که بیان‌کنندهٔ تأثیر سایر عوامل به غیر از الگوی پراکنش جغرافیایی در تنوع ژنتیکی این گیاه است. درمجموع، نتایج این پژوهش وجود تنوع ژنتیکی شایان توجهی بین توده‌های مرزهٔ تابستانهٔ موجود در جهان را تأیید کرد.

واژه‌های کلیدی: تجزیهٔ خوشه‌ای، تنوع ژنتیکی، صفات مورفولوژیکی، مرزهٔ تابستانه.

مقدمه

خواص دارویی گیاهان از هزاران سال قبل بر انسان‌ها روشن بوده و امروزه بیش از ۷۰۰۰ دارویی که پزشکان تجویز می‌کنند از گیاهان گرفته شده است (Tsalokostas, 2009). تقاضای روزافزون داروهای گیاهی در عصر حاضر، دانشمندان را به سوی تلاش

* mohebodini@uma.ac.ir
Copyright©2020, University of Isfahan. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/BY-NC-ND/4.0), which permits others to download this work and share it with others as long as they credit it, but they cannot change it in any way or use it commercially.
DOI: 10.22108/tbj.2020.125217.1125

برای سنتز شیمیایی آنها سوق داده است؛ با این حال بسیاری از متابولیت‌های گیاهی دارای ساختار پیچیده‌ای هستند و علاوه‌بر آن، محصولات مصنوعی در مقایسهٔ با محصولات طبیعی برای رسیدن به استانداردهای ایمنی نیازمند انجام آزمایش‌های گسترده و گران‌قیمتی هستند. همین امر تمایل به جایگزینی مواد شیمیایی مصنوعی با عصاره‌های گیاهی طبیعی را ایجاد کرده است و گیاهان همچنان منبع اصلی ترکیبات شیمیایی شناخته‌شده و ناشناخته و جدید هستند (Patil and Patil, 2011)؛ از این رو در چند دههٔ اخیر پژوهش‌های گسترده‌ای درزمینهٔ بررسی تنوع گیاهی ازلحاظ ارزش غذایی و دارویی انجام گرفته و نیز درحال انجام است. گیاه مرزهٔ تابستانه با نام علمی *Satureja hortensis* L. به خانوادهٔ نعناعیان تعلق دارد. مرزهٔ تابستانه در درمان بیماری‌های عفونی، تهوع، سوء هاضمه، اسهال، گرفتگی عضلات و دردهای ماهیچه‌ای استفاده می‌شود (Kumburovic *et al.*, 2019)؛ همچنین این گیاه به‌واسطهٔ ویژگی‌های ضداسپاسم (Hajhashemi *et al.*, 2000)، آنتی‌اکسیدان (Feyzioglu and Tornuk, 2016)، ضد قارچی و ضد باکتریایی (Skubij and Dzida, 2019) در درمان بیماری‌های التهابی (Souri *et al.* 2004) استفاده می‌شود.

مرزهٔ تابستانه گیاهی علفی، یک‌ساله و دارای ساقهٔ منشعب به طول ۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متر است و به رنگ سبز مایل به خاکستری دیده می‌شود. رنگ ساقهٔ آن قرمز مایل به قهوه‌ای است (Tozlu *et al.*, 2011). برگ‌های آن بلند و نوک‌تیز، نرم و پوشیده از کرک‌های کوتاه است و تنها یک رگبرگ دارد؛ همچنین برگ‌های متقابل، دارای دمبرگ‌های کوتاه یا به‌طور تقریبی بدون دمبرگ هستند. سطح برگ‌ها صاف است و به‌طور معمول مجموعه‌ای از برگ‌های کوچک در محور برگ‌های اصلی دیده می‌شود (Kumburovic *et al.*, 2019). کرک‌ها در تمام سطح ساقه و شاخه‌ها به‌طور یکنواخت پراکنده‌اند و به این دلیل، گیاه به رنگ خاکستری و نقره‌ای دیده می‌شود. با توجه به تراکم کرک‌های غده‌دار و غده‌های ترشحی، میزان عطر توده‌های مختلف و اسانس آنها متفاوت است (Sefidkon *et al.*, 2007). غده‌های ترشحی به‌طور معمول در سطح تحتانی برگ با تراکم بیشتر دیده می‌شوند. پراکندگی این گیاه در جنوب اروپا و جنوب غربی آسیا است (Kumburovic *et al.*, 2019). در نواحی مختلف ایران به‌ویژه در غرب و شمال غرب کشت می‌شود (Hajhashemi *et al.*, 2000). کارواکرول از بین ترکیبات دارویی این گیاه، بیشترین میزان ازنظر کمیت (۴۰ تا ۶۰ درصد) را به خود اختصاص داده است (Mihajilov - Krstev *et al.*, 2009)؛ همچنین گاماترپینن، تیمول، پاراسیمن، ترکیبات فنولی، ژرانیول و فلاونوئید نیز ازجمله ترکیبات دارویی این گیاه هستند.

در پژوهشی Hadian و همکاران (۲۰۱۱) ۶۹ نمونه از هشت جمعیت مرزهٔ خوزستانی را به‌صورت مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی بررسی کردند و دریافتند بیشترین تنوع مورفولوژیکی بین جمعیت‌ها، مربوط به طول دمگل و مساحت برگ است و گروه‌بندی افراد در خوشه با الگوی پراکنش جغرافیایی آنها چندان مرتبط نیست. Karimi و همکاران (۲۰۱۴) ۶۰ توده از هفت جمعیت مرزهٔ جنگلی رویش‌یافته در شمال و شمال شرقی ایران را ازنظر ویژگی‌های مورفولوژیکی و مقدار اسانس ارزیابی کردند. نتایج مطالعهٔ آنها نشان داد ۶۰ تودهٔ بررسی‌شده، در سه گروه مجزا قرار دارند و مقدار

اسانس نیز از ۰/۱۷ تا ۵ درصد متغیر بود؛ همچنین در بررسی ویژگی‌های مورفولوژیکی مرزهٔ بختیاری مشخص شد ابعاد برگ، همبستگی معنی‌داری با ویژگی‌های گل و گل‌آذین دارد؛ همین‌طور ارتفاع گیاه همبستگی مثبت و معنی‌داری با ویژگی‌های گل‌آذین دارد (Khadivi - khub *et al.*, 2013). Bezic و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که بین جمعیت‌های *S. montana* و *S. cuenifolia* تفاوت معنی‌داری ازنظر درصد اسانس وجود دارد. در بررسی تنوع مورفولوژیکی پنج جمعیت آویشن *Thymus glabrescens* تغییرات معنی‌داری در طول، عرض و تعداد غده‌های ترشحی برگ مشاهده شد (Dajic - Stevanovic *et al.*, 2008). در اصلاح گیاهان دارویی، کمبود تنوع ژنتیکی موجب محدودیت در دستیابی به عملکرد مطلوب می‌شود (Maghsudi Kelardashti *et al.*, 2014). در پژوهش حاضر برای نخستین‌بار، توده‌های ایرانی و خارجی مرزهٔ تابستانه جمع‌آوری و کشت و ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی آن بررسی شد تا با استفاده از این اطلاعات برنامه‌ریزی مناسبی برای کشت و اصلاح این گیاه انجام شود.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه، ۲۰ تودهٔ بومی و غیر بومی مرزهٔ تابستانه از نقاط مختلف ایران و جهان جمع‌آوری و در فروردین سال ۱۳۹۸ در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشگاه محقق اردبیلی (واقع در استان اردبیل، به طول ۴۸ درجه و ۱۷ دقیقهٔ شرقی و عرض ۳۸ درجه و ۱۴ دقیقهٔ شمالی و ارتفاع ۱۳۵۲ متر از سطح دریا، دارای میانگین دمای سالانهٔ ۱۷/۵ درجهٔ سانتی‌گراد و میانگین بارندگی سالانهٔ ۲۹۶ میلی‌متر) در قالب طرح بلوک‌های به‌طور کامل تصادفی با سه تکرار کشت شد. از این تعداد، ۱۰ تودهٔ غیر بومی (بلغارستان، آلمان، چک، گرجستان، سوریه، مجارستان، لهستان، ایتالیا و ازبکستان) از مؤسسهٔ ژنتیک گیاهی و تحقیقات گیاهان زراعی (Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research) آلمان و ۱۰ تودهٔ بومی ایرانی از مناطق مختلف کشور (استان‌های اردبیل، گیلان، اصفهان، خراسان شمالی، آذربایجان شرقی، مازندران، البرز، کرمان، کرمانشاه و زنجان) جمع‌آوری شد. به‌دلیل کوچک‌بودن بذرها کشت با عمق کم، در حدود یک سانتی‌متری سطح خاک انجام شد. اندازهٔ کرت یک متر در یک متر، فاصلهٔ بین ردیف‌ها در کرت ۲۰ سانتی‌متر و فاصلهٔ بین بوته‌ها ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. آبیاری گیاهان تا زمان سبزشدن، هر روز و با مقدار کمی آب و پس از سبزشدن گیاه سه‌بار در هفته انجام شد. درنهایت، برای ایجاد رشد بهینه، داخل هر کرت ۱۰ بوته نگهداری شد. اندازه‌گیری صفات موفولولوژیکی و فیتوشیمیایی در مردادماه که ۵۰ درصد گیاهان گل داده بودند، انجام شد. صفات مورفولوژیکی از قبیل سطح مقطع بوته (سطح اشغال‌شده توسط گیاه) به سانتی‌متر مربع، نسبت طول به عرض برگ، تعداد برگ و برگه در هر گیاه، سطح برگ به سانتی‌متر مربع (توسط دستگاه سطح برگ سنج، مدل CID)، تعداد گل در گل‌آذین، وزن صد دانه به میلی‌گرم، تعداد بذر در گیاه، درصد اسانس (جرمی به جرمی)، محتوای فنول کل و آنتوسیانین کل به میلی‌گرم در گرم وزن تر گیاه، طول جام گل به سانتی‌متر، طول بذر به میلی‌متر، نسبت طول به قطر کاسهٔ گل، طول کاسبرگ به سانتی‌متر، طول برگه به سانتی‌متر، عرض برگه به سانتی‌متر، طول کلاله به

سانتی‌متر، طول پرچم به سانتی‌متر و تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی بود (جدول ۱). تجزیهٔ داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS16 انجام شد.

اندازه‌گیری محتوای فنول کل

میزان ترکیبات فنولی موجود در عصارهٔ گیاه براساس روش فولین - سیوکالتیو (Sonald and Laima, 2001) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری، میزان ۰/۲ گرم فنول از نمونهٔ گیاهی وزن و داخل هاون چینی قرار داده شد؛ سپس به آن سه میلی‌لیتر اتانول ۹۰ درصد افزوده شد. بعد از ساییده‌شدن، محلول حاصل یک شب در تاریکی نگه داشته شد؛ سپس درون میکروتیوپ ریخته و در داخل سانتریفیوژ به مدت پنج دقیقه و با سرعت ۱۰۰۰ دور در دقیقه قرار داده شد تا فاز جامد و مایع عصاره با دستگاه سانتریفیوژ جدا شود. ۰/۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد به ۰/۵ میلی‌لیتر از محلول رویی حاصل اضافه و حجم محلول با آب مقطر به ۲/۵ میلی‌لیتر رسانده شد. به محلول حاصل ۰/۲۵ میلی‌لیتر معرف فولین ۱۰ درصد و ۰/۵ میلی‌لیتر کربنات سدیم ۵ درصد اضافه و به مدت یک ساعت در تاریکی نگهداری شد؛ سپس شدت جذب با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۲۵ نانومتر اندازه‌گیری شد. برای رسم منحنی استاندارد و معادلهٔ رگرسیون ترکیب فنولی، اسیدگالیک در نقش معیار مقایسهٔ فنول استفاده شد. محتوای فنول کل عصاره براساس میلی‌گرم معادل اسیدگالیک بر گرم وزن تر گیاه گزارش شد.

اندازه‌گیری آنتوسیانین

اندازه‌گیری آنتوسیانین کل با استفاده از روش Hara و همکاران (۲۰۰۳) انجام شد؛ به همین منظور ۰/۲ گرم از نمونهٔ گیاهی وزن‌شده به همراه سه میلی‌لیتر متانول اسیدی (متانول و اسیدکلریدریک به نسبت ۹۹ به ۱) ترکیب و خوب ساییده شد. عصارهٔ حاصل داخل میکروتیوب ریخته و به مدت ۱۵ دقیقه در ۱۲۰۰۰ دور سانتریفیوژ و از کاغذ صافی عبور داده شد؛ سپس به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی و دمای چهار درجهٔ سانتی‌گراد قرار گرفت و میزان جذب رنگ آن در طول موج ۵۵۰ نانومتر با استفاده از اسپکتروفوتومتر خوانده شد. برای محاسبهٔ غلظت آنتوسیانین از فرمول ضریب خاموشی استفاده شد.

تعیین میزان اسانس

در زمان گلدهی، نیمی از اندام‌های هوایی گیاه مرزهٔ تابستانه از هر کرت جمع‌آوری و در سایه و دمای ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد خشک شد. استخراج اسانس توده‌ها با روش Arabsalehi و همکاران (۲۰۱۶) انجام شد. در طی این روش، ۵۰ گرم از اندام‌های هوایی خشک‌شده به کمک آسیاب خرد شد. اسانس‌گیری با استفاده از دستگاه کلونجر به روش تقطیر با آب در شرایط به‌طور کامل یکسان انجام شد؛ بدین منظور اندام‌های هوایی خردشدهٔ بوته‌ها در بالن دستگاه تقطیر کلونجر ریخته و میزان ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به بالن اضافه شد. عمل حرارت‌دادن به مدت چهار ساعت ادامه یافت. تمام اسانس حاصل از پودر گیاهی در قسمت مدرج لوله جمع شد. بعد از استخراج اسانس، درصد اسانس با رابطهٔ زیر محاسبه شد:

درصد اسانس = ((وزن اسانس (g) / وزن خشک اولیه (g)) × ۱۰۰

این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های به‌طور کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تجزیهٔ واریانس داده‌ها انجام و برای مقایسهٔ میانگین داده‌ها از آزمون

چنددامنه‌ای دانکن استفاده شد. همبستگی بین صفات با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون و تجزیهٔ عاملی با استفاده از چرخش داده‌ها و روش Varimax صورت گرفت. تجزیهٔ خوشه‌ای و طبقه‌بندی توده‌ها نیز با استفاده از روش ward براساس مربع فاصلهٔ اقلیدسی انجام شد.

جدول ۱- آماره‌های توصیفی بررسی‌شده در ۲۰ تودهٔ مختلف گیاه مرزهٔ تابستانه (*S. hortensis*)

صفات	علائم	واحد	میانگین	حداقل	حد بیشتر
سطح مقطع بوته	PD	سانتی‌متر مربع	۳۰/۶۰	۱۶/۶۳	۵۴/۴۷
سطح برگ	LA	سانتی‌متر مربع	۲۴/۶۱	۱۰/۷۹	۴۱/۹۶
طول به عرض برگ	LLW	-	۲/۹۲	۱/۰۰	۶/۱۰
تعداد برگ	LN	-	۳۵۳/۰۴	۱۹۱/۸۱	۶۲۸/۳۵
تعداد برگه	BN	-	۳۸۰/۵۹	۱۰۹/۶۵	۶۴۶/۹۶
تعداد گل در گل‌آذین	NFI	-	۲/۸۷	۱/۰۰	۹/۲۳
وزن صد دانه	100SD	میلی‌گرم	۴۸/۵۹	۲۵/۹۸	۱۱۲/۵۸
تعداد بذر در گیاه	SN	–	۴۹۲/۰۶	۱۳۸/۹۳	۸۶۹/۰۴
درصد اسانس	EY	%	۰/۴۲	۰/۱۱	۱/۶۸
فنول کل	TPC	میلی‌گرم بر گرم وزن تر	۱۷/۹۳	۴/۵۳	۴۳/۴۴
آنتوسیانین	Antho	میلی‌گرم بر گرم وزن تر	۰/۳۳	۰/۰۲	۰/۷۲
طول جام گل	PL	سانتی‌متر	۰/۸۲	۰/۳	۱/۷۸
طول بذر	SL	میلی‌متر	۳/۴۷	۱/۰۰	۵/۹۰
طول به قطر کاسهٔ گل	CLD	-	۲/۱۲	۰/۸	۵/۲۳
طول کاسبرگ	CL	سانتی‌متر	۰/۷۸۰	۰/۲	۱/۵۶
طول برگه	BL	میلی‌متر	۱/۶۳	۰/۸۶	۳/۰۳
عرض برگه	BW	سانتی‌متر	۰/۴۲	۰/۱۷	۱/۳۶
طول پرچم	S	سانتی‌متر	۰/۵۶	۰/۱۲	۱/۶۶
روز تا ۵۰ درصد گلدهی	50	روز	۹۱/۰۰	۵۰/۰	۱۳۵/۰
طول کلاله	STL	سانتی‌متر	۰/۵۲	۰/۱۰	۱/۲۰

سطح مقطع گیاه (PD)، سطح برگ (LA)، طول به عرض برگ (LLW)، تعداد برگ (LN)، تعداد برگه (BN)، تعداد گل در گل‌آذین (NFI)، وزن صد دانه (100SW)، تعداد بذر در گیاه (SN)، درصد اسانس (EY)، فنول کل (TPC)، آنتوسیانین (Antho)، طول جام گل (PL)، طول بذر (SL)، طول به قطر کاسهٔ گل (CLD)، طول کاسبرگ (CL)، طول برگه (BL)، عرض برگه (BW)، طول پرچم (S)، تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی (50f) و طول کلاله (STL).

نتایج

بررسی صفات مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی توده‌های مرزهٔ تابستانه

نتایج حاصل از تجزیهٔ واریانس داده‌ها برای صفات مورفولوژیک نشان داد بین توده‌های مرزهٔ تابستانهٔ مطالعه‌شده، در صفات سطح مقطع بوته، نسبت طول به

عرض برگ، تعداد برگ، تعداد برگه، تعداد گل در گل‌آذین، وزن صد دانه، تعداد بذر، محتوای فنول کل، آنتوسیانین کل، طول بذر و طول کاسبرگ اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و در صفات عرض برگه، تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی، طول کلاله، سطح برگ، درصد اسانس، طول برگه و طول پرچم در سطح احتمال پنج درصد وجود داشت؛ اما بین توده‌های مرزهٔ تابستانه دربارهٔ صفات طول جام گل و نسبت طول به قطر کاسهٔ گل اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲) که نشان‌دهندهٔ وجود تنوع گسترده برای صفات مطالعه‌شده در توده‌های این گونه است. ضریب تغییرات نیز بین ۹/۴۷ (طول کاسبرگ) تا ۳۱/۲۵ (تعداد برگ) متغیر بود. براساس مقایسهٔ میانگین صفات اندازه‌گیری‌شده (جدول ۳) مشاهده شد که بیشترین میزان سطح مقطع گیاه (۴۴/۱۴ سانتی‌متر مربع)، تعداد برگ (۵۰۹/۲۹)، وزن صد دانه (۹۸/۸۶ میلی‌گرم) و طول کاسبرگ (۱/۵۴ سانتی‌متر) مربوط به توده ازبکستان بود. توده بلغارستان بیشترین میزان سطح برگ (۳۷/۳۹ سانتی‌متر مربع)، تعداد برگه (۶۱۵/۸۹)، تعداد گل در گل‌آذین (۶/۴۳)، تعداد بذر در گیاه (۸۴۶/۲۸)، طول برگه (۲/۶۵ سانتی‌متر) و عرض برگه (۱/۰۸ سانتی‌متر) را داشت. بیشترین میزان طول به عرض برگ (۵/۱۵) و طول بذر (۵/۶۴ میلی‌متر) متعلق به توده ایتالیا و بیشترین میزان درصد اسانس (۱/۲۳ درصد) و طول پرچم (۰/۹۶ سانتی‌متر) مربوط به توده کرج بود؛ همچنین توده مازندران زودتر از تمام توده‌ها به ۵۰ درصد گلدهی رسید (۷۶/۳۳ روز از جوانه‌زنی بذرها)؛ درمقابل کمترین میزان سطح مقطع گیاه (۲۳/۴۱ سانتی‌متر مربع)، تعداد برگ (۲۶۵/۶۷)، تعداد گل در گل‌آذین (۱)، درصد اسانس (۰/۱۳ درصد) و طول کاسبرگ (۰/۳۶ سانتی‌متر) در توده لهستان دیده شد. توده ایتالیا کمترین میزان وزن صد دانه (۲۷/۴۲ میلی‌گرم) و طولانی‌ترین مدت تا ۵۰ درصد گلدهی را داشت (۱۲۹/۶۷ روز از جوانه‌زنی بذرها)؛ همچنین توده کرمان کمترین میزان سطح برگ (۱۵/۱۸ سانتی‌متر مربع)، تعداد برگه (۱۶۴/۴۸)، تعداد بذر در گیاه (۲۰۸/۴)، طول بذر (۱/۵ میلی‌متر) و عرض برگه (۰/۲۷ سانتی‌متر) را از خود نشان داد. کمترین طول به عرض برگ (۱/۰۳) در توده کاشمر، کمترین طول کلاله (۰/۲ سانتی‌متر) در توده رشت و کمترین میزان طول برگه (۱/۱۱) و طول پرچم (۰/۲۲) نیز در توده زنجان مشاهده شد.

جدول ۲- تجزیهٔ واریانس صفات بررسی‌شدهٔ توده‌های مرزه (*S. hortensis*)

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات								
		PD	LA	LLW	LN	BN	NFI	100SD	SN	EY	TPC
بلوک	۲	۰/۸۳^{ns}	ns ۵۷/۹۱	۰/۱۹^{ns} ۱	۲۶۴۰/۲۵ ^{ns}	۰/۱۹* ۳۱۸۹۰	۰/۴۶* ۱۱	۰/۷۶^{ns} ۵۵۹	۸۲۰۳۷/۰۱*	۰/۶۲^{ns}	۰/۸۳** ۳۴۹
توده	۱۹	۰/۳** ۱۰۰	۰/۳۲* ۱۱۸	۰/۳۹** ۴	۰/۶۴** ۱۳۳۴۹	۰/۶۶** ۶۵۴۰	۰/۶۷** ۵	۰/۳۲** ۷۰۲	۰/۲** ۱۱۲۵۱۶	۰/۶۱*	۱۱۰/۷**
خطا	۳۸	۳۲/۳۴	۵۷/۷۸	۱/۴	۴۳۰۴/۸۹	۹۶۰۴/۸۶	۲/۵۲	۱۸۸/۶۸	۱۹۱۰۱/۱۸	۰/۲۵	۴۱/۲۴
CV%		۱۴/۱۱	۱۸/۰۲	۹/۱۸	۳۱/۲۵	۲۵/۱۶	۱۸/۰۱	۲۲/۱۹	۲۴/۸۲	۱۴/۷۳	۲۴/۴۱

ns، *، **: به ترتیب غیر معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ادامهٔ جدول ۲- تجزیهٔ واریانس صفات بررسی‌شدهٔ توده‌های مرزه (*S. hortensis*)

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات									
		Antho	PL	SL	CLD	CL	BL	BW	S	50f	STL
بلوک	۲	۰/۰۳*	۰/۲۷*	۲/۶۵*	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۱۶*	۰/۰۵^{ns}	۰/۰۶^{ns}	۰/۲۱*	۱۰۳۶/۲۵**	۰/۰۰۶ ^{ns}
توده	۱۹	۰/۰۳**	۰/۱^{ns}	۵/۴۳**	۰/۰۳^{ns}	۰/۳۲**	۰/۶۳*	۰/۱*	۰/۱۴*	۴۱۹/۴*	۰/۱۴*
خطا	۳۸	۰/۰۰۸	۰/۰۷	۰/۷۹	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۳۴	۰/۰۳	۰/۰۶	۱۰۱/۱۲	۰/۰۳
CV%		۲۷/۱۲	۱۴/۹	۱۷/۰۵	۲۲/۵۲	۹/۴۷	۱۵/۷۶	۲۸/۱۳	۱۶/۶۸	۱۲/۷۵	۲۱/۲۹

ns، *، **: به ترتیب غیر معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ۳- مقایسهٔ میانگین صفات در ۲۰ تودهٔ گیاه مرزهٔ تابستانه (*S. hortensis*)

توده	PD (cm^2)	LA (cm^2)	LLW	LN	BN	NFI	100SW (mg)	SN
بلغارستان	۴۳/۹۵^{a}	۳۷/۳۹^{a}	۴/۸۳^{ab}	۵۰۷/۰۶^{a}	۶۱۵/۸۹^{a}	۶/۴۳^{a}	۵۹/۸۹^{bc}	۸۴۶/۲۸^{a}
آلمان	۲۷/۵۲^{bcd}	۲۳/۵^{bc}	۲/۵۶$^{b-g}$	۳۱۷/۴۸^{bcd}	۱۸۲/۷۶^{ef}	۱/۵^{b}	۵۵/۵۰^{bcd}	۲۳۱/۵۵^{fg}
چک	۲۳/۰۲^{d}	۲۵/۹۵^{bc}	۱/۵^{efg}	۲۶۵/۶۷^{d}	۲۱۳/۴۶^{ef}	۲/۶۶^{b}	۳۹/۶۹^{bcd}	۲۷۰/۴۵^{fg}
گرجستان	۲۷/۲۳^{bcd}	۲۷/۹۷^{bc}	۲/۵۲$^{c-g}$	۳۱۴/۱۷^{bcd}	۲۱۹/۳۱^{ef}	۱/۳۳^{b}	۵۴/۱۲^{bcd}	۲۷۷/۸۶^{efg}
سوریه	۲۷/۹۹^{bcd}	۲۱/۱۸^{c}	۳/۳۲$^{b-f}$	۳۲۲/۹۹^{bcd}	۵۱۱/۷۶^{abc}	۲/۰۳^{b}	۵۶/۲۹^{bc}	۶۴۸/۳۴$^{a-d}$
مجارستان	۳۰/۴۸^{bcd}	۲۵/۴۳^{bc}	۱/۳۳^{fg}	۳۵۱/۶۶^{bcd}	۳۳۲/۶۲$^{c-f}$	۲/۶۲^{b}	۵۷/۷۳^{bc}	۴۲۱/۴۳$^{c-g}$
کرج	۳۱/۷۲^{bcd}	۲۰/۷^{c}	۳/۳۵$^{b-f}$	۳۶۵/۹۹^{bcd}	۳/۳۷$^{b-e}$	۴/۰۵^{ab}	۶۰/۶۲^{b}	۴۶۸/۶۶$^{b-g}$
لهستان	۲۳/۴۱^{d}	۲۸/۷۷^{bc}	۲/۴۴$^{c-g}$	۲۷۰/۰۸^{d}	۵۱۹/۰۲^{abc}	۱/۰۰^{b}	۳۷/۵۲^{bcd}	۷۱۳/۱۶^{ab}
رشت	۲۵/۰۳^{cd}	۲۰/۹۴^{bc}	۱/۲۶^{fg}	۲۸۸/۸۲^{cd}	۲۴۳/۰۷^{ef}	۱/۰۱^{b}	۳۱/۷۵^{cd}	۳۰۷/۹۶^{efg}
ایتالیا	۳۴/۸۶^{abc}	۳۱/۲۵^{ab}	۴/۴۵^{abc}	۴۰۱/۷۵^{abc}	۵۲۰/۱۳^{abc}	۳/۰۶^{b}	۲۷/۴۲^{d}	۶۷۴/۳۱^{abc}
آلمان ۲	۳۷/۴۵^{ab}	۳۰/۴۹^{ab}	۳/۶۶$^{b-e}$	۴۳۲/۱۳^{ab}	۳۲۸/۹۶$^{c-f}$	۱/۰۱^{b}	۳۸/۹۷^{bcd}	۴۶۳/۱$^{b-g}$
ازبکستان	۴۴/۱۴^{a}	۳۰/۵۸^{ab}	۵/۱۶^{a}	۵۰۹/۲۹^{a}	۵۹۰/۳۱^{a}	۳/۶۶^{ab}	۹۸/۸۶^{a}	۶۸۷/۷۷^{abc}
زنجان	۲۹/۱۴^{bcd}	۲۲/۷^{bc}	۴/۰۳$^{a-d}$	۳۳۶/۲۲^{bcd}	۳۶۵/۵۱$^{b-f}$	۴/۳۳^{ab}	۴۵/۴۶^{bcd}	۴۶۳/۱$^{b-g}$
کاشمر	۳۰/۷۶^{bcd}	۱۷/۹۴^{c}	۱/۰۳^{g}	۳۵۴/۹۶^{bcd}	۳۶۳/۳۲$^{b-f}$	۳/۶۶^{ab}	۴۳/۳^{bcd}	۵۱۳/۷۹$^{b-f}$
کرمانشاه	۲۹/۷۱^{bcd}	۱۷/۳^{c}	۲/۰۲$^{d-g}$	۳۴۲/۸۴^{bcd}	۲۱۹/۳۱^{ef}	۲/۶۶^{b}	۳۸/۲۴^{bcd}	۲۷۷/۸۳^{efg}
تبریز	۳۰/۲۹^{bcd}	۲۲/۸۶^{bc}	۱/۶۶^{efg}	۳۴۹/۴۵^{bcd}	۵۴۸/۲۷^{ab}	۳/۶۶^{ab}	۵۴/۱۲^{bcd}	۶۹۴/۶۵^{abc}
اردبیل	۳۱/۹۷^{bcd}	۲۵/۶۹^{bc}	۳/۲۳$^{b-b-g}$	۳۶۸/۱۹^{bcd}	۵۵۵/۵۸^{ab}	۳/۰۹^{b}	۴۱/۱۳^{bcd}	۷۲۴/۲۶^{ab}
مازندران	۲۷/۳۲^{bcd}	۱۹/۳^{c}	۳/۵۳$^{b-f}$	۳۱۵/۲۸^{bcd}	۳۰۳/۷۴^{def}	۴/۳۳^{ab}	۴۴/۷۴^{bcd}	۳۸۴/۸۶$^{d-g}$
کرمان	۳۰/۲۹^{bcd}	۲۵/۱۳^{bc}	۳/۶۶^{bcd}	۳۴۹/۴۵^{bcd}	۱۶۴/۴۸^{f}	۲/۶۶^{b}	۴۴/۷۴^{bcd}	۲۰۸/۴^{g}
اصفهان	۲۵/۷^{cd}	۱۵/۱۸^{d}	۳/۰۱$^{b-g}$	۲۹۶/۵۴^{cd}	۴۴۴/۴۶$^{b-d}$	۲/۶۶^{b}	۳۴/۶۴^{bcd}	۵۶۳/۱۳$^{a-d}$

سطح مقطع گیاه (PD)، سطح برگ (LA)، طول به عرض برگ (LLW)، تعداد برگ (LN)، تعداد برگه (BN)، تعدادگل در گل‌آذین (NFI)، وزن صد دانه (100SW) و تعداد بذر در گیاه (SN).

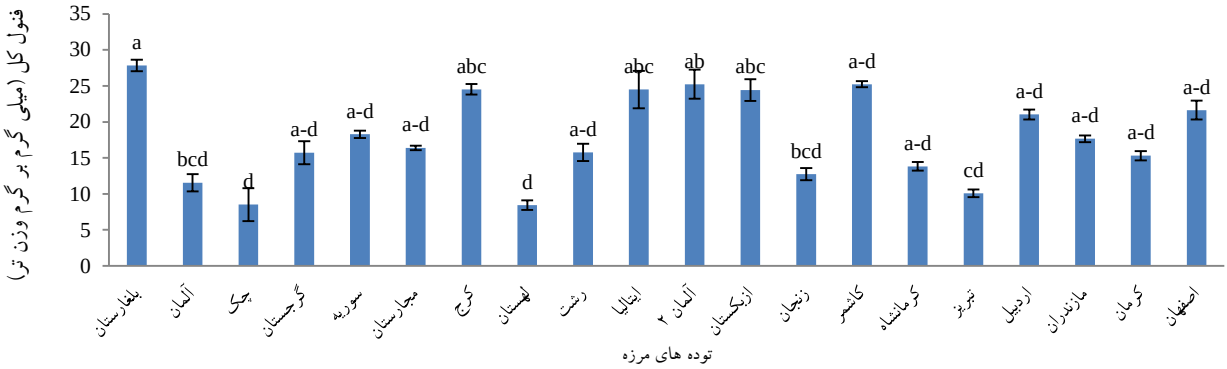
ادامهٔ جدول ۳- مقایسهٔ میانگین صفات در ۲۰ تودهٔ گیاه مرزهٔ تابستانه (*S. hortensis*)

توده	EY(%)	SL(mm)	CL(cm)	BL(cm)	BW(cm)	S(cm)	50f	STL(cm)
بلغارستان	۰/۳۶^{bc}	۵/۶۱^{a}	۱/۳۶^{ab}	۲/۶۵^{a}	۱/۰۸^{a}	۰/۸^{abc}	۱۰۲/۳۳^{b}	۰/۶۲$^{b-f}$
آلمان	۰/۶^{bc}	۱/۶۶^{ef}	۰/۳۶^{g}	۱/۳۵^{b}	۰/۴۴^{bc}	۰/۳۱^{cd}	۸۰/۰۱^{c}	۰/۳۶$^{e-h}$
چک	۰/۷۸^{bc}	۱/۹۴^{ef}	۰/۸۳^{def}	۱/۵۸^{ab}	۰/۳۵^{bc}	۰/۵۸$^{a-d}$	۸۶/۳۳^{bc}	۰/۳۶$^{e-h}$
گرجستان	۰/۱۴^{c}	۲/۰۱^{ef}	۰/۴۸^{fg}	۱/۸۷^{bc}	۰/۳۱^{c}	۰/۶۲$^{a-d}$	۹۱/۶۶^{bc}	۰/۵$^{b-h}$
سوریه	۱/۰۵^{ab}	۴/۶۶^{abc}	۰/۵^{fg}	۱/۵۱^{b}	۰/۳۷^{bc}	۰/۶۸$^{a-d}$	۱۰۳/۰۳^{b}	۰/۳^{fgh}
مجارستان	۰/۸۶^{bc}	۳/۰۳^{cf}	۰/۸۳^{def}	۱/۸۸^{ab}	۰/۴^{bc}	۰/۹۶^{a}	۹۱/۰۰^{bc}	۰/۳۳^{fgh}
کرج	۱/۲۳^{a}	۳/۳۷$^{b-d}$	۰/۴۶^{fg}	۱/۴۸^{b}	۰/۳۱^{c}	۰/۶۲$^{a-d}$	۸۱/۰۹^{bc}	۰/۵۶$^{b-g}$
لهستان	۰/۱۳^{c}	۴/۷۳^{abc}	۰/۵^{fg}	۱/۷۲^{ab}	۰/۴۸^{bc}	۰/۶۶$^{a-d}$	۸۳/۶۶^{bc}	۰/۲۶^{gh}
رشت	۰/۱۷^{c}	۲/۲۱^{ef}	۰/۴۶^{fg}	۱/۳۶^{b}	۰/۳۱^{c}	۰/۳۹^{bcd}	۸۴/۳۳^{bc}	۰/۲^{h}
ایتالیا	۰/۵۶^{bc}	۴/۷۴^{abc}	۰/۵۶^{efg}	۲/۰۱^{ab}	۰/۳۵^{bc}	۰/۳۷^{bcd}	۱۲۹/۶۷^{a}	۰/۳۵^{fgh}
آلمان ۲	۰/۴۹^{bc}	۳/۰۲^{def}	۰/۶۶$^{d-g}$	۱/۹۶^{ab}	۰/۴^{bc}	۰/۴۶$^{a-d}$	۹۳/۳۵^{bc}	۰/۷۳$^{a-d}$
ازبکستان	۰/۵^{bc}	۵/۳۸^{a}	۱/۵۴^{a}	۱/۵۲^{b}	۰/۴۸^{bc}	۰/۹۳^{ab}	۱۰۰/۰۸^{b}	۰/۷۸^{abc}
زنجان	۰/۵۲^{bc}	۳/۳۳$^{b-f}$	۰/۹$^{c-f}$	۱/۴^{b}	۰/۶۱^{bc}	۰/۲۲^{d}	۸۴/۰۰^{bc}	۰/۴۵$^{d-h}$
کاشمر	۰/۵۵^{bc}	۳/۳۱$^{b-f}$	۰/۷۳$^{d-g}$	۱/۵۱^{b}	۰/۳۴^{c}	۰/۳۳^{cd}	۸۳/۰۰^{bc}	۰/۷$^{a-e}$
کرمانشاه	۰/۵۶^{bc}	۲/۰۱^{ef}	۰/۶۷$^{d-g}$	۱/۵۸^{ab}	۰/۳۸^{bc}	۰/۴۹$^{a-d}$	۸۳/۶۶^{bc}	۰/۵۳$^{b-h}$
تبریز	۰/۵^{bc}	۵/۰۰^{ab}	۰/۸۳^{def}	۱/۱۱^{b}	۰/۲۸^{c}	۰/۴۵$^{a-d}$	۹۱/۳۶^{bc}	۰/۸۳^{ab}
اردبیل	۰/۷۸^{bc}	۵/۰۶^{ab}	۱/۲۷^{abc}	۱/۲۹^{b}	۰/۳۴^{c}	۰/۵$^{a-d}$	۸۶/۳۳^{bc}	۰/۹۷^{a}
مازندران	۰/۶^{bc}	۲/۷۷^{ef}	۱/۰۳$^{b-e}$	۱/۵۲^{b}	۰/۳۲^{c}	۰/۴۹$^{a-d}$	۷۶/۳۳^{c}	۰/۳۳^{fgh}
کرمان	۰/۴۳^{bc}	۱/۵^{f}	۱/۱^{bcd}	۱/۸۳^{ab}	۰/۲۷^{c}	۰/۸۲^{abc}	۹۰/۶۶^{bc}	۰/۸^{abc}
اصفهان	۰/۷۷^{bc}	۴/۰۵$^{a-d}$	۰/۵۶^{efg}	۱/۵۷^{ab}	۰/۷^{b}	۰/۴۸^{ad}	۹۷/۶۶^{bc}	۰/۴۶$^{c-h}$

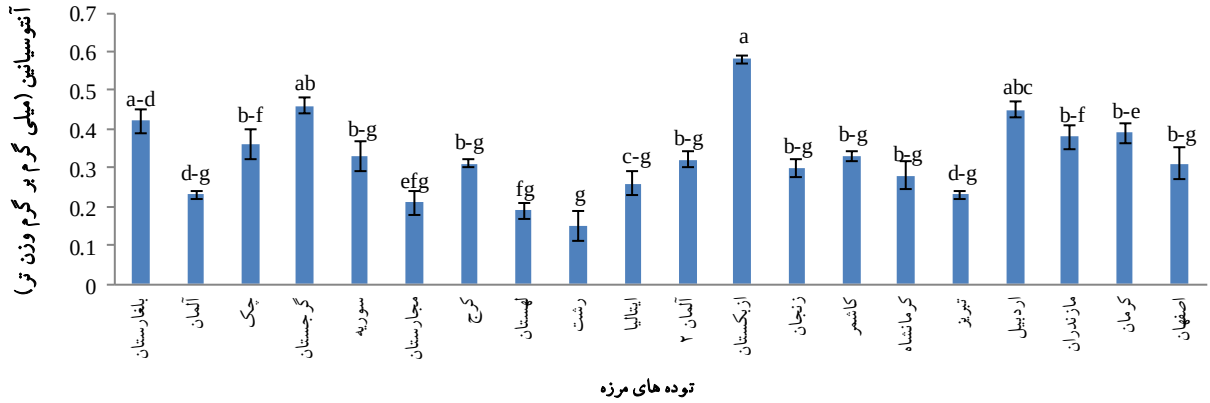
درصد اسانس (EY)، طول بذر (SL)، طول کاسبرگ (CL)، طول برگه (BL)، عرض برگه (BW)، طول پرچم (S)، تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی (50f) و طول کلاله (STL).

بررسی میزان فنول و آنتوسیانین کل در توده‌های مرزهٔ تابستانه

نتایج مقایسهٔ میانگین داده‌ها نشان داد تودهٔ بلغارستان بیشترین (۲۷/۸۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر گیاه) و تودهٔ لهستان کمترین (۹/۷۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر گیاه) میزان فنول را داشتند (شکل ۱). میزان آنتوسیانین نیز به‌ترتیب در توده‌های ازبکستان (۰/۵۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر گیاه) و رشت (۰/۵۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر گیاه) بیشترین و کمترین مقدار را داشت (شکل ۲).



شکل ۱- مقایسهٔ میانگین فنول کل در توده‌های گیاه مرزهٔ تابستانه (*S. hortensis*)



شکل ۲- مقایسهٔ میانگین آنتوسیانین در توده‌های گیاه مرزهٔ تابستانه (*S. hortensis*)

ضرایب همبستگی بین صفات

ضریب همبستگی بین صفات بررسی‌شده (جدول ۴) نشان داد بیشترین ضریب همبستگی بین سطح مقطع بوته با تعداد برگ (۰/۹۹) و بین تعداد بذر با طول بذر (۰/۹۷) بود و کمترین ضریب همبستگی بین طول کلاله با تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی (۰/۰۰۱) مشاهد شد. نتایج بررسی همبستگی نشان داد سطح مقطع بوته با صفات مرتبط با سایر صفات مربوط به برگ ازجمله سطح برگ، نسبت طول به عرض برگ و طول و عرض برگه نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد؛ همچنین همبستگی مثبت و معنی‌داری بین سطح مقطع بوته با وزن صد دانه، تعداد بذر، طول بذر، فنول و آنتوسیانین کل مشاهده شد. سطح برگ با صفات نسبت طول به عرض برگ، تعداد گل در گل‌آذین، تعداد برگ، طول برگه و تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت و بیشترین آنها مربوط به تعداد گل در گل‌آذین بود. بین نسبت طول به عرض برگ با تعداد برگ و برگه، محتوای فنول و آنتوسیانین کل، طول بذر، طول کاسبرگ، طول و عرض برگه و تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی همبستگی مثبت و معنی‌دار مشاهده شد. صفت تعداد برگ با تمام صفات همبستگی مثبت و معنی‌دار و تعداد برگه با تعداد بذر، طول بذر، طول کاسبرگ و تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی همبستگی داشت. تعداد گل در گل‌آذین با صفات

مختلف ازجمله سطح مقطع بوته، تعداد برگ، طول کاسبرگ و تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی همبستگی و وزن صد دانه با سطح مقطع بوته، تعداد برگ، میزان آنتوسیانین و طول پرچم همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. صفت درصد اسانس فقط با تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی و تعداد برگ همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت.

جدول ۴- ضریب همبستگی برای صفات مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی توده‌های مرزهٔ تابستانه

	PD	LA	LLW	LN	BN	NFI	100SW	SN	EY	TPC	Antho	SL	CL	BL	BW	S	50 %	STL
PD	۱																	
LA	۰/۵۹**	۱																
LLW	۰/۶۷**	۰/۴۹*	۱															
LN	۰/۹۹**	۰/۵۹**	۰/۶۷**	۱														
BN	۰/۵۱*	۰/۳۶ns	۰/۴۵*	۰/۵۱*	۱													
NFI	۰/۵۲*	۰/۱۶ns	۰/۴۲ns	۰/۵۲*	۰/۴۳ns	۱												
100SW	۰/۵۷**	۰/۲۶ns	۰/۳۷ns	۰/۵۷**	۰/۳۲ns	۰/۳۲ns	۱											
SN	۰/۵*	۰/۳۹ns	۰/۴۲ns	۰/۵۰**	۰/۹۵**	۰/۴۲ns	۰/۲۴ns	۱										
EY	−۰/۰۷	−۰/۳۹	−۰/۰۸ns	−۰/۰۷ns	۰/۰۶ns	۰/۱۷ns	۰/۱۶ns	۰/۰۲ns	۱									
TPC	۰/۷۲**	۰/۲۳ns	۰/۵۱*	۰/۷۲**	۰/۴۱ns	۰/۴۰ns	۰/۲۵ns	۰/۲۸*	۰/۲۱ns	۱								
Antho	۰/۵۳*	۰/۲۹ns	۰/۵۶**	۰/۵۳*	۰/۲۵ns	۰/۳۷ns	۰/۵۹**	۰/۱۶ns	−۰/۲۴ns	۰/۴۲ns	۱							
SL	۰/۵۱*	۰/۳۶ns	۰/۴۵*	۰/۵۱*	۰/۹**	۰/۴۳ns	۰/۳۳ns	۰/۹۷**	۰/۰۶ns	۰/۴۱ns	۰/۲۳ns	۱						
CL	۰/۶۴**	۰/۳۸ns	۰/۴۸**	۰/۶۴**	۰/۴۱**	۰/۶۳**	۰/۵۲*	۰/۳۷ns	−۰/۱۶ns	۰/۴۱**	۰/۶۸**	۰/۴ns	۱					
BL	۰/۴۹*	۰/۶۷**	۰/۴۰*	۰/۴۹**	۰/۱۴ns	۰/۱۹ns	۰/۲۴ns	−۰/۰۲ns	۰/۲۰ns	−۰/۳۵*	۰/۴۴**	۰/۲ns	۰/۲۹ns	۱				
BW	۰/۴۳*	۰/۳۹ns	۰/۴۵*	۰/۴۳*	۰/۴۳ns	۰/۵۱*	۰/۱۵ns	۰/۴۶*	−۰/۱۷ns	۰/۳۱*ns	۰/۱۵ns	۰/۴۳ns	۰/۳۲ns	۰/۵۷**	۱			
S	۰/۳۶ns	۰/۳۹ns	۰/۲۶ns	۰/۳۶*	۰/۲۱ns	۰/۱۳ns	۰/۵۸**	۰/۱۹ns	۰/۳۲*	۰/۱۴ns	۰/۴۰ns	۰/۲۱ns	۰/۴۶*	۰/۴۱ns	۰/۱۵ns	۱		
50%	۰/۴۶*	۰/۴۸*	۰/۴۸*	۰/۴۶*	۰/۵۰**	۰/۱۰ns	۰/۰۵ns	۰/۴۸*	−۰/۰۸ns	۰/۴۴*	۰/۱۴ns	۰/۵۰**	۰/۰۸ns	۰/۴۸*	۰/۴۹*	۰/۱۷ns	۱	
STL	۰/۵۴*	۰/۱۴ns	۰/۲۵ns	۰/۵۴*	۰/۲۸ns	۰/۳۲ns	۰/۳۵ns	۰/۲۷ns	−۰/۰۲ns	۰/۳۵ns	۰/۵۵*	۰/۲۸ns	۰/۶۰**	−۰/۰۵ns	−۰/۰۱ns	۰/۱۳ns	۰/۰۰۱ns	۱

** و * به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد.

تجزیهٔ عاملی

با توجه به وجود تنوع در بین توده‌های بررسی‌شده، برای تعیین نقش هریک از صفات در تنوع موجود، تجزیه به عامل‌ها انجام شد. در هر عامل اصلی و مستقل، ضرایب بزرگتر از ۰/۵، عامل معنی‌دار در نظر گرفته شد. علامت ضرایب در داخل هر عامل نشان‌دهندهٔ ارتباط موجود در میان این صفات است. براساس نتایج حاصل، شش عامل اول بیش از ۸۵/۸۵ درصد از تنوع موجود در بین توده‌ها را توجیه کردند که ضرایب مربوط به این عامل‌ها در جدول ۵ آورده شده است. در این بررسی نخستین عامل، ۱۹/۷ درصد از سهم واریانس را در توجیه تنوع ژنتیکی در بر گرفت. این عامل همبستگی مثبت و زیادی با میزان سطح مقطع بوته، تعداد برگ، وزن صد دانه، میزان آنتوسیانین، طول کاسبرگ و طول کلاله نشان داد. براساس جدول مقایسهٔ میانگین، در این گروه توده‌های ازبکستان، بلغارستان، ایتالیا، آلمان ۲، زنجان، گرجستان، اردبیل، کاشمر و تبریز ازنظر صفات ذکرشده که اغلب صفات

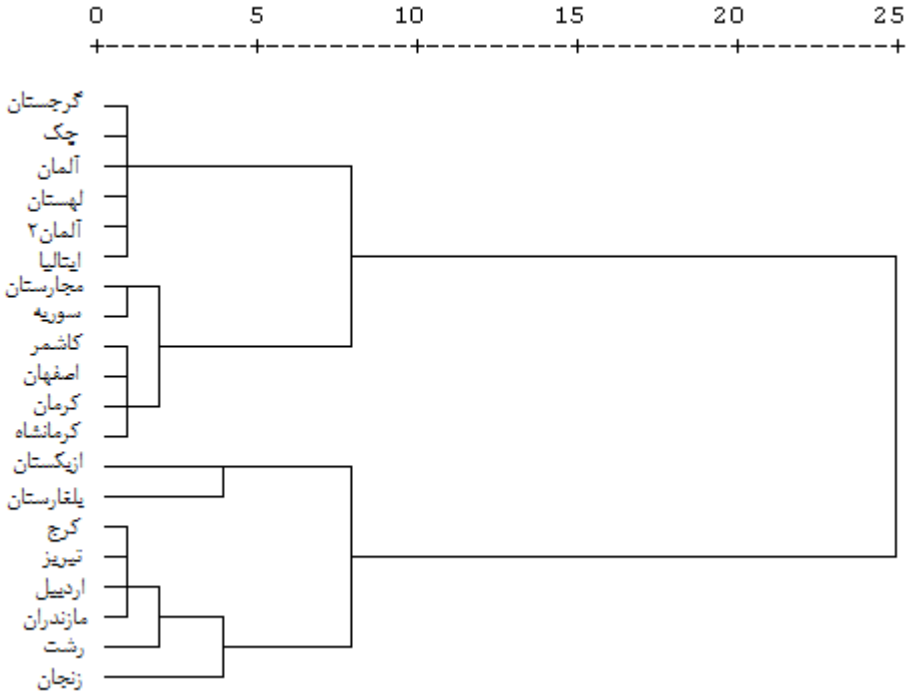
رویشی هستند، در حد بالایی بودند (جدول ۳)؛ بنابراین عامل اول، عامل عملکرد مرزهٔ تابستانه در نظر گرفته می‌شود. عامل دوم ۱۸/۹۵ درصد از تغییرات کل متغیرها را توجیه کرد. در این عامل صفات وزن صد دانه، تعداد بذر، طول بذر و تعداد برگه همبستگی مثبت و زیادی را نشان دادند که براساس جدول مقایسهٔ میانگین در این گروه توده‌های بلغارستان، سوریه، ایتالیا، تبریز و اردبیل ازنظر صفات ذکرشده که اغلب صفات زایشی هستند، در حد بالایی بودند (جدول ۳). سومین عامل، ۱۷/۹۷ درصد از واریانس را بیان کرد که بیشترین ضریب عاملی را برای سطح برگ، طول به عرض برگ، تعداد برگ، فنول کل، طول برگه و تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی داشت. عامل چهارم با ۱۰/۲۳ درصد از تغییرات کل، بیشترین ضریب عاملی را برای تعداد گل در گل‌آذین و تعداد برگه نشان داد. عامل پنجم با ۱۰/۲۳ درصد از تغییرات کل، بیشترین ضریب عاملی را برای وزن صد دانه و طول پرچم و عامل ششم با ۸/۷۴ درصد از تغییرات کل، بیشترین ضریب عاملی را برای درصد اسانس و سطح برگ داشت.

جدول ۵- نتایج تجزیه به عامل‌ها برای صفات مختلف توده‌های مرزهٔ تابستانه

صفات	مؤلفه					
	۱	۲	۳	٤	٥	٦
سطح مقطع بوته	۰/۶۲	۰/۲۷	۰/۶	۰/۲۲	۰/۱۸	-۰/۰۵
سطح برگ	۰/۱۲	۰/۲۳	۰/۵۵	۰/۰۶	۰/۳۶	-۰/۵۶
طول به عرض برگ	۰/۳۹	۰/۲۴	۰/۵۵	۰/۲۷	۰/۱۳	-۰/۰۱
تعداد برگ	۰/۶۲	۰/۲۷	۰/۶	۰/۲۲	۰/۱۸	-۰/۰۵
تعداد برگه	۰/۱۷	۰/۹۴	۰/۱۸	۰/۱۵	۰/۰۹	۰/۰۲
تعداد گل در گل‌آذین	۰/۴۳	۰/۲۴	۰/۰۷	۰/۷۳	۰/۰۰۶	۰/۲۱
وزن صد دانه	۰/۵۴	۰/۱۸	-۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۶۶	۰/۱۶
تعداد بذر در گیاه	۰/۱۳	۰/۹۳	۰/۲۰	۰/۱۹	۰/۰۴	-۰/۰۲
درصد اسانس	-۰/۰۶	۰/۰۵	-۰/۰۱	-۰/۰۲	۰/۱۳	۰/۹۳
فنول کل	۰/۳۹	۰/۱۸	۰/۷۱	۰/۱۷	-۰/۱۰	۰/۳۳
آنتوسیانین	۰/۷۴	-۰/۰۲	۰/۲۰	۰/۱۰	۰/۳۴	۰/۰۱
طول بذر	۰/۱۷	۰/۹۴	۰/۱۸	۰/۱۵	۰/۰۹	۰/۰۲
طول کاسبرگ	۰/۷۳	۰/۲۰	۰/۰۱	۰/۳۶	۰/۳۲	-۰/۱۹
طول برگه	-۰/۱۱	-۰/۰۷	۰/۷۴	۰/۴۱	۰/۲۵	-۰/۳۱
عرض برگه	-۰/۰۳	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۸۱	۰/۰۷	-۰/۱۹
طول پرچم	۰/۱۲	۰/۰۶	۰/۱۸	۰/۰۵	۰/۹۱	۰/۰۰
روز تا ۵۰ درصد گلدهی	-۰/۰۷	۰/۴۳	۰/۷۴	-۰/۱۳	۰/۰۲	-۰/۰۷
طول کلاله	۰/۸۷	۰/۱۵	۰/۰۱	-۰/۰۹	-۰/۰۷	-۰/۰۳
مقادیر ویژه	۳/۵۴	۳/۴۱	۳/۲۳	۱/۸۴	۱/۸۴	۱/۵۷
درصد واریانس	۱۹/۷	۱۸/۹۵	۱۷/۹۷	۱۰/۲۳	۱۰/۲۳	۸/۷۴
درصد واریانس تجمعی	۱۹/۷۰	۳۸/۶۲	۵۶/۶۳	۶۶/۸۷	۷۷/۱۰	۸۵/۸۵

تجزیهٔ خوشه‌ای صفات

به‌منظور گروه‌بندی توده‌های مطالعه‌شده، تجزیهٔ خوشه‌ای به روش Ward و با استفاده از مربع فاصلهٔ اقلیدسی انجام شد (شکل ۳). با توجه به دندروگرام تجزیهٔ خوشه‌ای و استفاده از تجزیهٔ تابع تشخیص به‌منظور تعیین خط برش و با در نظر گرفتن خط برش در فاصلهٔ پنج، توده‌های مرزهٔ تابستانه به چهار گروه تقسیم‌بندی شد. گروه اول یک زیرگروه داشت که شامل توده‌های گرجستان، چک، آلمان، لهستان، آلمان ۲ و ایتالیا بود و ازنظر برخی صفات نظیر درصد اسانس، سطح برگ، تعداد برگ و سطح مقطع بوته برتری نسبی نسبت به سایر گروهها داشت. گروه دوم شامل دو زیرگروه بود. زیرگروه اول آن شامل توده‌های مجارستان و سوریه بود که برتری خاصی نسبت به سایر گروهها نداشت و زیرگروه دوم آن شامل کاشمر، اصفهان، کرمان و کرمانشاه بود که در برخی صفات ازجمله درصد اسانس و تعداد گل در گل‌آذین در سطح مطلوبی بود. در گروه سوم توده‌های ازبکستان و بلغارستان قرار داشت که ازنظر بیشتر صفات بررسی‌شده نظیر سطح مقطع گیاه، سطح برگ، طول به عرض برگ، تعداد برگ، وزن صد دانه، تعداد بذر در گیاه، طول کاسبرگ و طول و عرض برگه برتری خاصی نسبت به سایر گروهها داشت. در گروه چهارم نیز دو زیرگروه قرار داشت. در زیرگروه اول آن توده‌های کرج، تبریز، اردبیل، مازندران و رشت و در زیرگروه دوم آن تودهٔ زنجان قرار داشت. این گروه ازنظر صفات درصد اسانس و طول کلاله نسبت به سایر توده‌ها دارای میانگین بیشتری بود.



شکل ۳- دندروگرام حاصل از تجزیهٔ خوشه‌ای توده‌های مرزهٔ تابستانه

بحث

برای پیشبرد برنامه‌های اصلاحی، آگاهی از میزان قرابت ژنتیکی والدین اهمیت بسیاری دارد. در این پژوهش، صفات مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی ۲۰ تودهٔ مرزهٔ تابستانه از ایران و جهان، بررسی شد. نتایج مطالعهٔ حاضر نشان داد توده‌های مختلف مرزهٔ تابستانهٔ جمع‌آوری‌شده از ایران و جهان، ازنظر صفات مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی، تنوع ژنتیکی چشمگیری دارند. براساس مقادیر آمارهای توصیفی صفات مطالعه‌شده، مقادیر حداقل و حداکثر صفات بررسی‌شده متنوع بود؛ همچنین بیشترین دامنهٔ تغییرات مربوط به صفت‌های تعداد برگ، تعداد برگه، وزن صد دانه و تعداد بذر در گیاه بود. این نتایج به‌دست‌آمده، با نتایج Khadivi - Khub و همکاران (۲۰۱۵) که جمعیت‌های مختلف مرزهٔ بختیاری (*Satureja bachtiarica*) را ازنظر صفات مورفولوژیکی بررسی کردند، مطابقت داشت. نتایج مقایسهٔ میانگین، نشان‌دهندهٔ تنوع زیاد برای صفت‌های بررسی‌شده در توده‌های مختلف مرزه بود. Faravani و همکاران (۲۰۰۶) از قبل گزارش کرده بودند که نوع رقم گیاه، تاریخ کاشت و عرض جغرافیایی در صفات مورفولوژیکی گیاه نقش دارند. طبق نتایج مقایسهٔ میانگین داده‌ها، بیشترین سطح مقطع گیاه، تعداد برگ و وزن صد دانه مربوط به تودهٔ ازبکستان بود. تودهٔ بلغارستان نیز بیشترین میزان سطح برگ، تعداد برگه، تعداد گل در گل‌آذین، تعداد بذر در گیاه و طول و عرض برگه را داشت. Hadian و همکاران (۲۰۱۰) ۳۰ تودهٔ مرزهٔ تابستانه از نقاط مختلف ایران را بررسی کردند و در بیشتر صفات مورفولوژیکی ازجمله ارتفاع گیاه، طول برگ، عرض برگ و طول میانگره، از بین توده‌های ایرانی مرزهٔ تابستانه، تودهٔ تبریز را بهترین توده معرفی کردند. در پژوهش حاضر صفات مورفولوژیکی توده‌های ازبکستان و بلغارستان بهتر از تودهٔ تبریز بود. افزایش سطح مقطع گیاهان به‌دلیل تشکیل برگ‌های بیشتر و کاراتر، باعث افزایش جذب نور خورشید و از طریق افزایش تولید مواد فتوسنتزی، موجب محصول‌دهی بهتر می‌شود (Mosavi *et al*., 2014) که ممکن است دلیل برتری تودهٔ ازبکستان در تعدادی از صفات باشد. Salamati و Zeinali (۲۰۱۱) رابطهٔ مستقیمی بین ارتفاع و سطح مقطع بوته با عملکرد گیاه سیاهدانه گزارش کردند؛ به این صورت که هرچه ارتفاع و سطح مقطع گیاه و سطح برگ بیشتر باشد، نسبت به توده‌های پاکوتاه از عملکرد بهتری برخوردارند (Esquinas, 2005). در برنامه‌های به‌نژادی، به همبستگی‌های بین صفات اهمیت خاصی داده می‌شود؛ زیرا وقتی گزینش برای صفتی انجام می‌گیرد، دانستن چگونگی تأثیر آن صفت بر دیگر صفات بسیار اهمیت دارد (Salamati and Zeinali, 2011). در پژوهش حاضر، بیشترین ضریب همبستگی بین سطح مقطع بوته و تعداد برگ بود. این همبستگی زیاد ممکن است به‌دلیل گستردگی اولیهٔ برگ‌ها و ذخیرهٔ بیشتر مواد غذایی برای رشد طولی و عرضی گیاه و رشد بیشتر بخش رویشی باشد (Sorkheh *et al*., 2010). صفت سطح برگ با صفات نسبت طول به عرض برگ، تعداد گل در گل‌آذین، تعداد برگ، طول برگه و تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت و بیشترین آنها مربوط به تعداد گل در گل‌آذین بود؛ پس نتیجه گرفته می‌شود برگ‌ها که جایگاه اصلی فتوسنتز هستند، نقش مستقیمی در این صفات دارد (Dos Santos *et al*., 2019). نتایج تجزیه به عامل‌ها وجود شش عامل را تأیید کرد. تنوع زیاد در

توده‌های مرزهٔ تابستانه به تعداد عامل‌ها بستگی دارد. در این آزمایش شش عامل اول حدود ۸۵/۸۵ درصد از واریانس را توجیه کردند. عامل اول به‌علت داشتن بیشترین میزان واریانس، «اجزای عملکرد» نام‌گذاری می‌شود و از صفاتی که در این عامل بزرگ‌ترین ضرایب عاملی را دارند، برای انتخاب بهترین توده‌ها استفاده می‌شود (Tian *et al*., 2019). در مقادیر عامل اول، تودهٔ بلغارستان بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده است؛ بنابراین اگر هدف به‌نژادگر در کارهای اصلاحی تکیه بر صفاتی باشد که در عامل اول بیشترین ضریب را دارند، تودهٔ بلغارستان انتخاب مناسبی است. Esmaili و همکاران (۲۰۱۲) به دست آمدن سه عامل درنتیجهٔ تجزیه به عامل‌ها با هدف بررسی صفات مورفولوژیک پنج گونه از جنس *Hymenocrater* از خانوادهٔ نعناعیان را گزارش کردند و عامل اول، بیشتر صفات مربوط به گل را شامل می‌شد. برپایهٔ نتایج بررسی تنوع ژنتیکی توده‌های مرزهٔ بختیاری، هفت عامل ۷۵/۹۱ درصد از واریانس کل را توجیه کرد (Khadivi - Khub *et al*., 2015) و تجزیهٔ خوشه‌ای گروه‌بندی توده‌ها به‌منظور پی‌بردن به روابط خویشاوندی و فاصلهٔ ژنتیکی میان آنها انجام شد. در این پژوهش ۲۰ تودهٔ مرزهٔ تابستانه در چهار گروه قرار گرفتند، گروه سوم ازلحاظ مورفولوژی نسبت به توده‌های دیگر برتری داشت و گروه چهار نیز ازنظر درصد اسانس، مطلوب بود.

جمع‌بندی

بررسی ویژگی‌های مختلف مورفولوژیکی، فیتوشیمیایی و میزان اسانس، پژوهشگران را در ارائهٔ راهکارهای مناسب در استفاده از تنوع ژرم‌پلاستی و به‌نژادی و تولید ارقام مطلوب، توانمند می‌سازد. این پژوهش با هدف بررسی صفات ریخت‌شناسی و کلروفیل، کاروتنوئید و درصد اسانس در توده‌های ایرانی و خارجی مرزهٔ تابستانه در شرایط استان اردبیل انجام شد. براساس ارزیابی صفات مختلف، این توده‌ها ازلحاظ صفات مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی، تنوع چشمگیری داشتند و بهترین توده‌ها ازلحاظ بیشتر صفات رویشی، توده‌های ازبکستان و بلغارستان بودند؛ همچنین ازنظر میزان اسانس، تودهٔ کرج بهترین عملکرد را داشت. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین صفات مختلف مشاهده شد. تجزیهٔ خوشه‌ای، توده‌ها را براساس ویژگی‌های ظاهری و فیتوشیمیایی در چهار گروه تفکیک کرد. درمجموع، توده‌های مرزهٔ تابستانه پتانسیل مطلوبی برای استفاده در برنامه‌های اصلاح نباتات و تولید ارقام برتر دارند.

سپاسگزاری

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

منابع

Arabsalehi, F., Rahimmalek, M., Ehtemam, M. H., & Salehi, A. (2016). Assessment of genetic variation in different stachys lavandulifolia accessions using morphological and essential oil content. *Taxonomy and Biosystematics Journal*, 8(26): 41-50 (in Persian).

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 Journal*, 14, 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 Journal*, 60(3): 475-483.

Dos Santos, V. A., Nelson, B. W., Rodrigues, J. V. F. C., Garcia, M. N., Ceron, J. V. B. & 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.

Esmaili, A., Vaezi, J., Ejtehadi, H., Farsi, M. & Joharchi, M. R. (2012). A Taxonomic Study on the Genus Hymenocrater Fisch. and CA Mey.(*Lamiaceae*) in Khorasan Region. *Taxonomy and Biosystematics Journal*, 6(19), 55-67 (in Persian).

Esquinas, J. (2005). Protecting Crop Genetic Diversity for Food Security: Political, Ethical, and Technical Challenges. *Nature Reviews Genetics Journal*, 6, 946-953.

Faravani, M., Razavi, A. R. & Farsi, M. (2006). A Study of Variation in some Agronomic and Anatomic Characters of *Nigella Sativa* Landraces in Khorasan. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 22(3), 193-197 (in Persian).

Feyzioglu, G. C. & Tornuk, F. (2016). Development of Chitosan Nanoparticles Loaded with Summer Savory (*Satureja Hortensis* L.) Essential Oil for Antimicrobial and Antioxidant Delivery Applications. *LWT-Food Science and Technology*, 70, 104-110.

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 Journal*, 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 Journal*, 8, 902-915.

Hajhashemi, V., Sadraei, H., Ghannadi A. R., & Mohseni, M. (2000). Antispasmodic and Anti-diarrhoeal Effect of *Satureja Hortensis* L. Essential Oil. *Journal of Ethno Pharmacology*, 71(1), 187-192.

Hara, M., Oki, K., Hoshino, K., & Kuboi, T. (2003). Enhancement of Anthocyanin Biosynthesis by Sugar in Radish (*Raphanus Sativus*) Hypocotyl. *Journal of Plant Science*, 164, 259-265.

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.

Khadivi-khub, A., Salehi-Arjmand, H., & Hadian, J. (2013). Morphological and Phytochemical Variation of *Satureja Bachtiarica* Populations from Iran. *Industrial Crops and Products Journal*, 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 Journal*, 301(1), 77-93.

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 Journal*, 5, 112-120.

Maghsudi Kelardashti, H. M., Rahimmalek, M., Sabzalian, M. R., & Talebi, M. (2014). An Assessment of Morphological Genetic Variations and Heritability of Iranian Fennel (*Foeniculum Vulgare* Mill.) Accessions. *Taxonomy and Biosystematics Journal*, 6(18), 77-86 (in Persian).

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 Journal*, 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.

Patil, V. V. & Patil, V. R. (2011). *Ficus Carica* Linn. An Overview. *Research Journal of Medicinal Plant*, 5(3), 246-253.

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 Persian).

Sefidkon, F., Abbasi, K., Jamzad, Z. & Ahmadi, S. (2007). The Effect of Distillation Methods and Stage of Plant Growth on the Essential Oil Content and Composition of *Satureja Rechingeri* Jamzad. *Food Chemistry Journal*, 100(3), 1054-1058.

Skubij, N. & Dzida, K. (2019). Essential Oil Composition of Summer Savory (*Satureja Hortensis* L.) Cv. Saturn Depending on Nitrogen Nutrition and Plant Development Phases in Raw Material Cultivated for Industrial Use. *Industrial Crops and Products Journal*, 135, 260-270.

Sonald, S. F. & Laima, S. K. (2001). Phenolics and Cold Tolerance of *Brassica Napus*. J*ournal of Plant Agriculture*, 1, 1-5.

Sorkheh, K., Shiran, B., Khodambashi, M., Moradi, H., Gradziel, T. M., & Martinaz Gomez, P. (2010). Correlations between Quantitative Tree and Fruit Almond Traits and Their Implications for Breeding. *Scientia Horticulture Journal*, 125, 323-331.

Souri, E., Amin, G., Farsam, H., & Andaji, S. (2004). The Antioxidant Activity of some Commonly Used Vegetables in Iranian Diet. *Journal of Fitoterapia*, 75(6), 585-588.

Tian, K., Dietzenbacher, E., & Jong-A-Pin, R. (2019). Measuring Industrial Upgrading: Applying Factor Analysis in a Global Value Chain Framework. *Economic Systems Research Journal*, 1-23.

Tozlu, E., Cakir, A., Kordali, S., Tozlu, G., Ozer, H., & Akcin, T. A. (2011). Chemical Compositions and Insecticidal Effects of Essential Oils Isolated from Achillea Gypsicola, *Satureja Hortensis*, *Origanum Acutidens*, and *Hypericum Scabrum* against Broadbean Weevil (*Bruchus Dentipes*). *Scientia Horticulturae Journal*, 130(1), 9-17.

Tsalokostas, G. (2009). *Using Tissue Culture as an Alternative Source of Polyphenols Produced by Ficus carica L.* The City University of New York.