اکوفیزیولوژی و فیتوشیمی گیاهان دارویی و معطر

شناسایی صفات مورفولوژیکی موثر در میزان اسانس لعل کوهستان در شرایط زراعی

سیدمحمدحسین ال‌عمرانی‌نژاد [1*] و علی رضوانی اقدم [1]

۱- گروه کشاورزی، واحد بین المللی خرمشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، خرمشهر، ایران (نویسنده مسئول: Alemran57@gmail.com)

شناسه مقاله

تاریخ دریافت مقاله: بهمن ۱۴۰۱

تاریخ پذیرش مقاله: خرداد ۱۴۰۲

نوع مقاله: علمی- پژوهشی

موضوع: فیتوشیمی

چکیده

به‌منظور بررسی روابط بین صفات مورفولوژیکی با درصد اسانس و اجزای آن در جمعیت‌های لعل کوهستان (*Oliveria decombens* L.)، بذور ۲۵ رویشگاه طبیعی به‌عنوان تیمار در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی شرکت شهید بهشتی دزفول در قالب طرح آزمایشی بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار کشت شد. نتایج بیانگر وجود تنوع قابل توجهی در بین جمعیت‌ها از نظر صفات مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی بود. تجزیه عاملی صفات فیتوشیمیایی نشان داد میریستیسین، تیمول و کارواکرول بیشترین بار عاملی را به ترتیب در مولفه‌های اول، دوم و سوم به خود اختصاص دادند و تجزیه خوشه‌ای بر همین اساس، جمعیت‌های مورد مطالعه را در ۵ گروه مستقل از هم تقسیم کرد. تطابق نتایج همبستگی و معادلات رگرسیونی نشان داد صفات تعداد چترک در بوته، وزن خشک و تر یکصد چترک در یک مدل ارتباطی بیشترین تأثیر را در بازده اسانس و ترکیبات غالب آن ایفا کردند. به همین دلیل در برنامه‌های به‌نژادی و گزینش جمعیت‌های برتر این گیاه دارویی نقش موثری دارند.

واژگان کلیدی: اسانس، خصوصیات مورفولوژیکی، رگرسیون، لعل کوهستان، مدل ارتباطی، همبستگی.

۱. مقدمه

لعل کوهستان، با نام علمی *Oliveria decubens* vent. تنها گونه از جنس *Olveria* بوده که در ترکیه، عراق، سوریه و مناطق غربی و جنوب غربی ایران (کرمانشاه، چهارمحال بختیاری، فارس، بوشهر و خوزستان) مشاهده می‌شود. در گویش‌های محلی کشورمان به آن «دن[1]»، «دنک[2]» یا «موشوارک[3]» گویند (Karimi et al., 2020) مطالعات گیاه‌شناسی و استفاده‌های دارویی این گیاه در طب سنتی ایران نشان می‌دهد که در نیمه غربی ایران از گذشته‌های دور این گیاه دارویی، جهت درمان سوء هاضمه، اسهال،

[1] Den
[2] Denak
[3] Moshvarak

دردهای شکمی و رفع تب استفاده می‌شد (Amin et al., 2005). تحقیقات امروزی نیز تایید می‌کند اسانس حاصل از گل‌ها و سرشاخه‌های گل‌دار لعل کوهستان، دارای اثرات ضد میکروبی قوی است (Amin et al., 2019). با توجه به برداشت بی‌رویه این گیاه در سال‌های اخیر از رویشگاه‌های طبیعی و عدم کشت وکار آن در شرایط زراعی، به نظر می‌رسد استفاده از ضرایب همبستگی و تجزیه‌های آماری چند متغیره صفات مورفولوژیکی مؤثر در تولید اسانس، می‌تواند اقدامی راهبردی در شناسایی مارکرهای ظاهری موثر در فرآیند به‌نژادی و انتخاب جمعیت‌های برتر باشد. زیرا خصوصیات ظاهری گیاه بیشترین تأثیر را در بیوسنتز ترکیبات شیمیایی گیاه دارد.

نتایج حاصل از رگرسیون گام به گام در ۲۲ جمعیت از چند گونه آویشن (*Thymus sp.*) نشان داد وزن اسانس با صفت مورفولوژیکی طول برگ ارتباط مستقیم و مثبت دارد اما در تجزیه رگرسیونی حجم اسانس با دیگر صفات مورفولوژیکی، هیچ صفتی وارد مدل نشد (Razaei et al., 2016). تجزیه و تحلیل ضرایب مسیر صفات مورفولوژیکی در جمعیت های آویشن دنایی (*Thymus daenensis* Celak.) نشان داد صفات طول گل آذین و طول برگ بیشترین تأثیر مستقیم و صفات طول برگه و ارتفاع گیاه بیشترین تأثیر غیرمستقیم را بر درصد اسانس داشتند (Hadian et al., 2016). نتایج تجزیه همبستگی در جمعیتهای بابونه (*Anthemis haussknechtii*) نشان داد که بین عملکرد اسانس با صفات وزن تر و خشک سرساقه، تعداد گل در بوته و قطر عرضی و طولی تاج پوشش همبستگی مثبت و معنی‌دار بود که نشان دهنده این است که با افزایش مقدار صفات فوق، عملکرد اسانس افزایش می‌یابد (Adeli et al., 2015). نتایج مطالعه ارتباط میان صفات مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی در جمعیت‌های بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) بیانگر وجود رابطه مثبت و معنی‌دار عملکرد اسانس با درصداسانس، شاخص کلروفیل، طول و عرض برگ و همچنین همبستگی منفی معنی‌دار با تعداد گره در ساقه بود (Rahimi et al., 2017). با بررسی جمعیت‌های *Artemisia dracunculus* مشخص شد متغیرهای مربوط به برگ، با تمام ترکیبات فیتوشیمیایی ارتباط داشتند، که نشان دهنده نقش اصلی برگ در تولید این ترکیبات بود (Karimi et al., 2015). مطالعه ضریب همبستگی در جمعیت‌های *Dracocephalum moldavica* L. نشان داد عملکرد اسانس دارای ضریب همبستگی مثبت معنی داری با عملکرد گیاه تازه، عملکرد گیاه خشک، تعداد ساقه فرعی، ارتفاع گیاه و درصد اسانس بود (Salamati and Yosofi, 2014).

تجزیه تحلیل آماری همبستگی صفات مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی جمعیت‌های *Panax notoginseng* نشان داد که برخی از خصوصیات مورفولوژیکی مانند وزن ریشه، ارتفاع بوته و طول پدانکل می توانند با محتوای ساپونین همبستگی پیدا کنند و به عنوان صفات مهم انتخابی جهت برنامه های به نژادی مورد استفاده قرار گیرند (Wang et al., 2013). با بررسی اکوتیپ‌های *Allium hirtifolium* وجود همبستگی مثبت بین محتوای آلیسین و وزن حبه تایید شد که برای انتخاب اکوتایپ‌های حاوی مقدار زیاد آلیسین، کاربرد دارد (Asili et al., 2010). رگرسیون چندگانه میان صفات مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی در جمعیتهای مرزه بختیاری (*Satureja bachtiarica*) نشان داد که بین صفات فیتوشیمیایی با برخی صفات مورفولوژیک، به ویژه خصوصیات برگ و گل، همبستگی معنی‌داری وجود دارد (Khadivi-Khub et al., 2014). روابط بین خصوصیات فیتوشیمیایی و مورفولوژیکی جمعیت‌های*Satureja Khuzistanica* Jamzad بیانگر وجود همبستگی منفی معنی‌دار درصد اسانس با طول میانگره و همبستگی مثبت با قطر کاسه گل بود. همچنین درصد اسید رزمارینیک[4] دارای همبستگی منفی معنی‌داری با طول ساقه و رنگ برگ بود اما همبستگی میان درصد اسید رزمارینیک و سطح برگ، مثبت شد (Hadian et al., 2016).

[4] Rosmarinic acid (RA)

۲. مواد و روش‌ها

- مواد گیاهی

در بهار سال ۱۳۹۸ بذر گیاه دارویی لعل کوهستان براساس فلور خوزستان، از ۲۵ رویشگاه طبیعی جمع‌آوری شد. سپس در زمستان همان سال (نیمه‌ی دی‌ماه)، بذور جمع‌آوری شده در مزرعه تحقیقاتی واقع در شرکت شهید بهشتی دزفول با طول جغرافیایی ٤٨ درجه و ۲۵ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ١٦ دقیقه و ارتفاع ۸۲/۹ متر از سطح دریا، در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار بصورت کرتی کشت شد. هر بلوک شامل ۲۵ کرت به ابعاد یک متر عرض و سه متر طول بود.

- اندازه‌گیری صفات مورفولوژیکی

به‌منظور بررسی خصوصیات مورفولوژیکی، در بهار سال ۱۳۹۹ تعداد ۵ بوته از هر پلات، در مرحله گلدهی کامل جمع‌آوری و ۱۹ صفت کمی ظاهری مورد ارزیابی قرار گرفتند. صفات قطر ساقه، قطر چترک، طول و عرض برگه توسط قطرسنج یا کولیس، صفات ارتفاع بوته، طول میانگره، عرض و طول برگ ساقه ای به کمک خط‌کش و اندازه‌گیری‌های وزنی با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت یک صدم گرم انجام شد. همچنین مقدار کلروفیل a، کلروفیل b و نسبت کلروفیل a به b با استفاده از برگ تازه گیاه به روش Arnon (١٩٦٧) اندازه‌گیری شد. پس از خشک شدن نمونه ها در سایه، نسبت وزن خشک به تر یکصد چترک بدست آمد.

- اندازه‌گیری میزان اسانس

جهت محاسبه درصد اسانس، مقدار ۵۰ گرم از گُل خشک هر یک از نمونه‌ها به‌صورت تصادفی انتخاب و پس از آسیاب شدن، به درون یک بالن یک لیتری ریخته و مقدار ۳۰۰ میلی‌لیتر آب به آن اضافه شد. سپس به مدت ٤ ساعت مداوم، با استفاده ازروش تقطیر با آب توسط دستگاه کلونجر، مطابق با فارماکوپه اسانس‌گیری انجام شد (Omidbaigi, 2009). سپس اسانس به دست آمده به دقت توزین شده و درصد اسانس براساس وزن گل خشک هر نمونه محاسبه گردید (Tohidi et al., 2017). اندازه‌گیری ترکیبات اسانس با استفاده از روش کروماتوگرافی گازی با طیف‌سنج جرمی (GC_Mass) و کروماتوگرافی گازی (GC) در آزمایشگاه پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی انجام شد.

- تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

مقایسه میانگین توکی[۵] صفات، تعیین ضرایب همبستگی ساده پیرسون[٦]، تجزیه به مولفه‌های اصلی[۷] به روش چرخش واریماکس[۸]، تجزیه خوشه‌ای (کلاستر)[۹] با استفاده از ضریب فاصله اقلیدوسی[۱۰] به روش وارد[۱۱] و آزمون رگرسیون چند متغییره یا چند گانه[۱۲] با استفاده از روش گام به گام[۱۳] توسط نرم افزار Minitab نسخه ۱۸ انجام شد.

[5] Tukey
[6] Pearson correlation.
[7] Factor analysis.
[8] Varimax.
[9] Cluster Analysis.
[10] Euclidean Distance.
[11] Ward
[12] Multiple regressions
[13] Stepwise

۳. نتایج و بحث

نتایج مربوط به تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی جمعیتهای مختلف لعل کوهستان در شرایط زراعی بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بود. همچنین بررسی مقایسه میانگین صفات تیمارهای مختلف نیز وجود اختلاف معنی‌دار میان تیمارها را تأیید کرد (جدول ۱ و ۲). میانگین تعداد چترک در بوته و وزن خشک ۱۰۰ چترک که از مهمترین اجزای عملکرد اندام دارویی می‌باشند به ترتیب ۱۷/۲٤ و ۳/۹۷ بدست آمد. نتایج بررسی صفات فیتوشیمیایی نشان داد میانگین درصد اسانس ٤/۵۷ محاسبه شد و تیمول و کارواکرول با میانگین به‌ترتیب ۲۷/۸۲ و ۳۰/٦ درصد به‌عنوان ترکیبات غالب اسانس شناخته شدند (جدول ۲).

جدول ۱. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات مورفولوژیکی جمعیت های مختلف لعل کوهستان در شرایط زراعی

جمعیت	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	قطر ساقه	طول میانگره	قطر چترک	طول برگ ساقه‌ای	عرض برگ ساقه‌ای	نسبت عرض به طول	تعداد ساقه فرعی	تعداد چترک در گیاه
				(میلی‌متر)					
۱	۴۳/۵۴^{abc}	۳/۰۲^{abc}	۲۲/۶۷^{ab}	۸/۳۴	۱۶/۱۳	۱۵/۵۷	۰/۹۷۳۱۲	۱۹^{ab}	۱۸^{ab}
۲	۴۲/۷۱$^{a-e}$	۳/۱۳^{ab}	۲۳/۹۵^{a}	۸/۳۳	۱۶/۷۱	۱۵/۳۶	۰/۹۲۳۳۹	۲۰^{a}	۲۱^{a}
۳	۴۴/۸^{ab}	۲/۹۴^{abc}	۲۱/۶۴$^{a-e}$	۸/۶۶	۱۵/۷۶	۱۴/۷	۰/۹۴۲۳۸	۱۹^{ab}	۱۸^{ab}
۴	۴۶/۳^{a}	۳/۶۸^{a}	۲۲/۵۱^{abc}	۸/۶۶	۱۷/۱۷	۱۵/۳۲	۰/۹۰۱۲۹	۱۹^{ab}	۱۷^{ab}
۵	۴۰/۱$^{a-f}$	۳/۰۵^{abc}	۲۰/۶۲$^{a-g}$	۸/۷۴	۱۶/۳۲	۱۵/۲۶	۰/۹۴۴۷۲	۱۷^{abc}	۱۹^{ab}
۶	۳۸/۸۸$^{b-g}$	۳/۰۳^{abc}	۲۱/۷۷$^{a-d}$	۸/۶	۱۵/۸۳	۱۴/۹	۰/۹۴۹۸۲	۱۹^{ab}	۱۹^{ab}
۷	۴۰/۴۶$^{a-f}$	۳/۱۷^{ab}	۲۱/۱۷$^{a-f}$	۸/۴۶	۱۷/۴۴	۱۵/۴۹	۰/۸۹۴۸۷	۱۹^{ab}	۱۹^{ab}
۸	۳۲/۶^{g}	۲/۶۷^{bcd}	۱۸/۷۷$^{b-j}$	۸/۶۶	۱۵/۸	۱۵/۰۴	۰/۹۷۴۹۸	۱۶^{abc}	۱۷^{ab}
۹	۳۶/۳$^{d-g}$	۲/۵۵^{bcd}	۱۹/۴۳$^{b-i}$	۸/۶۴	۱۴/۶۷	۱۳/۹۸	۰/۹۸۲	۱۳^{bc}	۱۶^{ab}
۱۰	۳۵^{fg}	۲/۲۳^{cd}	۱۶/۸۷$^{g-j}$	۸/۹۲	۱۳/۷۷	۱۳/۲۴	۰/۹۸۴۵۹	۱۲^{c}	۱۸^{ab}
۱۱	۳۶/۹$^{c-g}$	۲^{d}	۱۹/۹۲$^{b-h}$	۸/۵۵	۱۴/۹۶	۱۴/۰۵	۰/۹۴۵۳۵	۱۴^{abc}	۱۹^{ab}
۱۲	۳۴/۴^{fg}	۲/۳۵^{bcd}	۱۷/۸۱$^{d-j}$	۹/۰۷	۱۳/۸۳	۱۳/۷۵	۱/۰۰۶۵۹	۱۱^{c}	۱۸^{ab}
۱۳	۳۴/۲۱^{fg}	۲/۳۲^{bcd}	۱۷/۹۴$^{d-j}$	۹/۰۱	۱۴/۱۴	۱۳/۹۹	۱/۰۰۴۲۶	۱۳^{bc}	۱۹^{ab}
۱۴	۳۹/۶۵$^{a-f}$	۲/۷۵^{bcd}	۲۰/۲۶$^{a-h}$	۸/۹۱	۱۴/۰۶	۱۳/۶۷	۰/۹۸۲۹۷	۱۴^{abc}	۱۹^{ab}
۱۵	۴۲/۷$^{a-e}$	۳/۱۳^{ab}	۲۱/۱۱$^{a-f}$	۸/۹۳	۱۵/۴۹	۱۴/۹۹	۰/۹۸۴۷۷	۱۵^{abc}	۱۷^{ab}
۱۶	۴۳/۱$^{a-d}$	۳/۰۱^{abc}	۲۱/۱۷$^{a-f}$	۸/۷۲	۱۵/۷۵	۱۴/۹۵	۰/۹۵۶۸۵	۱۶^{abc}	۱۷^{ab}
۱۷	۳۶/۱۹$^{d-g}$	۲/۴۵^{bcd}	۱۵/۱۶^{j}	۹/۷۹	۱۴/۲۹	۱۴/۲۱	۱/۰۲۲۱	۱۱^{c}	۱۵^{ab}
۱۸	۳۵/۴۱^{fg}	۳/۰۴^{abc}	۱۶/۷۲$^{g-j}$	۹/۱۸	۱۳/۹۳	۱۳/۹۷	۱/۰۱۰۲۷	۱۲^{c}	۱۶^{ab}
۱۹	۳۵/۹۸^{efg}	۲/۷^{bcd}	۱۶/۵^{hij}	۸/۹۹	۱۴/۱۶	۱۴/۵۹	۱/۰۴۱۹۱	۱۳^{bc}	۱۶^{ab}
۲۰	۳۷/۸$^{b-g}$	۲/۸۲$^{a-d}$	۱۷/۴$^{f-j}$	۸/۸	۱۴/۵۳	۱۴/۴۸	۱/۰۱۶۸۷	۱۴^{abc}	۱۵^{ab}
۲۱	۳۷/۱۵$^{c-g}$	۲/۶۹^{bcd}	۱۷/۶۷$^{e-j}$	۸/۹۶	۱۴/۱۴	۱۳/۴۳	۰/۹۶۷۳۷	۱۵^{abc}	۱۵^{ab}
۲۲	۳۸/۳۵$^{b-g}$	۳/۰۴^{abc}	۱۸/۵۸$^{c-j}$	۹	۱۴/۴۴	۱۴/۶۶	۱/۰۲۶۳۹	۱۴^{abc}	۱۵^{ab}
۲۳	۳۴/۴۷^{fg}	۲/۸۱$^{a-d}$	۱۵/۷۹^{ij}	۸/۹۳	۱۳/۵۷	۱۳/۷	۱/۰۴۴۰۵	۱۳^{bc}	۱۸^{ab}
۲۴	۳۴/۸۷^{fg}	۲/۶^{bcd}	۱۷/۷۵$^{d-j}$	۹/۳	۱۴	۱۳/۵۶	۰/۹۷۴۰۵	۱۲^{c}	۱۴^{b}
۲۵	۳۳/۸۴^{fg}	۲/۴۶^{bcd}	۱۷/۵۳$^{f-j}$	۹	۱۴	۱۳/۷۷	۰/۹۹۳۴۹	۱۱^{c}	۱۶^{ab}
میانگین	۳۸/۲۲۸	۲/۷۸۵۶	۱۹/۲۲۸	۸/۸۴۶	۱۴/۹۹۶	۱۴/۴۲۵	۰/۹۶۴۱۳	۱۴/۸۴	۱۷/۲۴
کمینه	۳۲/۶	۲	۱۵/۱۶	۸/۳۳	۱۳/۵۷	۱۳/۲۴	۰/۸۸۸۱۹	۱۱	۱۴
بیشینه	۴۶/۳	۳/۶۸	۲۳/۹۵	۹/۷۹	۱۷/۴۴	۱۵/۵۷	۱/۰۳۰۳۷	۲۰	۲۱
انحراف معیار	۳/۸۳۴	۰/۳۶۷۸	۲/۳۶۸	۰/۳۱۵۳	۱/۱۴۸	۰/۷۱	۰/۰۳۶۰۵	۲/۹۲۵	۱/۷۳۹
ANOVA	$p \leq 0.01$	$p \leq 0.01$	$p \leq 0.01$	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*	$p \leq 0.01$	$p \leq 0.05$

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک هستند به لحاظ آماری اختلاف معنی داری ندارند.

ادامه جدول ۱. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات مورفولوژیکی جمعیت‌های مختلف لعل کوهستان در شرایط زراعی

جمعیت	وزن تر یکصد چترک	وزن خشک یکصد چترک	نسبت وزن خشک به تر	طول برگه	عرض برگه	نسبت عرض به طول	کلروفیل *a*	کلروفیل *b*	نسبت کلروفیل *a* به *b*
	(گرم)			(میلی‌متر)			(میلی‌گرم بر گرم)		
۱	۴/۱۱^{ef}	۳/۱۸^{d}	۰/۷۷۴۲۲۴	۶/۱۴^{ab}	۳/۱۶^{e}	۰/۵۱۴^{de}	۰/۰۰۷۴۹۶	۰/۰۰۴۶^{ab}	۱/۶۰۰۳۳
۲	۴/۰۲^{f}	۳/۰۵^{d}	۰/۷۵۷۰۴۴	۵/۹۹^{ab}	۳/۱۳^{e}	۰/۵۲۲^{de}	۰/۰۰۸۱۳۷	۰/۰۰۴۳$^{a-d}$	۱/۸۹۴۵
۳	۴/۲۶$^{c-f}$	۳/۵۹^{bcd}	۰/۸۶۰۲۰۴	۶/۱۱^{ab}	۳/۱۴^{e}	۰/۵۱۳^{de}	۰/۰۰۷۰۲۶	۰/۰۰۳۲$^{a-d}$	۲/۲۵۹۷۴
۴	۴/۷۸$^{a-f}$	۴/۰۸$^{a-d}$	۰/۸۵۸۱۵۵	۶/۳۴^{a}	۳/۰۷^{e}	۰/۴۸۴^{e}	۰/۰۰۹۲۷۹	۰/۰۰۴۷^{a}	۱/۹۴۰۳۵
۵	۴/۱۰^{ef}	۳/۴^{cd}	۰/۸۲۲۰۵۱	۵/۷۱^{abc}	۳/۱۶^{e}	۰/۵۵۳^{cde}	۰/۰۰۹۷۷۸	۰/۰۰۴۶^{abc}	۲/۱۰۰۴۶
۶	۴/۴۸$^{b-f}$	۳/۵^{bcd}	۰/۸۲۴۳۰۸	۵/۶۳^{abc}	۳/۳^{de}	۰/۵۸۶^{cde}	۰/۰۰۸۰۹۵	۰/۰۰۴۱$^{a-d}$	۱/۹۴۸۸۸
۷	۴/۹۶$^{a-e}$	۳/۹۴$^{a-d}$	۰/۷۹۵۳۲۲	۵/۶۷^{abc}	۳/۳^{de}	۰/۵۸۱^{cde}	۰/۰۰۷۹۱۵	۰/۰۰۴۲$^{a-d}$	۱/۹۲۴۱۵
۸	۴/۸۸$^{a-f}$	۳/۸۳$^{a-d}$	۰/۷۸۵۱۲۹	۵/۳۷^{abc}	۳/۶۲$^{b-e}$	۰/۶۷۳^{bcd}	۰/۰۰۷۴۳۹	۰/۰۰۳۱^{bcd}	۲/۴۴۷۱
۹	۴/۷۲$^{a-f}$	۴/۲۱$^{a-d}$	۰/۸۲۲۶۰۸	۵/۲۴^{bc}	۳/۶۴$^{b-e}$	۰/۶۹۴^{bcd}	۰/۰۰۷۶۱۹	۰/۰۰۳۱^{bcd}	۲/۵۱۳۲۱
۱۰	۴/۸۵$^{a-f}$	۳/۸۲$^{a-d}$	۰/۷۷۱۰۴۳	۵/۶۱^{abc}	۳/۸۴$^{a-e}$	۰/۶۸۴^{bcd}	۰/۰۰۷۸۰۱	۰/۰۰۳۲$^{a-d}$	۲/۴۴۳۶۱
۱۱	۵/۱۳^{abc}	۳/۶۷^{bcd}	۰/۷۸۰۱۸۹	۵/۵^{abc}	۳/۷۶$^{b-e}$	۰/۶۸۳^{bcd}	۰/۰۰۶۷۷۲	۰/۰۰۲۸^{d}	۲/۳۸۵۸۵
۱۲	۴/۹۲$^{b-f}$	۴/۰۴$^{a-d}$	۰/۸۲۰۲۶	۵/۳۷^{abc}	۳/۶۱$^{b-e}$	۰/۶۷۲^{bcd}	۰/۰۰۶۹۵۳	۰/۰۰۲۷^{d}	۲/۴۹۱۶۴
۱۳	۴/۹۳$^{a-f}$	۳/۹۸$^{a-d}$	۰/۸۰۷۱۷۲	۵/۶۱^{abc}	۳/۲۲^{e}	۰/۵۷۳^{cde}	۰/۰۰۷۰۴۴	۰/۰۰۳۱$^{a-d}$	۲/۲۴۵۴۴
۱۴	۴/۲^{def}	۳/۱۷^{d}	۰/۷۶۱۴۷۵	۵/۸۲^{abc}	۳/۳۸^{cde}	۰/۵۸۰^{cde}	۰/۰۰۶۸۹۸	۰/۰۰۳۰^{d}	۲/۳۳۰۴۳
۱۵	۵/۴۶^{a}	۴/۱۴$^{a-d}$	۰/۸۲۱۴۴	۵/۶^{abc}	۳/۵۹$^{b-e}$	۰/۶۳۸$^{b-e}$	۰/۰۰۷۱۲۸	۰/۰۰۳۱^{bcd}	۲/۲۹۸۳۱
۱۶	۵/۰۹$^{a-d}$	۴/۱$^{a-d}$	۰/۸۰۸۷۸۹	۵/۴۷^{abc}	۴/۲۳^{ab}	۰/۷۷۴^{b}	۰/۰۰۷۱۱۵	۰/۰۰۲۹^{d}	۲/۴۷۸۰۶
۱۷	۵/۲۲^{ab}	۴/۱۲$^{a-d}$	۰/۷۸۹۸۳	۵/۴۴^{abc}	۴/۳۲^{ab}	۰/۷۹۳^{ab}	۰/۰۰۶۳۸۹	۰/۰۰۲۹^{d}	۲/۲۲۶۱۷
۱۸	۵/۲۷^{ab}	۴/۱۴$^{a-d}$	۰/۷۸۵۹۸۵	۵/۴۵^{abc}	۴/۳۱^{ab}	۰/۷۹۱^{ab}	۰/۰۰۶۹۳۶	۰/۰۰۳۲$^{a-d}$	۲/۱۵۷۰۴
۱۹	۵/۱۸^{abc}	۴/۲۳$^{a-d}$	۰/۸۱۰۸۷۷	۵/۴۴^{abc}	۴/۲۱^{ab}	۰/۷۷۴^{b}	۰/۰۰۷۳۳۵	۰/۰۰۳۱$^{a-d}$	۲/۳۴۰۹۴
۲۰	۵/۳۴^{ab}	۴/۱۸$^{a-d}$	۰/۷۸۷۸۴۵	۴/۷۸^{c}	۴/۶۲^{a}	۰/۹۷۶^{a}	۰/۰۰۶۵۰۲	۰/۰۰۳۰^{bcd}	۲/۱۱۸۴۷
۲۱	۵/۲۴^{ab}	۴/۵۵^{abc}	۰/۸۶۶۴۰۹	۵/۱۹^{bc}	۴/۱۵^{abc}	۰/۸۰۹^{ab}	۰/۰۰۷۱۴۲	۰/۰۰۲۷^{d}	۲/۵۷۸۹۶
۲۲	۴/۹۹$^{a-e}$	۴/۵۸^{abc}	۰/۸۶۶۶۸۷	۵/۳۵^{abc}	۳/۸۵$^{a-e}$	۰/۷۲۲^{bc}	۰/۰۰۶۹۴۶	۰/۰۰۳۰^{cd}	۲/۳۵۱۴۶
۲۳	۴/۴۳$^{b-f}$	۴/۲۱$^{a-d}$	۰/۹۶۶۵۴۶	۵/۵۵^{abc}	۳/۶۳$^{b-e}$	۰/۶۶۰$^{b-e}$	۰/۰۰۷۷۷۸	۰/۰۰۳۰^{cd}	۲/۶۸۱۲۷
۲۴	۵/۴۲^{a}	۴/۷۶^{ab}	۰/۸۳۷۴۲۴	۵/۳۱^{abc}	۴/۲۹^{ab}	۰/۸۱۳^{ab}	۰/۰۰۶۷۷۲	۰/۰۰۳۲$^{a-d}$	۲/۱۸۷۵۲
۲۵	۵/۲۱^{ab}	۴/۹۶^{a}	۰/۹۲۸۸۵۴	۵/۶۶^{abc}	۴/۰۷$^{a-d}$	۰/۷۲۳^{bc}	۰/۰۰۶۶۱۹	۰/۰۰۳۰^{bcd}	۲/۳۰۳۵۴
میانگین	۴/۸۵۷۶	۳/۹۷۷۲	۰/۸۱۷۹۹	۵/۵۷۴	۳/۷۰۴	۰/۶۷۰۴	۰/۰۰۷۳۹۷	۰/۰۰۳۴۰۲	۲/۲۱۰۱
کمینه	۴/۰۳	۳/۰۵	۰/۷۵۶۸۲	۴/۷۸	۳/۰۷	۰/۴۸۴۲	۰/۰۰۶۳۸۹	۰/۰۰۲۷۷۴	۱/۶
بیشینه	۵/۶۹	۴/۹۶	۰/۹۶۵۶	۶/۳۴	۴/۶۲	۰/۹۶۶۵	۰/۰۰۹۷۷۸	۰/۰۰۴۷۸۳	۲/۵۷۸۵
انحراف معیار	۰/۴۶۸۷	۰/۴۸۲۵	۰/۰۴۹۸۵	۰/۳۳۱	۰/۴۶۴۷	۰/۱۱۷۷	۰/۰۰۰۸۰۲	۰/۰۰۰۶۴۵	۰/۲۴۱۶
ANOVA	$p \leq 0.01$	$p \leq 0.01$	*ns*	$p \leq 0.01$	$p \leq 0.01$	$p \leq 0.01$	$p \leq 0.01$	$p \leq 0.01$	*ns*

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک هستند به لحاظ آماری اختلاف معنی داری ندارند.

جدول ۲. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات فیتوشیمیایی جمعیت‌های مختلف لعل کوهستان در شرایط زراعی

جمعیت	درصد اسانس	آلفاپینن	بتاپینن	پاراسیمن	لیمونن	بتافلاندرن	گاماترپینن	تیمول	کارواکرول	میریستیسین
۱	۳/۶۲$^{d-h}$	۰/۰۲^{c}	۰/۱۲^{a}	۱۷/۲۳^{a}	۴/۲۲^{a}	.^{b}	۸/۳۱$^{a-f}$	۲۱/۴^{cd}	۳۸/۸^{a}	۵/۲۷^{cde}
۲	۲/۹۴^{fgh}	.^{c}	۳/۱۵^{a}	۱۵/۱۸^{a}	۲/۰۵^{ab}	۰/۰۷^{b}	۱۸/۵۱^{a}	۱۸/۰۵^{d}	۳۷/۸۶^{a}	۰/۸۲^{e}
۳	۳/۳۸$^{f-h}$	۰/۲۳^{c}	.^{a}	۹/۳۶	.^{b}	۰/۰۳^{b}	۱۰/۳۷$^{a-f}$	۲۷/۰۹$^{a-d}$	۳۷/۳	۱۲/۱۸^{abc}
۴	۵/۷^{abc}	۰/۱۹^{c}	۰	۱۶/۲۵	۱/۱۶^{ab}	.^{b}	۶/۴۱$^{b-f}$	۲۴/۵۶$^{a-d}$	۳۵/۷۱	۱۲/۴۶^{abc}
۵	۳/۷۱$^{d-h}$	۰/۱۸^{c}	۰	۱۴/۴۶	.^{b}	۰/۱۲^{b}	۹/۸۹$^{a-f}$	۲۹/۴۸$^{a-d}$	۳۷/۱۷	۵/۱۴^{cde}
۶	۳/۹$^{c-h}$	۱/۴۳^{bc}	۰/۳۸	۱۱/۱۶	۲/۳۸^{ab}	۰/۳۱^{ab}	۱۴/۲۷^{abc}	۲۷/۱۵$^{a-d}$	۳۶/۴۲	۲/۱۲^{de}
۷	۴/۰۶$^{b-h}$	۰/۶۳^{c}	۰	۹/۰۱	۱/۶۸^{ab}	۱/۰۱^{ab}	۱۸/۸۱^{a}	۳۸/۰۷^{a}	۲۱/۸۳	۵/۳۳^{cde}
۸	۲/۷۴^{gh}	۱/۲۱^{bc}	۲/۱۳	۱۴/۲۱	۱/۲۹^{ab}	۱/۰۶^{ab}	۷/۵۶$^{a-f}$	۲۶/۰۱$^{a-d}$	۳۳/۱۲	۸/۹۷$^{a-e}$
۹	۵/۴$^{a-d}$	۱/۵۹^{bc}	۲/۷۲	۱۲/۱۷	۳/۹۴^{ab}	.^{b}	۹/۰۷$^{a-f}$	۲۵/۰۳$^{a-d}$	۲۸/۸۲	۱۲/۱۴^{abc}
۱۰	۲/۸۱^{gh}	۱/۱۹^{bc}	۱/۶۶	۱۵/۳۸	۲/۰۸^{ab}	۰/۰۵^{b}	۱۳/۶۲$^{a-d}$	۲۹/۸$^{a-d}$	۲۵/۹۸	۶/۱۲$^{b-e}$
۱۱	۴/۹$^{a-e}$	۲/۸۱^{bc}	۲/۱۱	۱۰/۱۷	۲/۸۱^{ab}	۰/۱۵^{b}	۱۲/۱۸$^{a-e}$	۲۴/۵۶$^{a-d}$	۳۱/۳۷	۱۰/۱۷$^{a-e}$
۱۲	۵/۳$^{a-d}$	۰/۱۷^{c}	۰/۴۸	۱۳/۲۱	۲/۱۶^{ab}	۱/۳۶^{ab}	۲/۱۳^{def}	۳۴/۷۴^{abc}	۲۹/۷۷	۱۱/۵۷$^{a-d}$
۱۳	۴/۲۱$^{a-g}$	۳/۴۸^{bc}	۰	۱۶/۰۵	۲/۰۹^{ab}	۱/۰۴^{ab}	.^{f}	۲۸/۰۳$^{a-d}$	۳۱/۴۶	۱۳/۳۹^{abc}
۱۴	۲/۱۱^{h}	۸/۲۳^{abc}	۲/۲۲	۱۴/۷۶	۱/۳۹^{ab}	.^{b}	۶/۱۸$^{b-f}$	۲۳/۶۴$^{a-d}$	۳۴/۴۶	۴/۸۱^{cde}
۱۵	۵/۹^{a}	۰/۰۲^{c}	۲/۳۸	۱۱	۲/۰۸^{ab}	۰/۳۸^{ab}	۱/۳۶^{ef}	۳۷/۰۹^{ab}	۳۱/۳۴	۱۰/۰۶$^{a-e}$
۱۶	۴/۷$^{a-f}$	.^{c}	۱/۷۱	۱۱/۲۱	۱/۵۶^{ab}	.^{b}	۴/۲۶$^{c-f}$	۳۸/۱۲^{a}	۲۹/۸۵	۹/۰۱$^{a-e}$
۱۷	۴/۷۷$^{a-e}$	۰/۲^{c}	۱/۰۵	۱۰/۴۶	۰/۵۱^{ab}	۰/۰۲^{b}	۱۷/۳۱^{ab}	۲۷/۲۱$^{a-d}$	۳۲/۵۴	۸/۲۷$^{a-e}$
۱۸	۵/۱۱$^{a-e}$	۱/۱۸^{bc}	۲/۱۷	۱۰/۰۹	۱/۰۸^{ab}	.^{b}	۸/۹۹$^{a-f}$	۳۷/۴^{a}	۲۶/۴۷	۸/۹۱$^{a-e}$
۱۹	۵/۳۱$^{a-d}$	۱/۴۸^{bc}	۱/۹۷	۱۷/۶۷	۲/۱۸^{ab}	۱/۰۴^{ab}	۱۷/۳۱^{ab}	۲۴/۰۱$^{a-d}$	۲۱/۰۷	۹/۰۳$^{a-e}$
۲۰	۴/۹۷$^{a-e}$	۳/۰۱^{bc}	۰	۱۲/۸۲	۰/۶۸^{ab}	.^{b}	۱۱/۸۲$^{a-e}$	۳۵/۰۶^{abc}	۲۳/۲۱	۱۴/۳۱^{abc}
۲۱	۵/۸۹^{a}	۱/۴۲^{bc}	۰	۱۴/۲	۲/۹۸^{ab}	۱/۴۷^{ab}	۷/۷۸$^{a-f}$	۳۰/۶۸$^{a-d}$	۲۳/۰۶	۱۵/۳۹^{ab}
۲۲	۵/۹۳^{a}	۱۳/۹۱^{a}	۱/۳۸	۱۵/۰۸	۴/۳۱^{a}	۲/۳^{a}	.^{f}	۲۱/۲۲^{cd}	۲۱/۸۳	۷/۳۱$^{a-e}$
۲۳	۵/۲۴$^{a-d}$	۲/۱۸^{bc}	۱/۱۲	۱۵/۱۸	۱/۶۷^{ab}	.^{b}	۱۶/۵۴^{ab}	۱۸/۳۱^{d}	۳۳/۲۸	۱۵/۲۳^{ab}
۲۴	۵/۸۵^{ab}	.^{c}	۲/۰۵	۱۷/۲۶	۲/۹۸^{ab}	.^{b}	۲/۶۳^{def}	۲۶/۰۵$^{a-d}$	۲۹/۶۹	۱۶/۶۲^{a}
۲۵	۵/۸۶^{ab}	.^{c}	۱/۸۹	۱۴/۲۳	۳/۱۸^{ab}	۱/۱۲^{ab}	۳/۱۷$^{c-f}$	۲۲/۷۲^{bcd}	۳۲/۶۹	۹/۲۴۴
میانگین	۴/۵۷۲	۱/۷۹	۱/۲۲۸	۱۳/۵۱۲	۲/۰۱۸	۰/۴۶۱	۹/۱۴	۲۷/۸۲	۳۰/۶	۰/۸۲
کمینه	۲/۱۱	۰	۰	۹/۰۱	۰	۰	۰	۱۸/۰۵	۲۱/۰۷	۱۶/۶۲
بیشینه	۵/۹۳	۱۳/۹۱	۳/۱۵	۱۷/۶۷	۴/۳۱	۲/۳	۱۸/۸۱	۳۸/۱۲	۳۸/۸	۴/۱۶۸
انحراف معیار	۱/۱۵۲	۳/۰۸۶	۱/۰۳۹	۲/۶۱۲	۱/۱۷۳	۰/۶۴	۵/۹	۶/۰۲	۵/۴۲	۸/۲۷
ANOVA	$p \leq 0.01$	$p \leq 0.01$	*ns*	*ns*	$p \leq 0.01$	$p \leq 0.01$	$p \leq 0.01$	$p \leq 0.01$	*ns*	$p \leq 0.01$

میانگین هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک هستند به لحاظ آماری اختلاف معنی داری ندارند.

نتایج تجزیه صفات مورفولوژیکی به مولفه های اصلی نشان داد صفات طول میان‌گره در گروه اول، تعداد چترک در گیاه در گروه دوم، نسبت وزن خشک به تر یکصد چترک در گروه سوم دارای بیشترین بار عاملی در هر گروه بودند (جدول ۳). همچنین مشخص شد ترکیبات میریستیسین در گروه اول، تیمول در گروه دوم و کارواکرول در گروه سوم بیشترین بار عاملی صفات فیتوشیمیایی در هر گروه را به خود اختصاص دادند (جدول ٤).

جدول ۳. مقادیر ویژه، درصد واریانس‌ها و بار عاملی صفات مورفولوژی جمعیت‌های مختلف

صفات	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم	عامل چهارم	عامل پنجم
ارتفاع گیاه	۰/۷۷۱	-۰/۳۲	-۰/۰۴۲	-۰/۰۱۸	۰/۴۳۸
قطر ساقه	۰/۶۳۵	-۰/۶۰۳	۰/۱۸۹	-۰/۱۲۴	۰/۱۰۴
طول میانگره	۰/۹۰۸	-۰/۰۷۹	-۰/۱۲۸	۰/۱۷۴	۰/۲۲۷
تعدادشاخه فرعی	۰/۹۲۱	-۰/۱۹۳	-۰/۰۶۸	۰/۱۵۷	۰/۰۸۲
طول برگ ساقه ای	۰/۸۸۹	-۰/۳۲۵	-۰/۱۱۸	۰/۱۷۱	-۰/۰۷۹
عرض برگ ساقه ای	۰/۷۸۴	-۰/۴۰۱	-۰/۱۷۸	-۰/۰۴۶	-۰/۰۲۸
نسبت عرض به طول برگ	-۰/۷۴۹	۰/۱۱۲	۰/۰۳۱	-۰/۴۱۴	۰/۱۰۴
قطر چترک	-۰/۷۶۳	-۰/۰۷۳	۰/۱۲۳	-۰/۴۳۷	۰/۰۰۷
تعداد چترک در گیاه	۰/۷۰۱	۰/۶۲۲	-۰/۰۲۸	۰/۰۷۲	-۰/۰۵۹
وزن تر یکصد چترک	-۰/۷۶۵	-۰/۴۹۷	-۰/۰۹۲	۰/۱۱۳	-۰/۰۷۸
وزن خشک یکصد چترک	-۰/۷۳	-۰/۵۰۳	۰/۳۵	۰/۱۳۸	-۰/۰۰۱
نسبت وزن خشک به تر یکصد چترک	-۰/۲۶۳	-۰/۲۱۵	۰/۸۷۲	۰/۱۰۶	۰/۱۰۶
طول برگه	۰/۷۷۶	۰/۱۴۹	۰/۳	-۰/۳۱۵	۰/۲۲۶
عرض برگه	-۰/۸۳۴	-۰/۳۶۴	-۰/۲۸۱	۰/۰۱۱	-۰/۰۰۸
نسبت عرض به طول برگه	-۰/۸۳۶	-۰/۳۴۴	-۰/۳۲	۰/۱۰۸	-۰/۰۷۴
کلروفیل a	۰/۶۹۵	-۰/۰۴۶	۰/۳۷۶	۰/۰۸۶	-۰/۵۰۲
کلروفیل b	۰/۸۵۳	-۰/۲۲۳	۰/۰۶۷	-۰/۲۴۳	-۰/۳۶۵
نسبت کلروفیل a به b	-۰/۶۵۳	۰/۳۲۶	۰/۲۵۴	۰/۴۸۲	۰/۱۳
درصد واریانس	۰/۵۸۵	۰/۱۲	۰/۰۸۳	۰/۰۵۱	۰/۰۴۲
مقادیر ویژه	۱۰/۵۳۲	۲/۱۵۷	۱/۴۹۵	۰/۹۲۲	۰/۷۵۹

بیشترین مقدار هر صفت در هر عامل، ملاک قرار گرفتن در عامل است.

جدول ۴. مقادیر ویژه، واریانس، درصد واریانس‌ها و بار عاملی صفات فیتوشیمیایی جمعیت‌های مختلف

صفات	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم	عامل چهارم	عامل پنجم
درصد اسانس	۰/۶۷	-۰/۳۲۶	۰/۲۵۱	۰/۳۳۱	-۰/۳۳۸
آلفاپینن	۰/۵۱	۰/۲۸۷	-۰/۵۲	-۰/۳	۰/۳۹۳
بتاپینن	۰/۰۳۵	۰/۳۶۵	-۰/۲۱۴	۰/۷۹۸	۰/۳۳
پاراسیمن	۰/۳۰۶	۰/۶۷۷	۰/۱۸۹	-۰/۲۱	-۰/۳۱۷
لیمونن	۰/۶۴۶	۰/۴۱۹	-۰/۰۷۲	۰/۲۷۷	-۰/۱۲۳
بتافلاندرن	۰/۷۴۶	-۰/۰۶۷	-۰/۳۰۴	-۰/۳۱۷	-۰/۰۴۲
گاماترپینن	-۰/۶۵۸	۰/۰۴	-۰/۴۸۵	۰/۱۱۲	-۰/۵۲۴
تیمول	-۰/۰۵۳	-۰/۹۰۸	-۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۱۷۸
کارواکرول	-۰/۵۴۷	۰/۴۴۱	۰/۵۷۶	-۰/۱۱۸	۰/۲۴۳
میریستیسین	۰/۸۱۵	-۰/۱۸۳	۰/۳۸۶	۰/۰۴۵	۰/۰۲۵
درصد واریانس	۰/۳۱۸	۰/۲۰۲	۰/۱۲۳	۰/۱۰۹	۰/۰۸۶
مقادیر ویژه	۳/۱۷۷۹	۲/۰۱۵۱	۱/۲۳۰۶	۱/۰۸۸۷	۰/۸۶۱

بیشترین مقدار هر صفت در هر عامل، ملاک قرار گرفتن در عامل است.

بررسی همبستگی و نتایج رگرسیون گام به گام صفات موثر بر درصد اسانس به‌عنوان متغییر وابسته نشان داد که صفات ارتفاع بوته و وزن خشک ۱۰۰ چترک با ضریب تبیین ۷۳/۸۲ درصد وارد معادله شدند (جداول ۵ و ٦). یعنی صفات مذکور بیش از ۷۰ درصد بازده اسانس را توجیه می‌کنند. ارتفاع بوته با کمترین ضریب تبیین انفرادی، فاقد همبستگی معنی‌دار با میزان اسانس شد. اما وزن خشک ۱۰۰ چترک با بیشترین ضریب انفرادی دارای بیشترین همبستگی مثبت (۰/۸۲) با درصد اسانس بود. همچنین بر اساس نتایج رگرسیون، مقدار کارواکرول موجود در اسانس تحت تاثیر صفات وزن‌تر ۱۰۰چترک و طول برگه قرار گرفت که

نتایج همبستگی نیز تاثیر این صفات را معنی‌دار نشان داد. نتایج رگرسیون نشان داد ٤ صفت مورفولوژیکی در معادله درصد تیمول موجود در اسانس وارد شدند که همبستگی پیرسون آنها معنی‌دار نشد.

جدول ۵. همبستگی بین صفات فیتوشیمیایی و مورفوفیزیولوژیکی جمعیت‌های مختلف

صفات	درصد اسانس	میریستیسین	کارواکرول	تیمول
ارتفاع گیاه	۰.۰۵۱	۰.۳۷۹	-۰.۲۶۱	-۰.۱۵
قطر ساقه	۰.۰۷۹	۰.۱۸۲	-۰.۲۴	۰.۰۲
طول میانگره	-۰.۰۷۱	۰.۵۳**	-۰.۳۴۷	-۰.۳۵
تعداد ساقه فرعی	-۰.۰۸۵	۰.۴۲*	-۰.۴۵*	-۰.۴۰*
طول برگ ساقه ای	۰.۰۷۱	۰.۳۷۲	-۰.۳۹۱	-۰.۲۹
عرض برگ ساقه ای	۰.۰۳۳	۰.۳۱۱	-۰.۴۰*	-۰.۲۱
نسبت عرض به طول	-۰.۰۹۹	-۰.۳۵۸	۰.۲۵۱	۰.۳۱
قطر چترک	۰.۱۴۴	-۰.۲۸۸	۰.۳۵۳	۰.۳۹
تعداد چترک در گیاه	-۰.۱۴۸	۰.۵۲**	-۰.۶۳**	-۰.۶۶**
وزن تر یکصد چترک	۰.۳۷۶	-۰.۷۳**	۰.۶۶**	۰.۶۸**
وزن خشک یکصد چترک	۰.۱۵۸	-۰.۵۸**	۰.۷۹**	۰.۸۲**
نسبت	-۰.۲۵۷	-۰.۰۲۳	۰.۵۲**	۰.۵۷**
طول برگه	-۰.۳۵۱	۰.۶۷**	-۰.۲۷۳	-۰.۳۸
عرض برگه	۰.۳۰۴	-۰.۶۳**	۰.۳۲۹	۰.۴۸*
نسبت عرض به طول برگه	۰.۳۳۷	-۰.۶۷**	۰.۳۲۶	۰.۴۷*
کلروفیل *a*	-۰.۱۳۵	۰.۳۵۴	-۰.۳۸۶	-۰.۲۲
کلروفیل *b*	-۰.۱۵۹	۰.۴۵*	-۰.۴۸*	-۰.۲۸
نسبت کلروفیل	۰.۰۹۹	-۰.۳۷۳	۰.۳۸۶	۰.۲۴

** و * به ترتیب معنی دار در سطح یک درصد و پنج درصد

جدول ۶. رابطه رگرسیونی میان صفات فیتوشیمیایی بر صفات مورفوفیزیولوژیکی جمعیت‌های مختلف

اجزای مدل رگرسیونی				مدل رگرسیونی			
R^2 (درصد)	P	F	متغیرهای مستقل در معادله	R^2 (درصد)	P	F	معادله
۰/۵۱	۰/۰۹۳	۳/۱۲	طول میانگره	۴۳/۹۵	۰/۰۱۷	۳/۹۲	(طول میانگره) ۱/۰۸۹ + ۴۶۵- = تیمول (وزن خشک ۱۱۷/۹ - (وزن تر یکصد چترک) ۱۰۵/۲ + (نسبت وزن خشک به تر یکصد ۵۲۵ + یکصد چترک) چترک)
۱۷/۷۳	۰/۰۱۴	۷/۲۰	وزن تر یکصد چترک				
۱۰/۳۰	۰/۰۲۰	۶/۳۳	وزن خشک یکصد چترک				
۱۵/۴۲	۰/۰۲۹	۵/۵۰	نسبت وزن خشک به تر یکصد چترک				
۵۴/۰۴	۰/۰۱۰	۸/۰۷	وزن تر یکصد چترک	۶۰/۵۶	۰/۰۰۰	۱۶/۸۹	(وزن تر یکصد چترک) ۵/۸۸ - ۲۸/۰ = کارواکرول (طول برگه) ۵/۶۰ +
۶/۵۲	۰/۰۷۰	۳/۶۴	طول برگه				
۶/۷۹	۰/۰۳۱	۵/۴۵	ارتفاع بوته	۸۵/۶۲	۰/۰۰۰	۱۷/۸۷	- (ارتفاع بوته) ۰/۳۸۷ + ۲۵/۹ = میریستیسین (تعداد چترک در بوته) ۱/۱۲۳ - (قطر ساقه) ۴/۵۵ (عرض ۶/۳۹ - (وزن خشک یکصد چترک) ۷/۳۹ + (کلروفیلb) ۱۵۰۵ - برگه)
۰/۵۱	۰/۰۲۵	۵/۹۸	قطر ساقه				
۳۷/۳۱	۰/۰۲۷	۵/۸۴	تعداد چترک در بوته				
۲۶/۸۵	۰/۰۰۰	۲۵/۹۲	وزن خشک یکصد چترک				
۱۲/۲۷	۰/۰۰۱	۱۷/۷۰	عرض برگه				
۱/۹۰	۰/۱۴۰	۲/۳۸	کلروفیل *b*				
۲/۳۰	۰/۰۳	۵/۱۸	ارتفاع بوته	۷۳/۸۲	۰/۰۰۰	۳۱/۰۲	(ارتفاع بوته) ۰/۰۸۳۶ + ۷/۶۳- =درصد اسانس (وزن خشک یکصد چترک) ۲/۲۶۵ +
۷۱/۵۳	۰/۰۰	۶۰/۱۱	وزن خشک یکصد چترک				

اعدادی که در زیر آنها خط کشیده شده است به لحاظ آماری، معنی‌دار می‌باشند.

میزان همبستگی و تجزیه رگرسیونی، بیانگر وجود روابط معنی‌داری بین صفات مورفولوژیکی و اسانس و اجزای آن در جمعیتهای لعل کوهستان بود (جداول ۵ و ٦). صفات مورفولوژیکی ارتباط مستقیمی با فعالیت فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی یک گیاه دارد. در واقع، تمام نیازهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی یک گیاه از محیط اطراف توسط ویژگی‌های مورفولوژیکی آن به دست می آید. بنابراین تغییر اندازه، تعداد و شکل این صفات، میزان و کیفیت متابولیت‌های اولیه و ثانویه را دستخوش تغییر می‌کند (Khoshbakht et al., 2020).

- **درصد اسانس**

وزن خشک ۱۰۰ چترک با بیشترین همبستگی مثبت (۰/۸۲) دارای بالاترین ظریب تبیین در معادله رگرسیونی درصد اسانس بود، اما صفت ارتفاع بوته علیرغم شرکت در مدل رگرسیونی بازده اسانس، فاقد همبستگی معنی‌دار با میزان اسانس شد (جداول ۵ و ٦). تاثیر وزن خشک ۱۰۰ چترک بر درصد اسانس با بررسی‌های گیاهشناسی لعل کوهستان منطبق بود. تحقیقات آناتومیکی نشان داد کانالهای ترشحی[14] در قسمت درونی پوست ساقه، محل تشکیل اسانس است اما محل تجمع آن در بافت گل و میوه گیاه است (Esmaeili et al., 2018). به همین دلیل افزایش وزن خشک ۱۰۰ چترک سبب افزایش درصد اسانس شد. همچنین تاثیر ارتفاع بوته بر میزان اسانس، احتمالا ناشی از تشکیل برگهای جدید جوان با کارایی بیشتر بوده، که معمولاً مقدار بیشتری از نور خورشید را دریافت می‌کنند (Taiz and Zeiger, 2015). این خصوصیت گیاه، کارآمدترین برگ‌ها را در بهترین موقعیت از نظر فتوسنتز قرار میدهد و در افزایش درصد اسانس، تاثیرگذار است.

تجزیه و تحلیل ضرایب مسیر صفات مورفولوژیکی در جمعیت‌های آویشن دنایی (*Thymus daenensis* Celak) نشان داد صفات طول گل آذین و طول برگ بیشترین تأثیر مستقیم و صفات طول برگه و ارتفاع گیاه بیشترین تأثیر غیرمستقیم را بر درصد اسانس داشتند (Hadian et al., 2016). در آزمایش دیگری نتایج تجزیه همبستگی در جمعیت‌های بابونه (*Anthemis haussknechtii*) نشان داد که بین عملکرد اسانس با صفات وزن تر و خشک سرساقه، تعداد گل در بوته و قطر عرضی و طولی تاج پوشش همبستگی مثبت و معنی‌دار بود که نشان‌دهنده این است که با افزایش مقدار صفات فوق، عملکرد اسانس افزایش می‌یابد (Adeli et al., 2015).

- **اجزای اسانس**

تیمول و کارواکرول، اقتصادی‌ترین مونوترپن‌های اکسیژن‌دار[15] در صنایع دارویی و غذایی به شمار می‌آیند که در اسانس لعل کوهستان بعنوان ترکیب غالب شناسایی شدند (جدول ۲). وجود همبستگی غیر معنی‌دار بین صفات مورفولوژیکی و بیوسنتز تیمول و همچنین ظریب تبیین پایین مدل رگرسیونی تیمول و اجزای آن، حاکی از نقش کم رنگ خصوصیات مورفولوژیکی بر میزان تولید تیمول بود و منجر به تقویت فرضیه ژنتیکی بودن این صفت در گیاه لعل کوهستان شد. عظیمی و همکاران، نیز با بررسی ترکیبات شیمیایی اسانس جمعیت‌های آویشن کوهی دریافتند میزان کارواکرول بیشتر از تیمول تحت تاثیر فاکتورهای اکولوژیکی و جغرافیایی قرار می گیرد (Azimi et al., 2014). اما از سوی دیگر وزن تر یکصدچترک، با بیشترین ضریب تبیین (٥٤/٤)، در مدل رگرسیونی میزان کارواکرول موجود در اسانس لعل کوهستان وارد شد که با نتایج بدست آمده از ضرایب همبستگی (۰/۷۳-) نیز انطباق کامل داشت (جداول ۵ و ٦). زیرا بافت گل و میوه در لعل‌کوهستان، مرکز تجمع اسانس و ترکیبات

[14] Secretory canals
[15] Oxygenated Monoterpenes

غالب آن است (Esmaeili et al., 2018). در آزمایشی ملک زاده و همکاران ارتباط مثبت میان بافت گل و بیوسنتز تیمول و کارواکرول در آویشن باغی (*Thymus vulgaris*) را مربوط به وجود تراکم بالای کرک‌های غده‌ای در بافت گل دانستند (Mashhady Malekzadeh et al., 2017). یکی دیگر از اجزای هم اسانس لعل کوهستان ترکیبی به نام مریستیسین است. میریستیسین که اغلب در اسانس گیاهان خانواده جعفری قابل مشاهده است (Martins et al., 2014)، متعلق به گروه مواد فنلی و زیر گروه فنیل‌پروپان[16] است و می‌تواند سبب القای مرگ سلولهای نروپلاستوما[17] در تومورهای بدخیم شود (Raut and Karuppayil, 2014)، از این رو شناخت صفات مورفولوژیکی مرتبط با این ترکیب جهت تامین صنایع دارویی، مورد استفاده قرار می‌گیرد. نتایج آزمایش حاضر نشان داد صفت تعداد چترک در بوته بطور مستقیم سبب کاهش بیوسنتز میریستیسین شد اما وزن خشک ۱۰۰ چترک تاثیر مستقیم مثبت بر میزان این ترکیب داشت که محاسبات همبستگی نیز موید همین نتایج است (جداول ۵ و ٦). بررسی ها نیز نشان داد میریستیسین در اندامهای هوایی و دانه گیاه دارویی جوز هندی (*Myristica fragrans* Houtt.) و شوید (*Anethum graveolens* L.) تجمع یافت (Yazdani et al., 2004; Aali et al., 2017).

۴. نتیجه‌گیری

شناسایی صفات ظاهری مرتبط با اسانس و اجزای آن، نقش موثری در به‌نژادی و گزینش ژنوتیپ‌های برتر دارد. مطالعه یک صفت براساس صرفا روابط همبستگی و بدون در نظر گرفتن معادلات رگرسیونی، نتایج نادرستی را بهمراه خواهد داشت. از این رو با تطبیق روابط همبستگی و معادلات رگرسیونی، بطور کلی صفات ارتفاع بوته، وزن تر ۱۰۰ چترک، وزن خشک ۱۰۰ چترک و تعداد چترک در بوته بدلیل تاثیر در بازده اسانس، کارواکرول، تیمول و میریستیسین از اهمیت بیشتری در برنامه‌های اصلاحی برخوردارند.

۵. منابع

Aali, E., Mahmoudi, R., Kazeminia, M., Hazrati, R. and Azarpey, F. 2017. Essential oils as natural medicinal substances. *Tehran University Medical Journal TUMS Publications*, 75(7): 480-489.

Adeli, N., Alizadeh, M.A., Mohammadi, M.A.A. and Jafari, A. 2015. Evaluation of Morphological, physiological traits and essential oil yield in some Chamomile populations of *Anthemis haussknechtii* species. *Applied Field Crops Research*, 28(106): 185-192.

Amin, G., Sourmaghi, M.S., Zahedi, M., Khanavi, M. and Samadi, N. 2005. Essential oil composition and antimicrobial activity of *Oliveria decumbens*. *Fitoterapia*, 76(7-8): 704-707.

Amin, M., Nikoopour, H. and Fazeli, M.R. 2019. A Survey of Antibacterial Effects of Oliveria decumbens and Nepeta binaludensis Essential Oils on *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* in Doogh. *Journal of Medicinal Plants*, 18(69): 134-142.

Arnon, A.N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal. 23: 112-121.

Asili, A., Behravan, J., Naghavi, M.R. and Asili, J. 2010. Genetic diversity of Persian shallot (*Allium hirtifolium*) ecotypes based on morphological traits, allicin content and RAPD markers. *Open Access Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 1(1): 1.

Azimi, M.H., Naghdi Badi, H., Kalate Jari, S., Abdossi, V. and Mehrafarin, A. 2014. Comparison of Essential Oils Composition in Iranian Populations of *Thymus kotschyanus* Boiss. & Hohen. *Journal of Medicinal Plants*, 13(52): 136-146.

[16] Phenyl Propanoids
[17] Neuroblastoma cells

Esmaeili, H., Karami, A. and Maggi, F. 2018. Essential oil composition, total phenolic and flavonoids contents, and antioxidant activity of *Oliveria decumbens* Vent. (Apiaceae) at different phenological stages. *Journal of cleaner production*, 198: 91-95.

Hadian, J., Hossein Mirjalili, M., Reza Kanani, M., Salehnia, A. and Ganjipoor, P. 2011. Phytochemical and morphological characterization of *Satureja khuzistanica* Jamzad populations from Iran. *Chemistry & Biodiversity*, 8(5): 902-915.

Hadian, J., Karimi, E., Shouryabi, M., Najafi, F. and Kanani, M.R. 2016. Evaluation of morphological variation and path coefficient analysis of oil content of *Thymus daenensis* Celak populations.

Karimi, A., Hadian, J., Farzaneh, M. and Khadivi-Khub, A. 2015. Phenotypic diversity and volatile composition of Iranian Artemisia dracunculus. *Industrial Crops and Products*, 65: 315-323.

Karami, A., Khoshbakht, T., Esmaeili, H. and Maggi, F. 2020. Essential oil chemical variability in *Oliveria decumbens* (Apiaceae) from different regions of Iran and its relationship with environmental factors. *Plants*, 9(6): 680.

Khadivi-Khub, A., Salehi-Arjmand, H. and Hadian, J. 2014. Morphological and phytochemical variation of Satureja bachtiarica populations from Iran. *Industrial Crops and Products*, 54: 257-265.

Khoshbakht, T., Karami, A., Tahmasebi, A. and Maggi, F. 2020. The variability of thymol and carvacrol contents reveals the level of antibacterial activity of the essential oils from different accessions of *Oliveria decumbens*. *Antibiotics*, 9(7): 409.

Martins, C., Doran, C., Silva, I.C., Miranda, C., Rueff, J. and Rodrigues, A.S. 2014. Myristicin from nutmeg induces apoptosis via the mitochondrial pathway and down regulates genes of the DNA damage response pathways in human leukaemia K562 cells. *Chemico-biological interactions*, 218: 1-9.

Mashhady Malekzadeh, A., Majdi, M. and Maroufi, A. 2017. Expression analysis of biosynthetic genes of thymol and carvacrol in different tissues of thyme (*Thymus vulgaris*). *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 25(1): 160-171.

Omidbaigi, R. 2009. *production and plants medicinal plants*, Mashhad, Behnashr.

Rahimi, M.H., Aharizad, S. and Mohebalipour, N. 2017. Evaluation of genetic diversity in populations of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) in terms of agronomic traits, essential oil and citral concentration. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 25(2): 271-288.

Raut, J.S. and Karuppayil, S.M. 2014. A status review on the medicinal properties of essential oils. *Industrial crops and products*, 62: 250-264.

Razaei, M., Safarnejad, A., Arab, M., Alamdari, S.B.L. and Dalir, M. 2016. Investigation of morphologic variation and essence value in several Thyme Native Species (*Thymus sp*) of Iran. *Journal Of Horticultural Science*, 30(3): 383-394.

Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I.M. and Murphy, A. 2015. *Plant physiology and development* (No. Ed. 6). Sinauer Associates Incorporated.

Tohidi, B., Rahimmalek, M. and Arzani, A. 2017. Essential oil composition, total phenolic, flavonoid contents, and antioxidant activity of Thymus species collected from different regions of Iran. *Food chemistry*, 220: 153-161.

Wang, D., Koh, H.L., Hong, Y., Zhu, H.T., Xu, M., Zhang, Y.J. and Yang, C.R. 2013. Chemical and morphological variations of Panax notoginseng and their relationship. *Phytochemistry*, 93: 88-95.

Yazdani, D., Jamshidi, A.H., Rezazadeh, S., Mojab, F. and Shahnazi, S. 2004. Variaion of essential oil percentage and constituent at different growth stages of dill (*Anethum graveolens* L.). *Journal of Medicinal Plants*, 3(11): 38-41.