

تأثیر بعضی عوامل محیطی بر ویژگی‌های رویشی، جوانه‌زنی بذر و مواد مؤثر کاکوتی کوهی (*Ziziphora clinopodioides*)

یونس عصری^۱، مریم فیروزی اردستانی^۲، مینا ربیعی^۳ و غلامرضا بخشی خانیکی^۲

^۱ بخش تحقیقات گیاه‌شناسی، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

^۲ گروه زیست‌شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران ۳۶۹۷-۱۹۳۹۵، ایران

^۳ گروه منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه پیام نور، تهران ۳۶۹۷-۱۹۳۹۵، ایران

چکیده

در پژوهش حاضر، رابطه بین ارتفاع از سطح دریا، ویژگی‌های اقلیمی و خاک به عنوان عوامل مهم و اثرگذار بر ویژگی‌های رویشی، جوانه‌زنی بذر و اسانس کاکوتی کوهی بررسی شد. به این منظور سه رویشگاه این گونه با ارتفاع‌های مختلف در استان‌های البرز و مازندران انتخاب شد. ویژگی‌های رویشی بوته‌های کاکوتی کوهی در ۴۵ پلات استقرار یافته در این سه رویشگاه، ثبت شد. بذر این گونه از سه رویشگاه، جمع‌آوری و قوه نامیه آنها تعیین شد. سه نمونه خاک از هر رویشگاه برداشت و بعضی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین سه رویشگاه از نظر ویژگی‌های رویشی، ویژگی‌های خاک و ترکیب‌های اسانس مشترک، اختلاف معنی‌داری وجود دارد. بیشترین میزان قوه نامیه بذرهای این گونه از رویشگاه رینه با تیمار سرمادهی و خراش پوسته به دست آمد. مهمترین عوامل محیطی اثرگذار بر ویژگی‌های رویشی و ترکیب‌های اسانس با استفاده از روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی تعیین شد. نتایج نشان داد که دمای سالانه، حداقل مطلق دما، حداکثر دمای گرمترین ماه، تعداد روزهای یخبندان، ارتفاع از سطح دریا، هدایت الکتریکی، رطوبت اشباع، ماده آلی و بافت خاک بیشترین تأثیر را بر این ویژگی‌ها داشتند.

واژه‌های کلیدی: اسانس، تجزیه مؤلفه‌های اصلی، جوانه‌زنی بذر، ویژگی‌های رویشی، کاکوتی کوهی

(Zare Dehabadi *et al.*, 2010). در بوم‌سامانه‌های

مقدمه

مختلف، عواملی نظیر ارتفاع از سطح دریا، بارندگی،

بسیاری از عوامل محیطی بر تولید و میزان مواد

نور، عناصر غذایی و غیره جایگاه تعیین‌کننده‌ای در

مؤثر گیاهان دارویی، یک متغیر مهم به شمار می‌رود

که ترکیب‌های اصلی اسانس آن‌ها، پولگون (۶۰/۴-۲۲/۳ درصد)، ۱، ۸- سینئول (۲۹/۹-۷/۱ درصد)، پیپریتون (۸-۲/۳ درصد) و نئومنتول (۸/۹-۰/۹ درصد) بود. Sonboli و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی تغییرپذیری شیمیایی درون گونه‌ای نه جمعیت *Z. clinopodioides* subsp. *rigida* از منطقه لشگر در همدان در مجموع ۳۹ ترکیب را شناسایی کردند که ترکیب‌های اصلی جمعیت‌های آن عبارت از این موارد بودند: پولگون (۴۴/۵-۰/۷ درصد)، ۱، ۸- سینئول (۲۶-۲/۱ درصد)، نئومنتول (۲۲/۵-۲/۵ درصد) و ترپینئول (۱۳/۲-۰ درصد).

با توجه به این که عوامل محیطی تأثیر مهمی بر استقرار، پراکنش و ویژگی‌های کمی و کیفی اسانس گونه‌های دارویی دارند، در این پژوهش سعی شده است نقش این عوامل بر ویژگی‌های رویشی، جوانه‌زنی بذر و مواد مؤثر *Z. clinopodioides* با نمونه‌برداری از این گونه در سه رویشگاه که از نظر ویژگی‌های محیطی تفاوت زیادی دارند، مطالعه شود تا رویشگاهی با شرایط بهینه رشد و ترکیب‌های مؤثر معرفی شود. علاوه بر این با تعیین میزان قوه نامیه بذرهای این گیاه که از مناطقی با شرایط محیطی متفاوت جمع‌آوری شده‌اند، تأثیر عوامل بوم‌شناختی در تجدید حیات آن بررسی شد تا رویشگاهی با شرایط مناسب برای زادآوری طبیعی آن مشخص شود.

مواد و روش‌ها

برای انتخاب رویشگاه‌های مورد مطالعه، مناطق انتشار *Z. clinopodioides* در دو استان البرز و مازندران بر اساس پوشش گیاهی ایران (Jamzad,

انتشار گیاهان، کمیّت و کیفیت مواد مؤثر گیاهی دارند. بنابراین شناخت عوامل تأثیرگذار بر مواد مؤثر گیاهان دارویی و اثربخشی بیشتر این ترکیب‌ها اهمیت دارد و بر اساس این موضوع، پژوهشگران کوشش می‌کنند تا با ارائه روش‌های مختلف، تولید مواد مؤثر را افزایش دهند. با توجه به این که عوامل محیطی، تغییراتی را در رشد گیاهان و مواد مؤثر آن‌ها (نظیر آلکالوئیدها، گلیکوزیدها، استروئیدها و روغن‌های فرار یا اسانس) موجب می‌شوند، بنابراین گیاهان دارویی زمانی از نظر اقتصادی مقرون‌به‌صرفه هستند که مقادیر متابولیت‌های اولی و ثانوی در حد مطلوبی باشند (Mohammadian et al., 2014).

شناخت گیاهان دارویی بومی کشور و تعیین شرایط بهینه رشد و بازدهی بیشتر اسانس آن‌ها می‌تواند برای بهره‌برداری پایدار این گیاهان جایگاه مهمی داشته باشد. کاکوتی کوهی (*Ziziphora clinopodioides* Lam.) از تیره نعنا (Lamiaceae) یکی از گونه‌های با ارزش دارویی است که پراکنش وسیعی در ایران دارد. این گونه، منبع سرشاری از مواد متنوع است که به صورت آرام‌بخش، مقوی معده و ضد عفونی‌کننده مجاری تنفسی و روده و همچنین رفع اختلالات قلبی، سرماخوردگی، میگرن و تب استفاده می‌شود (Mozaffarian, 2013).

در چند پژوهش انجام شده مشخص شد که شرایط رویشگاهی، تأثیر زیادی بر کمیّت و کیفیت ماده مؤثر *Z. clinopodioides* دارد. برای نمونه می‌توان به این موارد اشاره کرد. Dehghan و همکاران (۲۰۱۰)، ۲۶ ترکیب را در اسانس *Z. clinopodioides* subsp. *rigida* از چهار منطقه در استان همدان شناسایی کردند

آماربرداری در ۱۵ پلات ۴ متر مربعی، امکان‌پذیر است. در هر پلات، سطح تاج پوشش، ارتفاع بوته‌ها، تعداد بوته و طول بلندترین ساقه *Z. clinopodioides* اندازه‌گیری شد. در هر رویشگاه، سه نمونه خاک با مت‌نمونه‌برداری چرخشی از عمق توسعه ریشه این گونه (حدود ۳۰ سانتی‌متر) به طور تصادفی از داخل پلات‌ها برداشت شد. نمونه‌های خاک به آزمایشگاه خاک‌شناسی انتقال یافتند و برخی از مهمترین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شد.

2012) تعیین شد. سپس به کمک بازدیدهای میدانی از بین این مناطق، سه رویشگاه با شرایط محیطی مختلف انتخاب شدند (جدول ۱). در هر رویشگاه پس از تعیین اندازه پلات با روش سطح حداقل (Asri, 2005)، تعداد ۱۵ پلات ۴ مترمربعی به‌طور تصادفی استقرار یافت. تعداد نمونه مناسب به روش ترسیمی (Mesdaghi, 1998) به کمک داده‌های سطح تاج پوشش برآورده شده در محدوده ۵ تا ۲۰ پلات ۴ متر مربعی مشخص شد. نتایج نشان داد که برآورد سطح تاج پوشش با

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی و ویژگی‌های اقلیمی رویشگاه‌های بررسی شده

منطقه	ارتکه (البرز)	گاجره (البرز)	رینه (مازندران)
طول جغرافیایی	۵۱ ۰۳	۵۱ ۲۰	۵۲ ۱۲
عرض جغرافیایی	۳۵ ۵۵	۳۶ ۰۶	۳۶ ۲۷
ارتفاع از سطح دریا (m)	۱۶۵۰	۲۱۰۰	۲۴۰۰
میانگین دمای سالانه (°C)	۱۱	۱۰/۲	۹/۳
میانگین حداقل دمای سردترین ماه (°C)	-۴/۵	-۸/۳	-۹/۶
میانگین حداکثر دمای گرمترین ماه (°C)	۲۷/۳	۲۷/۵	۲۵/۳۸
حداقل مطلق دما (°C)	-۱۵	-۲۱	-۲۲
حداکثر مطلق دما (°C)	۳۵/۶	۳۴/۴	۳۲/۲
بارندگی سالانه (mm)	۵۲۹/۵	۳۲۸	۵۵۹/۹
تعداد روزهای یخبندان	۷۹	۱۲۴	۱۲۹
اقلیم به روش آمبرژه	نیمه مرطوب سرد	نیمه خشک سرد	مرطوب سرد

اطلاعات اقلیمی مناطق ارتکه، گاجره و رینه به ترتیب به ایستگاه‌های هواشناسی سیاه‌بیشه، بلده و آجلی در سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۰۱ مربوط است.

مهر جمع‌آوری شدند. بذرها به دو حالت بدون خراش و با خراش پوسته در پتریدیش داخل اتاق رشد با ۱۶ ساعت روشنایی و دمای ۲۵ درجه سانتیگراد و ۸ ساعت تاریکی و دمای ۱۵ درجه سانتیگراد کشت شدند. تعداد دیگری از بذرها در تیمار سرما در دمای ۴ درجه سانتیگراد به مدت دو هفته قرار گرفتند و آن‌ها نیز به دو

ترکیب‌های اسانس سرشاخه‌های گلدار *Z. clinopodioides* در سه رویشگاه مورد بررسی تعیین شد (Rabie et al., 2015). برای تعیین قوه نامیه بذرهای *Z. clinopodioides* در سه رویشگاه، بذرهای این گیاه از رویشگاه ارتکه در اواخر مرداد، از رویشگاه گاجره در اواخر شهریور و از رویشگاه رینه در اواسط

پلات در سطح ۵ درصد، اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۲). نتایج به‌دست‌آمده از مقایسه میانگین‌های مقادیر ویژگی‌های رویشی گونه بررسی‌شده در رویشگاه‌های طبیعی با آزمون چنددامنه‌ای دانکن نشان می‌دهد که از نظر سطح تاج‌پوشش، بین رویشگاه‌های ارنگه و رینه، اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و بیشترین مقادیر سطح تاج‌پوشش (۱۱/۸۳ درصد) به رویشگاه گاجره مربوط است. از نظر ارتفاع گیاه و طول بلندترین ساقه، بین رویشگاه‌های ارنگه و گاجره، اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و بیشترین مقادیر ارتفاع گیاه (۴۴/۱۳ سانتی‌متر) و طول بلندترین ساقه (۴۹/۴۷ سانتی‌متر) در رویشگاه ارنگه مشاهده شد. همچنین از نظر تعداد بوته در پلات، رویشگاه‌های ارنگه و رینه علاوه بر اختلاف معنی‌داری که با هم دارند، از رویشگاه گاجره نیز متفاوتند و بیشترین تعداد بوته در پلات (۳/۴۷ بوته) به رویشگاه رینه مربوط است (جدول ۳).

حالت بدون خراش و با خراش پوسته در اتاق رشد کشت شدند.

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن با نرم‌افزار SPSS ver. 17 انجام شد. مهمترین عوامل محیطی اثرگذار بر ویژگی‌های رویشی و ترکیب‌های اسانس به کمک روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی (PCA) در نرم‌افزار Minitab ver. 17 تعیین شد. در تحلیل مؤلفه‌های اصلی، ترکیب‌هایی از اسانس استفاده شد که مقادیر آن‌ها حداقل در یکی از رویشگاه‌ها بیش از چهار درصد بود.

نتایج

- ویژگی‌های رویشی

تجزیه واریانس مقادیر ویژگی‌های رویشی *Z. clinopodioides* نشان می‌دهد که بین این سه رویشگاه از نظر سطح تاج‌پوشش، ارتفاع گیاه و طول بلندترین ساقه در سطح ۱ درصد و همچنین تعداد بوته در

جدول ۲- تجزیه واریانس میانگین مقادیر ویژگی‌های رویشی *Z. clinopodioides* در رویشگاه‌های بررسی‌شده

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		سطح تاج‌پوشش	ارتفاع گیاه	طول بلندترین ساقه
رویشگاه	۲	۲۳۰/۵۸**	۱۴۷۲/۰۷**	۱۳۷۴/۰۲**
خطا	۴۲	۲۹/۲۶۵	۴۹/۲۱۸	۷۶/۴۳۸

** معنی‌داری در سطح ۱ درصد؛ * معنی‌داری در سطح ۵ درصد

جدول ۳- مقایسه میانگین مقادیر ویژگی‌های رویشی *Z. clinopodioides* در رویشگاه‌های بررسی‌شده با استفاده از آزمون دانکن

رویشگاه	سطح تاج‌پوشش (درصد)	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	طول بلندترین ساقه (سانتی‌متر)	تعداد بوته
ارنگه	۵/۳۵ b	۴۴/۱۳ a	۴۹/۴۷ a	۲/۰۷ b
گاجره	۱۱/۸۳ a	۴۰/۳۴ a	۴۵/۰۷ a	۲/۸ ab
رینه	۴/۷۷ b	۲۵/۳۹ b	۳۱/۱۳ b	۳/۴۷ a

a, b و c: سطوح معنی‌داری

- جوانه‌زنی بذرها

تجزیه واریانس درصد جوانه‌زنی بذرهای جمع‌آوری شده از سه رویشگاه که در تیمارهای مختلف قرار گرفتند، نشان می‌دهد که بین این سه رویشگاه در سطح ۱ درصد، اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۴). نتایج به‌دست آمده از مقایسه میانگین‌های درصد جوانه‌زنی بذرها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن نشان می‌دهد که بیشترین درصد جوانه‌زنی به تیمار سرمادهی و خراش پوسته بذر مربوط است. درصد جوانه‌زنی

بذرها با این تیمارها در رویشگاه‌های رینه و گاجره به ترتیب ۷۱ و ۶۷ درصد است. جوانه‌زنی بذرها با تیمار خراش پوسته نیز درصد بالایی را نشان می‌دهد؛ به طوری که درصد جوانه‌زنی بذرها با اعمال این تیمار در رویشگاه‌های رینه و گاجره به ترتیب ۶۶ و ۶۰ درصد است. کمترین درصد جوانه‌زنی به روش بدون تیمار سرمادهی و خراش پوسته بذر مربوط است که در این روش هیچ‌یک از بذرهای رویشگاه ارنگه به تندش قادر نشدند (جدول ۵).

جدول ۴- تجزیه واریانس میانگین درصد جوانه‌زنی بذرهای جمع‌آوری شده *Z. clinopodioides* از رویشگاه‌های بررسی شده

میانگین مربعات			درجه آزادی	منابع تغییرات
سرمادهی و خراش پوسته	سرمادهی	خراش پوسته		
۳۹۲۴/۰۰**	۱۱۶۱/۰۰**	۱۹۵۶/۰۰**	۲	رویشگاه
۱/۵۰	۱/۵۰	۱/۵۰	۶	خطا

** معنی‌داری در سطح ۱ درصد

جدول ۵- مقایسه میانگین درصد جوانه‌زنی بذرهای جمع‌آوری شده *Z. clinopodioides* از رویشگاه‌ها با استفاده از آزمون دانکن

رویشگاه	بدون تیمار	خراش پوسته	سرمادهی	سرمادهی و خراش پوسته
ارنگه	۰/۰ c	۳۸/۰ c	۱۶/۰ c	۳۳/۰ c
گاجره	۱۲/۰ b	۶۰/۰ b	۳۵/۰ b	۶۷/۰ b
رینه	۱۸/۰ a	۶۶/۰ a	۳۸/۰ a	۷۱/۰ a

a, b و c: سطوح معنی‌داری

ویژگی‌های خاک

تجزیه واریانس ویژگی‌های خاک نشان می‌دهد که بین این سه رویشگاه به غیر از اسیدیت، سایر ویژگی‌ها در سطح ۰/۱ درصد و اسیدیت در سطح ۱ درصد، اختلاف معنی‌داری دارند (جدول ۶). همچنین

مقایسه‌ای بین میانگین مقادیر ویژگی‌های خاک رویشگاه‌های طبیعی گونه بررسی شده با آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام شد که نتایج آن در جدول ۷ ارائه شده است.

جدول ۶- تجزیه واریانس میانگین مقادیر ویژگی‌های خاک رویشگاه‌های *Z. clinopodioides*

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		اسیدیته	هدایت الکتریکی	رطوبت اشباع	ماده آلی	آهک	شن
رویشگاه	۲	۰/۲۹۰*	۱/۲۱۷**	۴۷۵/۴۲۴***	۴/۳۴۶***	۷۲/۲۸۰**	۱۳۳۷/۳۳۳***
خطا	۶	۰/۰۳۹	۰/۰۴۳	۱۰/۱۴۱	۰/۰۵۶	۲/۳۵۹	۱۱/۰۰۰
رس	سیلت	۹۴۸/۰۰۰***	۳۲۹/۳۳۳***	۲۰۹/۰۰۰***	۳/۵۸۳	۲/۹۱۷	۳/۵۸۳

*** معنی‌داری در سطح ۰/۱ درصد؛ ** معنی‌داری در سطح ۱ درصد

جدول ۷- مقایسه میانگین مقادیر ویژگی‌های خاک رویشگاه‌های *Z. clinopodioides* با استفاده از آزمون دانکن

رویشگاه	اسیدیته	هدایت الکتریکی	رطوبت اشباع	ماده آلی	آهک	شن	سیلت	رس
ارنگه	۸/۳۴ a	۱/۳۷ a	۳۲/۶۱ b	۰/۷۰ b	۹/۱ b	۳۸/۰ b	۴۰/۶۶ a	۲۱/۳۳ b
گاجره	۸/۰۵ b	۱/۴۳ a	۲۹/۴۷ c	۱/۸۶ a	۵/۲۳ c	۵۶/۰ a	۲۸/۶۶ c	۱۵/۳۳ c
رینه	۸/۳۸ a	۰/۷۶ b	۴۳/۳۳ a	۰/۶۱ b	۱۰/۷۵ a	۲۸/۶۶ c	۳۶/۰ b	۳۵/۳۳ a

a, b و c: سطوح معنی‌داری

- ترکیب‌های اسانس

تجزیه اسانس *Z. clinopodioides* نشان می‌دهد که اسانس این گیاه در سه رویشگاه ارنگه، گاجره و رینه به ترتیب ۳۹، ۳۹ و ۳۰ ترکیب دارد. از ترکیب‌های استخراج‌شده، ترپین-۴-ال با ۲۹/۷ درصد در رویشگاه ارنگه، ۱، ۸-سینول با ۲۵/۰۱ درصد در رویشگاه گاجره و پولگون با ۱۷/۹۲ درصد در رویشگاه رینه بیشترین مقادیر را داشتند (Rabie et al., 2015).

نتایج تجزیه واریانس ترکیب‌های اسانس مشترک در سه رویشگاه (حداقل با مقادیر بیش از ۴ درصد در یکی از رویشگاه‌ها) نشان می‌دهد که بین میانگین این ترکیب‌ها در سطح ۰/۱ درصد، اختلاف معنی‌داری وجود دارد. در بین این ترکیب‌ها فقط متون در سطح ۱ درصد، اختلاف معنی‌داری را نشان داد (جدول ۸).

همچنین نتایج به دست آمده از جدول مقایسه میانگین درصد ترکیب‌های شناسایی شده از گونه بررسی شده با آزمون چنددامنه‌ای دانکن نشان می‌دهد که میزان ترکیب‌های پولگون، نئومتول، نئوایزومتول، پیریتون، پارامت-۳-ان-۸-ال، متون، ایزومتون و پیریتون در رویشگاه رینه در جایگاه مرتفعترین رویشگاه (۲۴۰۰ متر بالاتر از سطح دریا) به ترتیب با مقادیر ۱۷/۹۲، ۱۶/۸۸، ۸/۳۸، ۷/۰۵، ۵/۵۴، ۵/۰۶، ۴/۰۶ و ۴/۰۲ درصد نسبت به دو رویشگاه دیگر در سطح بالاتر قرار دارند. همچنین ترکیب‌های ترپین-۴-ال، گاما-ترپین، ساینین، آلفا-ترپین و لیمونن به ترتیب با مقادیر ۲۹/۷، ۱۳/۰۸، ۷/۹۴، ۷/۳۸ و ۴/۲۷ درصد در رویشگاه ارنگه (کم‌ارتفاعترین سایت) بیشترین مقادیر و در رویشگاه رینه کمترین مقادیر را دارند. ترکیب‌های ۱، ۸-

سینتول، جرماکرن-دی، بتا-پینن، آلفا-پینن و بورنیل استات بیشترین مقادیر را به ترتیب با ۸/۵۸، ۲۵/۰۱، ۷/۸۷، ۵/۰۵ و ۴/۹ درصد در رویشگاه گاجره (سایت میانی) به خود اختصاص داده‌اند.

جدول ۸- تجزیه واریانس میانگین درصد ترکیب‌های شیمیایی *Z. clinopodioides* در رویشگاه‌های بررسی شده

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		آلفا-پینن	سایینن	بتا-پینن	آلفا-ترینین	لیمونن	۱، ۸- سینتول	گاما-ترینین	پارامنت-۳-ان-۸-آل	متنوت
رویشگاه	۲	۳۲/۶۵۱***	۱۰۵/۹۱۳***	۸۱/۸۵۲***	۱۳۳/۶۹۴***	۱۶۷/۹۴۸***	۱۱۰/۶۰۲۵*	۳۸۲/۹۳۳***	۷۶/۴۲۰***	۵۷/۹۵۳***
خطا	۶	۰/۰۲۵	۰/۰۳۵	۰/۰۴۱	۰/۰۱۶	۰/۰۴۸	۰/۰۸۹۰	۰/۰۶۹	۰/۰۵۲	۰/۰۱۶

*** معنی‌داری در سطح ۰/۱ درصد؛ ** معنی‌داری در سطح ۱ درصد

ادامه جدول ۸

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		ایزو متنوت	نئو متنوت	ترینین-۴-آل	نئوایزو متنوت	پولگون	پیریتون	بورنیل استات	پیریتون	جرماکرن-دی
رویشگاه	۲	۳۷/۱۲۰***	۸۱۴/۸۹۴***	۲۲۱/۰۴۳***	۲۰۲/۶۵۱***	۹۱۵/۵۹۵***	۱۲۸/۴۰۴***	۵۰/۲۷۷***	۴۴/۸۶۸***	۱۴۵/۱۹۷***
خطا	۶	۰/۰۲۷	۰/۰۴۲	۰/۰۲۳۳	۰/۰۱۰	۰/۰۵۱	۰/۰۳۷	۰/۰۴۹	۰/۰۱۳	۰/۰۴۲

جدول ۹- مقایسه میانگین درصد ترکیب‌های شیمیایی *Z. clinopodioides* در رویشگاه‌های بررسی شده با استفاده از آزمون دانکن

رویشگاه	متنوت	پارامنت-۳-ان-۸-آل	گاما-ترینین	۱، ۸- سینتول	لیمونن	آلفا-ترینین	بتا-پینن	سایینن	آلفا-پینن
ارنگه	۰/۷۱ b	۰/۵۵ b	۱۳/۰۸ a	۲/۹۷ c	۴/۲۷ a	۷/۳۸ a	۳/۶۷ b	۷/۹۴ a	۲/۳۸ b
گاجره	۰/۶۲ b	۰/۴۳ b	۵/۱۴ b	۲۵/۰۱ a	۴/۰۹ a	۱/۵۳ b	۷/۸۷ a	۳/۶۱ b	۵/۰۵ a
رینه	۵/۰۶ a	۵/۵۴ a	۰/۱۴ c	۱۶/۱۰ b	۱/۸۰ b	۰/۰۹ c	۲/۰۲ c	۱/۱۶ c	۱/۳۶ c

a, b و c: سطوح معنی‌داری

ادامه جدول ۹

رویشگاه	ایزو متنوت	نئو متنوت	ترینین-۴-آل	نئوایزو متنوت	پولگون	پیریتون	بورنیل استات	پیریتون	جرماکرن-دی
ارنگه	۰/۶۵ b	۰/۰۹ c	۲۹/۷۰ a	۰/۲۱ b	۰/۵۷ b	۰/۵۲ b	۱/۵۵ b	۰/۱۶ b	۳/۷۰ b
گاجره	۰/۴۴ c	۰/۷۰ b	۵/۴۱ b	۰/۱۰ c	۰/۳۵ c	۰/۴۹ b	۴/۹۰ a	۰/۱۴ b	۸/۵۸ a
رینه	۴/۰۶ a	۱۶/۸۸ a	۰/۳۸ c	۸/۳۸ a	۱۷/۹۲ a	۷/۰۵ a	۰/۳۳ c	۴/۰۲ a	۰/۶۱ c

- همبستگی ویژگی‌های رویشی و ترکیب‌های اسانس با برخی از عامل‌های محیطی نتایج همبستگی بین ویژگی‌های رویشی و ترکیب‌های اسانس *Z. clinopodioides* با برخی از عامل‌های محیطی رویشگاه‌های این گونه در جدول (۱۰) ارائه شده است. بر طبق این جدول، بعضی از عوامل محیطی بیشترین همبستگی را با ویژگی‌های مورد سنجش این گیاه دارند. در بین عوامل محیطی، ارتفاع از سطح دریا، هدایت الکتریکی، رطوبت اشباع، رس و ماسه بیشترین همبستگی معنی‌دار را با ویژگی‌های رویشی نشان می‌دهند و حداکثر و حداقل مطلق دما، دمای سالانه، میانگین حداکثر دمای گرمترین ماه و سیلت در مرتبه پس از آن قرار دارند. همچنین تعداد روزهای یخبندان، میانگین حداقل دمای سردترین ماه، بارندگی سالانه، اسیدیته، ماده آلی و آهک، کمترین همبستگی معنی‌دار را با این ویژگی‌ها دارند.

در میان ویژگی‌های رویشی اندازه‌گیری شده در گیاه *Z. clinopodioides*، تعداد بوته با هیچ‌یک از ویژگی‌های محیطی به جز میانگین حداکثر دمای گرمترین ماه، همبستگی معنی‌داری را نشان نداد. سطح تاج‌پوشش با میانگین حداکثر دمای گرمترین ماه، میانگین حداقل دمای سردترین ماه، ارتفاع از سطح دریا و بارندگی سالانه و تمام ویژگی‌های خاک همبستگی معنی‌داری دارد. ارتفاع گیاه و طول بلندترین ساقه با دمای سالانه، حداکثر و حداقل مطلق دما، ارتفاع از سطح دریا، هدایت الکتریکی، رطوبت اشباع، ماسه، رس و سیلت، همبستگی معنی‌داری را نشان می‌دهند (جدول ۱۰).

همچنین بررسی همبستگی بین ترکیب‌های اسانس *Z. clinopodioides* با ویژگی‌های محیطی نشان

می‌دهد که اکثر ترکیب‌های شیمیایی با بیشتر ویژگی‌های محیطی شامل دمای سالانه، حداکثر و حداقل مطلق دما، بارندگی سالانه، تعداد روزهای یخبندان، ارتفاع از سطح دریا، هدایت الکتریکی، رطوبت اشباع، ماده آلی، آهک، ماسه و رس، همبستگی معنی‌داری دارند. در میان ترکیب‌های شیمیایی، ترپین-۴-أل، گاما-ترپین، آلفا-ترپین و ساینین کمترین همبستگی و آلفا-پینن، بتا-پینن و جرماکرن-دی بیشترین همبستگی را با ویژگی‌های خاک نشان می‌دهند.

تحلیل مؤلفه‌های اصلی متغیرهای محیطی مؤثر بر ویژگی‌های رویشی و ترکیب‌های اسانس

شکل (۱) تحلیل مؤلفه‌های اصلی متغیرهای محیطی مؤثر بر ویژگی‌های رویشی و ترکیب‌های اسانس را نشان می‌دهد. بر طبق این رسته‌بندی، میانگین دمای سالانه، بیشترین تأثیر را بر ارتفاع بوته و طول بلندترین ساقه و همچنین مقادیر گاما-ترپین و ساینین دارد. در رویشگاه ارنگه با بالاترین میانگین دمای سالانه، این ترکیب‌ها و ویژگی‌های رویشی، بیشترین مقادیر را به خود اختصاص می‌دهند. مقادیر ترپین-۴-أل و آلفا-ترپین نیز با حداقل مطلق دما تأثیر می‌پذیرند. این ترکیب‌ها نیز در رویشگاه ارنگه بالاترین مقادیر را شامل می‌شوند. همچنین مقدار ۱، ۸-سینئول تابع میانگین حداکثر دمای گرمترین ماه و تعداد روزهای یخبندان است. تأثیر هدایت الکتریکی بر مقدار لیمونن، ماده آلی بر سطح تاج‌پوشش و ارتفاع از سطح دریا بر درصد جوانه‌زنی و تعداد بوته نیز کاملاً مشهود است. ماسه نیز بر مقادیر جرماکرن-دی، بورنیل استات، آلفا-پینن و بتا-پینن تأثیر زیادی

پارامنت ۳-ان-۸-آل، پولگون، پیریتون، پیریتون، منتون، ایزومتون، نئومتول و نئوایزومتول در رویشگاه رینه به خوبی آشکار است.

دارد؛ زیرا با افزایش درصد ماسه خاک، مقادیر این ترکیب‌ها در رویشگاه گاجره افزایش یافته است. در نهایت تأثیر رس و رطوبت اشباع خاک بر مقادیر

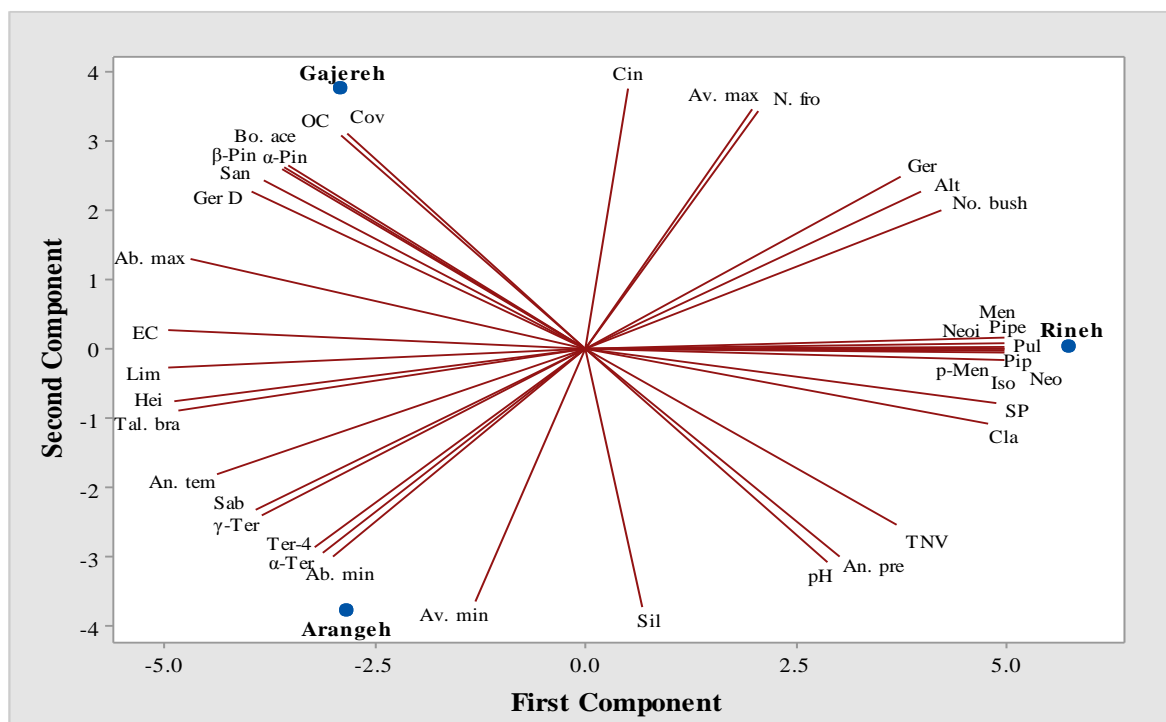
جدول ۱۰- همبستگی پیرسون بین ویژگی‌های رویشی و ترکیب‌های شیمیایی *Z. clinopodioides* با ویژگی‌های محیطی

ویژگی‌های محیطی		ویژگی‌های رویشی و ترکیب‌های شیمیایی						
میانگین ده‌ای سالانه	حداقل مطلق ده‌ا	حداکثر مطلق ده‌ا	میانگین حداقل ده‌ا	میانگین میانگین	میانگین بارندگی سالانه	تعداد روزهای یخبندان	ارتفاع از سطح دریا	
سطح تاج پوشش	۰/۱۷۳	-۰/۲۱۶	۰/۳۳۷	-۰/۳۸۸*	۰/۴۲۸*	-۰/۶۲۵**	۰/۴۲۹*	
تعداد بوته	-۰/۱۵۹	-۰/۳۵۳	-۰/۲۳۱	-۰/۳۰۳	۰/۵۰۹**	-۰/۱۵۱	۰/۳۳۹	
ارتفاع گیاه	۰/۶۰۶*	۰/۴۶۷*	۰/۴۸۰*	۰/۳۱۶	-۰/۱۰۰	-۰/۳۴۳	-۰/۶۱۱**	
طول بلندترین ساقه	۰/۵۷۶**	۰/۴۳۲*	۰/۴۵۸*	۰/۳۳۹	۰/۰۷۵	-۰/۲۹۰	-۰/۵۷۰**	
آلفا-پینن	۰/۲۷۰	-۰/۱۱۸	۰/۳۳۷**	-۰/۴۷۵*	۰/۱۷۴	-۰/۹۷۱**	-۰/۱۵۴	
سایبین	۰/۸۴۴**	-۰/۸۹۹**	۰/۴۲۴*	۰/۸۱۴**	-۰/۴۱۹*	۰/۰۳۶	-۰/۹۸۷**	
بتا-پینن	۰/۲۶۶	-۰/۱۰۰	۰/۷۲۱**	-۰/۴۶۰*	۰/۱۲۳	-۰/۹۷۱**	-۰/۱۶۳	
آلفا-تریپنن	۰/۸۰۴**	۰/۹۳۰**	۰/۲۹۱	۰/۹۰۱**	-۰/۴۵۹*	-۰/۲۱۰	-۰/۹۶۶**	
لیمونن	۰/۷۷۱**	۰/۶۳۰**	۰/۷۵۹**	۰/۳۳۵	-۰/۲۵۸	-۰/۵۴۲**	-۰/۸۰۷**	
۸، ۱-سیننول	-۰/۴۶۱*	-۰/۸۰۷**	۰/۱۸۷	-۰/۹۷۶**	۰/۴۶۰*	-۰/۷۱۸**	۰/۳۴۶	
گاما-تریپنن	۰/۸۴۴**	۰/۹۰۱**	۰/۴۳۹*	۰/۷۹۸**	-۰/۴۱۵*	۰/۰۱۰	-۰/۹۹۱**	
پارامنت ۳-ان-۸-آل	-۰/۷۶۷**	-۰/۵۵۱**	-۰/۷۷۲**	-۰/۲۵۵	۰/۱۹۶	۰/۶۰۶**	۰/۸۱**	
منتون	-۰/۷۷۲**	-۰/۵۳۹**	-۰/۷۶۴**	-۰/۲۵۹	۰/۱۹۱	۰/۶۱۰**	۰/۸۸۵**	
ایزومتون	-۰/۷۶۵**	-۰/۵۱۰**	-۰/۷۷۸**	-۰/۲۱۸	۰/۱۶۴	۰/۶۳۱**	۰/۷۶۴**	
نئومتول	-۰/۷۸۲**	-۰/۵۸۷**	-۰/۷۵۶**	-۰/۳۰۴	۰/۲۱۱	۰/۵۶۶**	۰/۸۱۴**	
تریپنن-۴-آل	-۰/۷۹۵**	-۰/۹۲۹**	۰/۲۷۲	۰/۹۱۳**	-۰/۴۶۰*	۰/۲۳۷	-۰/۹۶۱**	
نئوایزومتول	-۰/۷۶۳**	-۰/۵۵۵**	-۰/۷۶۴**	-۰/۲۶۳	۰/۱۹۲	۰/۶۰۱**	۰/۷۸۹**	
پولگون	-۰/۷۷۵**	-۰/۵۶۹**	-۰/۷۶۰**	-۰/۲۸۴	۰/۲۰۴	۰/۵۸۴**	۰/۸۰۲**	
پیریتون	-۰/۷۶۴**	-۰/۵۵۷**	-۰/۷۵۵**	-۰/۲۷۱	۰/۱۹۷	۰/۵۹۸**	۰/۷۹۳**	
بورنیل استات	۰/۲۵۰	-۰/۱۳۵	۰/۷۱۴**	-۰/۴۷۷*	۰/۱۵۸	-۰/۹۷۱**	-۰/۱۵۲	
پیریتون	-۰/۷۷۲**	-۰/۵۵۴**	-۰/۷۶۶**	-۰/۲۶۸	۰/۱۹۳	۰/۵۹۸**	۰/۷۹۲**	
جرماکرون - دی	۰/۳۷۳	-۰/۰۰۵	۰/۶۷۸**	-۰/۳۵۷	۰/۰۹۵	-۰/۹۵۰**	-۰/۲۷۶	

ادامه جدول ۱۰

ویژگی‌های محیطی		ویژگی‌های رویشی و ترکیب‌های شیمیایی					
اسیدیته	هدایت الکتریکی	رطوبت اشباع	ماده آل	آهک	ماسه	سیلت	رس
سطح تاج پوشش	-۰/۵۲۰**	۰/۵۲۵*	-۰/۴۸۸*	۰/۶۸۷**	-۰/۴۸۳*	۰/۵۸۴**	-۰/۴۶۹*
تعداد بوته	-۰/۱۵۷	-۰/۲۵۲	۰/۰۳۷	۰/۲۶۳	-۰/۰۸۶	-۰/۲۶۳	۰/۰۹۵
ارتفاع گیاه	-۰/۳۲۲	۰/۵۴۷**	-۰/۵۴۹**	۰/۲۵۷	-۰/۳۶۶	۰/۴۱۳*	-۰/۶۳۵**
طول بلندترین ساقه	-۰/۱۹۸	۰/۴۵۳*	-۰/۴۹۸**	۰/۲۵۸	-۰/۳۵۰	۰/۳۹۹*	-۰/۵۷۳**
آلفا-پینن	-۰/۶۰۶**	۰/۶۱۹**	-۰/۷۵۵**	۰/۹۰۸**	-۰/۸۲۵**	۰/۹۵۷**	-۰/۸۶۶**
سایبین	۰/۰۳۹	۰/۶۰۷**	-۰/۵۶۱**	-۰/۰۸۴	-۰/۱۱۲	۰/۱۷۳	-۰/۵۵۱**

-۰/۸۷۰**	-۰/۷۴۱**	۰/۹۶۵**	-۰/۸۴۸**	۰/۹۰۴**	-۰/۷۶۴**	۰/۶۵۷**	-۰/۵۹۴**	بتا- پینن
-۰/۳۹۶*	۰/۶۲۸**	۰/۰۰۸	۰/۳۳۰	-۰/۲۴۷	-۰/۴۲۹*	۰/۴۹۴**	۰/۱۵۲	آلفا- ترپینن
-۰/۹۰۸**	-۰/۰۳۹	۰/۶۶۹**	-۰/۵۸۱**	۰/۴۶۵*	-۰/۸۴۹**	-۰/۸۵۹**	-۰/۳۱۱	لیمونن
-۰/۱۸۸	-۰/۹۰۵**	۰/۵۳۱**	-۰/۴۸۶*	۰/۷۱۲**	-۰/۰۹۶	-۰/۰۱۹	-۰/۴۶۷*	۸-ا، سینتول
-۰/۵۶۹**	۰/۱۵۴	۰/۲۰۷	-۰/۱۳۹	-۰/۰۶۰	-۰/۵۷۱**	۰/۶۲۳**	۰/۲۲۰	گاما- ترپینن
۰/۹۴۵**	/۱۴۳	-۰/۷۵۰**	۰/۶۱۴**	-۰/۵۳۸**	۰/۸۸۰**	-۰/۸۳۶**	۰/۳۶۵	پارامنت-۳-ان-۸-آل
۰/۹۴۷**	۰/۱۳۹	-۰/۷۴۶**	۰/۶۲۵**	-۰/۵۲۷**	۰/۸۷۳**	-۰/۸۴۱**	۰/۳۶۸	متنون
۰/۹۵۲**	۰/۱۶۳	-۰/۷۶۸**	۰/۶۳۷**	-۰/۵۵۱**	۰/۸۸۱**	-۰/۸۲۴**	۰/۳۹۳	ایزومنتون
۰/۹۳۱**	۰/۰۸۹	-۰/۷۱۴**	۰/۵۹۶**	-۰/۴۹۳**	۰/۸۶۶**	۰/۸۳۳**	۰/۳۳۹	نئومنتول
-۰/۳۷۲	۰/۶۴۵**	-۰/۰۱۸	۰/۰۵۴	-۰/۲۷۱	-۰/۴۰۸*	-۰/۴۷۶*	۰/۱۶۳	ترپینن-۴-آل
۰/۹۴۲**	۰/۱۳۲	-۰/۷۴۴**	۰/۶۲۵**	-۰/۵۲۵**	۰/۸۷۴**	-۰/۸۳۲**	۰/۳۵۷	نئوایزومنتول
۰/۹۳۸**	۰/۱۱۰	-۰/۷۲۹**	۰/۶۰۹**	-۰/۵۰۷**	۰/۸۷۲**	-۰/۸۳۴**	۰/۳۴۸	پولگون
۰/۹۳۷**	۰/۱۲۰	-۰/۷۳۴**	۰/۶۱۸**	-۰/۵۱۲**	۰/۸۶۶**	-۰/۸۲۹**	۰/۳۴۹	پیریتون
-۰/۸۶۲**	-۰/۷۴۵**	۰/۹۶۵**	-۰/۸۳۷**	۰/۹۰۳**	-۰/۷۴۸**	۰/۶۲۹**	-۰/۵۹۸**	بورنیل استات
۰/۹۴۴**	۰/۱۱۹	-۰/۷۳۷**	۰/۶۱۶**	-۰/۵۲۲**	۰/۸۸۰**	-۰/۸۳۳**	۰/۳۵۸	پیریتون
-۰/۹۲۱**	-۰/۶۶۷**	۰/۹۶۶**	-۰/۸۴۹**	۰/۸۸۰**	-۰/۸۱۸**	۰/۷۰۳**	-۰/۵۹۵**	جرماکرن - دی



شکل ۱- نمودار رسته‌بندی PCA متغیرهای بررسی شده در سه رویشگاه

Alt = ارتفاع از سطح دریا، An. tem = میانگین دمای سالانه، Ab. min = حداقل مطلق دما، Ab. max = حداکثر مطلق دما، Av. min = میانگین حداقل دمای سردترین ماه، Av. max = میانگین حداکثر دمای گرمترین ماه، An. pre = بارندگی سالانه، No. fro = تعداد روزهای یخبندان، pH = اسیدیته، EC = هدایت الکتریکی، SP = رطوبت اشباع، OC = ماده آلی، TNV = آهک، San = ماسه، Sil = سیلت، Cla = رس، Cov = سطح پوشش، Hei = ارتفاع گیاه، Tal. bra = طول بلندترین ساقه، No. bush = تعداد بوته، Ger = جوانه‌زنی، α-Pin = آلفا- پینن، Sab = ساینن، β-Pin = بتا- پینن، α-Ter = آلفا- ترپینن، Lim = لیمونن، Cin = ۸-ا، سینتول، γ-Ter = گاما- ترپینن، p-Men = پارامنت-۳-ان-۸-آل، Men = منتون، Iso = ایزومنتون، Neo = نئومنتول، Ter-4 = ترپینن-۴-آل، Neoi = نئوایزومنتول، Pul = پولگون، Pip = پیریتون، Bo. ace = بورنیل استات، Pipe = پیریتون، Bou = بتا- بوربونن، Ger D = جرماکرن - دی

بحث

مقایسه ویژگی‌های رویشی *Z. clinopodioides* در سه رویشگاه بررسی شده، تأثیر شرایط محیطی را به خوبی نشان می‌دهد. دامنه ارتفاعی این گونه در کشور ۳۵۰۰-۱۴۰۰ متر بالاتر از سطح دریا است (Jamzad, 2012) و بیشترین پراکنش را در دامنه ارتفاعی ۲۴۰۰-۲۱۰۰ متر دارد. نتایج نشان می‌دهد که این گونه در رویشگاه گاجره با ارتفاع ۲۱۰۰ متر بالاتر از سطح دریا، بیشترین سطح تاج پوشش (۱۱/۸۳ درصد) را در مقایسه با دو رویشگاه دیگر دارد. سطح تاج پوشش در رویشگاه ارنگه با ارتفاع ۱۶۵۰ متر و رینه با ارتفاع ۲۴۰۰ متر بالاتر از سطح دریا به ترتیب ۵/۳۶ و ۴/۷۷ درصد است. با مراجعه به جدول همبستگی مشاهده می‌شود که سطح تاج پوشش با ارتفاع از سطح دریا همبستگی مثبت معنی‌داری دارد، اما در ارتفاع بالاتر و پایینتر از ۲۱۰۰ متر، سطح تاج پوشش کاهش یافته است؛ زیرا در این رویشگاه‌ها شرایط بهینه رشد برای این گونه فراهم نیست. همچنین سطح تاج پوشش با حداکثر دمای گرمترین ماه، همبستگی مثبت معنی‌دار و با حداقل دمای سردترین ماه و بارندگی سالانه، همبستگی منفی معنی‌دار دارد. با توجه به این که گونه بررسی شده، گیاهی خشکی‌پسند است، بنابراین دمای بالا و بارندگی کمتر برای رشد و گسترش آن مناسبتر است. علاوه بر این سطح تاج پوشش با ماده آلی، هدایت الکتریکی و ماسه، همبستگی مثبت معنی‌دار و با اسیدیته، آهک، رطوبت اشباع، سیلت و رس، همبستگی منفی معنی‌دار نشان می‌دهد. به عبارت دیگر این گونه در خاک‌های نسبتاً حاصل خیز، تقریباً خنثی و بافت سبک رشد بهتری دارد، ضمن آن که رطوبت اشباع و آهک اندک برای رشد آن مناسبتر است.

یک اصل در بوم‌شناسی بیان می‌کند که با افزایش ارتفاع از سطح دریا، ارتفاع گیاهان کوتاهتر می‌شود. بر این اساس، بوته‌های *Z. clinopodioides* در رویشگاه ارنگه بیشترین ارتفاع (۴۴/۱۳ سانتی‌متر) و بلندترین طول ساقه (۴۹/۴۷ سانتی‌متر) را نشان می‌دهند، در حالی که در رویشگاه رینه کمترین ارتفاع (۲۵/۳۹ سانتی‌متر) و کوتاهترین طول ساقه (۳۱/۱۳ سانتی‌متر) را دارند. در جدول همبستگی نیز مشاهده می‌شود که بین ارتفاع از سطح دریا و ارتفاع گیاه و همچنین طول بلندترین ساقه، همبستگی منفی معنی‌داری وجود دارد. یعنی با افزایش ارتفاع از سطح دریا، ارتفاع گیاه و طول بلندترین ساقه کاهش یافته است. در مقابل در رویشگاه رینه تعداد بوته در واحد سطح (به طور متوسط ۳/۴۷ بوته در ۴ متر مربع) نسبت به دو رویشگاه دیگر بیشتر است؛ زیرا با کاهش سطح تاج پوشش، رقابت بین افراد گونه کمتر می‌شود و در نتیجه تعداد بوته‌ها در واحد سطح، افزایش یافته است. همچنین بین ارتفاع گیاه و طول بلندترین ساقه با دمای سالانه، حداقل و حداکثر مطلق دما، هدایت الکتریکی و ماسه، همبستگی مثبت معنی‌دار و با رطوبت اشباع، رس و سیلت همبستگی منفی معنی‌داری وجود دارد. در واقع تأثیر متغیرهای اقلیمی و خاک بر رشد طولی گیاه تقریباً مشابه اثر آنها بر سطح تاج پوشش است، با این تفاوت که ارتفاع گیاه تابعی از دو حد بحرانی دما و متوسط دمای این مناطق است.

نتایج جوانه‌زنی بذرهای *Z. clinopodioides* در سه رویشگاه بررسی شده نشان می‌دهد که بذرهای این گونه، خفتگی دارند؛ به طوری که بذرهای جمع‌آوری شده از رویشگاه ارنگه بدون اعمال تیمار خاص، قوه نامیه نداشتند و بذرهای دو رویشگاه دیگر

در میزان جوانه‌زنی، بیشتر از تیمار سرمادهی بود؛ زیرا درصد جوانه‌زنی از ۳۸ درصد در رویشگاه ارنگه تا ۶۶ درصد در رویشگاه رینه افزایش پیدا کرد. به نظر می‌رسد سختی پوسته بذر این گونه، عامل مهمتری نسبت به خفتگی فیزیولوژیک آن است؛ زیرا درصد جوانه‌زنی با خراش پوسته بذرهای تقریباً به دو برابر نسبت به تیمار سرمادهی افزایش یافت. تیمار هم‌زمان سرمادهی و خراش پوسته بذرهای درصد جوانه‌زنی را به بالاترین میزان افزایش داد، به طوری که درصد جوانه‌زنی در مرتفعترین رویشگاه بررسی شده به ۷۱ درصد رسید.

در سه رویشگاه بررسی شده در مجموع ۴۷ ترکیب در اسانس *Z. clinopodioides* شناسایی شد. ۲۴ ترکیب در هر سه رویشگاه، مشترک هستند که از میان آن‌ها، ترکیب‌های ۱، ۸-، سینئول، ترپینن-۴-آل و پولگون، بیشترین مقادیر را دارند (Rabie et al., 2015). Aghajani و همکاران (۲۰۰۸) نیز این سه ترکیب را اجزای اصلی ترکیب‌های اسانس *Z. clinopodioides* معرفی کردند. Amiri (۲۰۰۹)، Modiri و همکاران (۲۰۱۳) و Mahdavi و همکاران (۲۰۱۴) سه ترکیب پولگون، پارامنت-۳-ان-۸-آل و ۱، ۸- سینئول را اجزای اصلی اسانس این گونه معرفی کردند. از مطالعاتی که پولگون و ۱، ۸- سینئول را ترکیب‌های اصلی اسانس این گونه گزارش کرده‌اند، می‌توان به این موارد اشاره کرد: Ercisli و Ozturk (۲۰۰۷)، Dehghan و همکاران (۲۰۱۴)، Sonboli و همکاران (۲۰۱۰)، Ebrahimi و همکاران (۲۰۱۲)، Sardashti و همکاران (۲۰۱۲)، Ercisli و همکاران (۲۰۱۴) و Khodaverdi-Samani و همکاران (۲۰۱۵).

نیز درصد جوانه‌زنی اندکی داشتند. میزان جوانه‌زنی بذرهای در دو رویشگاه رینه و گاجره بدون اعمال تیمار به ترتیب ۱۸ و ۱۲ درصد بود. نتایج نشان می‌دهد که ارتفاع از سطح دریای رویشگاه‌های بررسی شده در میزان جوانه‌زنی بذرهای این گونه مؤثر است؛ زیرا درصد جوانه‌زنی بذرهای جمع‌آوری شده از رویشگاه رینه با ارتفاع ۲۴۰۰ متر بالاتر از سطح دریا بدون اعمال تیمار خاص در مقایسه با بذرهای جمع‌آوری شده از رویشگاه گاجره که ارتفاع پایین‌تری دارد، بیشتر است. بنابراین سرما در ارتفاعات بالاتر، خفتگی بذرهای *Z. clinopodioides* را تا حدودی برطرف می‌کند. در نمودار رسته‌بندی نیز تأثیر دما بر جوانه‌زنی بذرهای کاملاً مشهود است؛ زیرا در این نمودار دو ویژگی ذکر شده در کنار هم و در نزدیکی مرتفعترین رویشگاه یعنی رینه قرار دارند. نتایج تجزیه واریانس درصد جوانه‌زنی بذرهای نیز نشان می‌دهد که بین این سه رویشگاه با ارتفاع‌های مختلف و برای هر چهار تیمار استفاده شده در سطح ۱، درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. با توجه به این که بذرهای این گونه در سه رویشگاه بررسی شده از اواخر مرداد تا اواسط مهر جمع‌آوری شده بودند، بنابراین در تأثیر سرمای فصل‌های پاییز و زمستان قرار نگرفته بودند و بر اساس این موضوع، خفتگی آن‌ها به طور زیادی برطرف نشده بود. تیمار سرمادهی در شرایط آزمایشگاه تا حدود نسبتاً زیادی خفتگی بذرهای را برطرف کرد و قوه نامیه آن‌ها را افزایش داد؛ به طوری که درصد جوانه‌زنی بذرهای از ۱۷ درصد مربوط به رویشگاه ارنگه با پایینترین ارتفاع تا ۳۸ درصد در رویشگاه رینه با بالاترین ارتفاع از سطح دریا افزایش یافت. اما تأثیر خراش پوسته بذرهای این گونه

اسیدیته، سیلت و میانگین حداقل دمای سردترین ماه به ترتیب کمترین همبستگی معنی‌دار را با این ترکیب‌ها دارند. در میان ترکیب‌های شیمیایی، لیمونن، پارامنت-۳-ان-۸-أل، منتون، ایزومنتون، نئومنتول، نئوایزومنتول، پولگون، پیریتون و پیریتون بیشترین همبستگی معنی‌دار را با ویژگی‌های محیطی نشان می‌دهند و ترپینن-۴-أل، آلفا-ترپینن، گاما-ترپینن و جرماکرن-دی کمترین همبستگی را با این ویژگی‌ها دارند.

بررسی تأثیر ارتفاع از سطح دریا و ویژگی‌های اقلیمی بر ترکیب‌های اسانس *Z. clinopodioides* نشان می‌دهد که این عوامل، افزایش و یا کاهش مقادیر بعضی از ترکیب‌های شیمیایی را موجب می‌شوند. برای مثال، مقادیر ترکیب‌های پولگون، نئومنتول، نئوایزومنتول، پیریتون، پارامنت-۳-ان-۸-أل، منتون، ایزومنتون و پیریتون در مرتفعترین رویشگاه (رینه) نسبت به دو رویشگاه دیگر در سطح بالاتری قرار دارند. این ترکیب‌ها همبستگی مثبت معنی‌داری با ارتفاع از سطح دریا نشان می‌دهند. در مقابل، ترکیب‌های ترپینن-۴-أل، گاما-ترپینن، ساینن، آلفا-ترپینن و لیمونن در کم‌ارتفاعترین رویشگاه (ارنگه)، بیشترین مقادیر را دارند. این ترکیب‌ها نیز همبستگی منفی معنی‌داری با ارتفاع از سطح دریا نشان می‌دهند. در واقع با افزایش ارتفاع از سطح دریا و در نتیجه کاهش ویژگی‌های اقلیمی شامل دمای سالانه، حداقل و حداکثر مطلق دما، میانگین حداقل دمای سردترین و حداکثر دمای گرمترین ماه و از سوی دیگر افزایش تعداد روزهای یخبندان، مقادیر بعضی از ترکیب‌ها افزایش و یا کاهش معنی‌داری نشان می‌دهند. البته در مورد تعدادی از

در تعدادی از پژوهش‌ها مانند Salehi و همکاران (۲۰۰۵)، Dehghan و همکاران (۲۰۱۰)، Batooli و همکاران (۲۰۱۲)، Soltani Nejad (۲۰۱۲) و Masrournia و Shams (۲۰۱۳)، پولگون و پیریتون، ترکیب‌های اصلی *Z. clinopodioides* معرفی شده‌اند. در بعضی از پژوهش‌ها علاوه بر پولگون، ترکیب‌های اصلی دیگری مانند پارامنت-۲-ان-۱-أل (Sajjadi *et al.*, 2003)، ترپینول (Behravan *et al.*, 2007)، منتون (Si-Lei *et al.*, 2010)، پارامنتانول (Zhou *et al.*, 2014) و منتول (Ebrahimi *et al.*, 2012; Ding *et al.*, 2014) گزارش شده است. به‌طور کلی در تمام مناطق، پولگون به عنوان اصلی‌ترین ترکیب وجود دارد. با توجه به این که بسیاری از خواص ضد میکروبی اسانس این گیاه به وجود پولگون (Mehraban *et al.*, 2007; Soltani Nejad, 2012) ترکیب‌های دیگری مانند ۱، ۸-سینول و ترپینن-۴-أل (Aghajani *et al.*, 2008) مربوط می‌شود، بنابراین اسانس هر سه رویشگاه بررسی شده در پژوهش حاضر، کیفیت بالایی دارند.

بر اساس نتایج این پژوهش، بین ترکیب‌های مشترک اسانس در سه رویشگاه *Z. clinopodioides* با بیشتر ویژگی‌های محیطی، همبستگی معنی‌داری وجود دارد. بعضی از ویژگی‌های محیطی شامل هدایت الکتریکی، رطوبت اشباع، رس، حداکثر و حداقل مطلق دما، دمای سالانه، بارندگی سالانه، ماده آلی، آهک، ماسه، ارتفاع از سطح دریا و تعداد روزهای یخبندان به ترتیب بیشترین همبستگی معنی‌دار را با ترکیب‌های اسانس نشان می‌دهند و در مقابل سایر ویژگی‌های محیطی شامل میانگین حداکثر دمای گرمترین ماه،

ترکیب‌ها، روند افزایش یا کاهش مقادیر با افزایش ارتفاع از سطح دریا، معنی‌دار نیست. این ترکیب‌ها عبارت از این موارد هستند: آلفا-پینن، بتا-پینن، بورنیل استات و جرماکرن-دی. Asgari Nematian و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی تأثیر ارتفاع از سطح دریا بر تغییرات کمی و کیفی فلاونوئیدهای *Astragalus verus* در رویشگاه‌های مختلف غرب کشور، چهار کموتایپ را در دامنه ارتفاعی ۲۶۰۰-۱۶۰۰ متر شناسایی کردند. Mohammadian و همکاران (۲۰۱۴) نیز در بررسی اثر ارتفاع از سطح دریا بر مواد مؤثر *Thymus fallax* در رویشگاه‌های لرستان با ارتفاع ۲۵۰۰-۱۸۰۰ متر دریافتند که با افزایش ارتفاع از سطح دریا، مقادیر ترکیب‌هایی مانند کارواکرول و تیمول افزایش معنی‌داری دارد، در حالی که افزایش ارتفاع، کاهش ترکیب‌هایی مانند ژرانیول و کامفن را موجب شده است.

همچنین بررسی تأثیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک رویشگاه‌های *Z. clinopodioides* بر ترکیب‌های اسانس این گونه نشان می‌دهد که افزایش یا کاهش مقادیر این ویژگی‌ها، افزایش معنی‌داری بر مقادیر بعضی از ترکیب‌های اسانس داشته است؛ به طوری که با افزایش مقادیر هدایت الکتریکی، ماده آلی و درصد شن، ترکیب‌های آلفا-پینن، بتا-پینن، بورنیل استات و جرماکرن-دی افزایش یافته‌اند. این ترکیب‌ها همبستگی مثبت معنی‌داری با ویژگی‌های خاک ذکر شده دارند. بر عکس، ترکیب‌های پولگون، نئوایزومتول، پیریتون، پارامنت-۳-ان-۸-آل، منتون، ایزومتون و پیریتون، کاهش نشان می‌دهند. این ترکیب‌ها نیز همبستگی منفی معنی‌داری با ویژگی‌های

خاک ذکر شده دارند. همچنین با افزایش رطوبت اشباع، آهک و رس، ترکیب‌های پولگون، نئوایزومتول، پیریتون، پارامنت-۳-ان-۸-آل، منتون، ایزومتون و پیریتون افزایش پیدا کرده‌اند. این ترکیب‌ها همبستگی مثبت معنی‌داری با ویژگی‌های خاک ذکر شده دارند، در حالی که ترکیب‌های آلفا-پینن، بتا-پینن، بورنیل استات و جرماکرن-دی کاهش نشان می‌دهند. این ترکیب‌ها نیز همبستگی منفی معنی‌داری با ویژگی‌های خاک ذکر شده دارند. Mohammadian و همکاران (۲۰۱۴) نیز در بررسی اثر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک رویشگاه‌های *Thymus fallax* بر مواد مؤثر این گونه بیان کردند که افزایش یا کاهش مقادیر هدایت الکتریکی، اسیدپته، ماده آلی، ازت، پتاسیم، فسفر و درصد رس و شن خاک، افزایش یا کاهش معنی‌دار مقادیر ترکیب‌های تیمول، کارواکرول، کامفن، ژرانیول و پارا-سیمن را موجب شده است.

جمع‌بندی

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که عوامل محیطی، تأثیر مهمی بر ویژگی‌های رویشی، جوانه‌زنی بذر و مواد مؤثر گونه دارویی *Z. clinopodioides* دارد. این گونه در منطقه گاجره، بیشترین سطح تاج‌پوشش را در مقایسه با دو منطقه دیگر دارد، اما در منطقه رینه از نظر تعداد بوته وضعیت مناسب‌تری دارد و نشان‌دهنده آن است که در این رویشگاه، *Z. clinopodioides* زادآوری بیشتری داشته است. در واقع بالاتر بودن میزان جوانه‌زنی بذر در منطقه رینه، تعداد افراد این گونه را در واحد سطح افزایش داده است. با توجه به این که

روی ویژگی‌های رویشی این گونه دارند. همچنین هدایت الکتریکی، رطوبت اشباع، ماده آلی، آهک و بافت خاک، حداکثر و حداقل مطلق دما، دمای سالانه، بارندگی سالانه، ارتفاع از سطح دریا و تعداد روزهای یخبندان، بیشترین تأثیر را روی ویژگی‌های کمی و کیفی اسانس این گونه دارویی دارند.

خواص ضد میکروبی اسانس این گیاه عمدتاً به وجود پولگون و سپس ترکیب‌های دیگری مانند ۱، ۸- سینئول و ترپینن-۴-آل مربوط می‌شود، بنابراین اسانس منطقه رینه، کیفیت بالاتری نسبت به دو منطقه دیگر دارد. نتایج نشان داد ارتفاع از سطح دریا، هدایت الکتریکی، رطوبت اشباع و بافت خاک، تأثیر بیشتری

منابع

- Aghajani, Z., Assadian, F., Masoudi, Sh., Chalabian, F., Esmaeili, A., Tabatabaei-Anaraki, M. and Rustaiyan, A. (2008) Chemical composition and *in vitro* antibacterial activities of the oil of *Ziziphora clinopodioides* and *Z. capitata* subsp. *capitata* from Iran. *Chemistry of Natural Compounds* 44(3): 387-389.
- Amiri, H. (2009) Influence of growth phase on the essential oil composition of *Ziziphora clinopodioides* Lam. *Natural Product Research* 23(7): 601-607.
- Asgari Nematian, M., Atri, M. and Chehregani Rad, A. (2010) Chemical variation of *Astragalus verus* Olivier (Fabaceae) according to flavonoid pattern in the West of Iran. *Iranian Journal of Plant Biology* 2(4): 67-80 (in Persian).
- Asri, Y. (2005) *Vegetation ecology*. Payam Noor University Publications, Tehran (in Persian).
- Batooli, H., Akhbari, M. and Hoseinzadeh, M. J. (2012) Effect of different methods on the quality and quantity of essential oils of two species of *Ziziphora*. *Journal of Herbal Drugs* 3(2): 135-146.
- Behravan, J., Ramezani, M., Hassanzadeh, M. K., Eskandari, M., Kasaian, J. and Sabeti, Z. (2007) Composition, antimycotic and antibacterial activity of *Ziziphora clinopodioides* Lam. Essential Oil from Iran. *Journal of Essential Oil Bearing Plants* 10(4): 339-345.
- Dehghan, Z., Sefidkon, F., Bakhshi Khaniki, Gh. and Kalvandi, R. (2010) Effects of some ecological factors on essential oil content and composition of *Ziziphora clinopodioides* Lam. subsp. *rigida* (Boiss.) Rech. f. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 26(1): 49-63.
- Dehghan, Z., Sefidkon, F., Emami, S. M. and Kalvandi, R. (2014) The effects of ecological factors on essential oil yield and composition of *Ziziphora clinopodioides* Lam. subsp. *rigida* (Boiss.) Rech. f. *Journal of Plant Researches* 27(1): 61-71 (in Persian).
- Ding, W., Yang, T., Liu, F. and Tian, S. (2014) Effect of different growth stages of *Ziziphora clinopodioides* Lam. on its chemical composition. *Pharmacognosy Magazine* 10(37): 1-5.
- Ebrahimi, P., Mirarab-Razi, A. and Biabani, A. (2012) Comparative evaluation of the essential oil terpenoids in the stem and leaf of *Ziziphora clinopodioides* in the regions of Almesh and Sojough of Golestan Province, Iran. *Acta Periodica Technologica* 43: 283-291.
- Ercisli, S., Dogan, H., Jurikova, T., Temim, E., Leto, A. and Hadziabulic, A. (2014) Chemical constitutions and antioxidant activity of *Ziziphora clinopodioides* Lam. ecotypes from Turkey. *International Conference on Food and Nutrition Technology, IPCBEE*, vol. 72, IACSIT Press, Singapore.
- Jamzad, Z. (2012) *Flora of Iran*, no. 76: Lamiaceae. Research Institute of Forests and Rangelands Publication, Tehran (in Persian).

- Khodaverdi-Samani, H. R., Ghasemi Pirbalouti, A., Shirmardi, H. and Malekpoor, F. (2015) Chemical composition of essential oils of *Ziziphora clinopodioides* Lam. (endemic Iranian herb) collected from different natural habitats. *Indian Journal of Traditional Knowledge* 1(1): 57-62.
- Mahdavi, S. Kh., Valizadeh, S. and Mahmoudi, J. (2014) Phonological effects on the quantity and quality of essential oil *Ziziphora clinopodioides* (case study: Darreh-e Ghasemlou, Orumieh). *Journal of Rangeland Management* 1(4): 70-81 (in Persian).
- Masrounia, M. and Shams, A. R. (2013) Elemental determination and essential oil composition of *Ziziphora clinopodioides* and consideration of its antibacterial effects. *Asian Journal of Chemistry* 25(12): 6553-6556.
- Mehraban Sangatash, M., Karazhian, R. and Beiraghi Tousi, Sh. (2007) In vitro antimicrobial activity of the *Ziziphora clinopodioides* L. on food spoilage and pathogenic bacteria. *Journal of Medicinal Plants* 6(23): 46-51 (in Persian).
- Mesdaghi, M. (1998) Management of Iranian's rangelands. Astan-e Ghods Publication, Mashad (in Persian).
- Modiri, E., Sefidkon, F., Jamzad, Z. and Tavasoli, A. (2013) Extraction and identification of essential oil composition of different subspecies of *Ziziphora clinopodioides* Lam. from different habitats of Iran. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 29(3): 611-620 (in Persian).
- Mohammadian, A., Karamian, R., Mirza, M. and Sepahvand, A. (2014) Effects of altitude and soil characteristics on essential of *Thymus fallax* Fisch. et C.A. Mey. in different habitats of Lorestan province. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 30(4): 519-528 (in Persian).
- Mozaffarian, V. (2013) Identification of medicinal and aromatic plants of Iran. Farhang Moaser Publication, Tehran (in Persian).
- Ozturk, S. and Ercisli, S. (2007) Antibacterial activity and chemical constitutions of *Ziziphora clinopodioides*. *Food Control* 18(5): 535-540.
- Rabie, M., Firouzi Ardestani, M., Asri, Y. and Bakhshi Khaniki, Gh. R. (2015) Evaluate the chemical compositions of essential oil *Ziziphora clinopodioides* Lam. in natural habitats of Alborz and Mazandaran provinces, Iran. *Eco-Phytochemical Journal of Medicinal Plants* 3(3): 54-61.
- Sajjadi, E., Ghasemi Dehkordi, N. and Balochi, M. (2003) Study materials essential constituent of aerial parts in *Ziziphora clinopodioides* Lam. *Journal of Pajouhesh and Sazandegi* 16(1): 97-100 (in Persian).
- Salehi, P., Sonboli, A., Eftekhari, F., Nejad-Ebrahimi, S. and Yousefzadi, M. (2005) Essential oil composition, antibacterial and antioxidant activity of the oil and various extract of *Ziziphora clinopodioides* subsp. *rigida* (Boiss.) Rech. f. from Iran. *Biological and Pharmaceutical Bulletin* 28(10): 1892-1896.
- Sardashti, A. R., Valizadeh, J. and Adhami, Y. (2012) Chemical composition of the essential oil from *Ziziphora clinopodioides* Lam. from Iran by means of gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). *Journal of Horticulture and Forestry* 4(10): 169-71.
- Si-Lei, X., Pi-Hong, Z., Qiao-Ling, L., Hong-Li, J. and Xue-Hua, W. (2010) Essential oil compositions and antioxidant activity of two *Ziziphora* species in Xinjiang, China. *Food Science* 31(7): 154-159.
- Soltani Nejad, Sh. (2012) Chemical composition and *in vitro* antibacterial activity of *Ziziphora clinopodioides* Lam. Essential oil against some pathogenic bacteria. *African Journal of Microbiology Research* 6(7): 1504-1508.

- Sonboli, A., Atri, M. and Shafiei, S. (2010) Intraspecific variability of the essential oil of *Ziziphora clinopodioides* ssp. *rigida* from Iran. *Chemistry and Biodiversity* 7(7): 1784-1789.
- Zare Dehabadi, S., Asrar, Z. and Mehrabani, M. (2010) Biochemical changes in terpenoid compounds of *Mentha spicata* essential oils in response to excess zinc supply. *Iranian Journal of Plant Biology* 2(1): 25-34 (in Persian).
- Zhou, X., Gong, H. and Tian, S. (2012) GC-MS analysis of *Ziziphora clinopodioides* essential oil from North Xinjiang, China. *Natural Product Communications* 7(1): 81-82.

The effect of environmental factors on growth characteristics, seed germination and essential oils of *Ziziphora clinopodioides*

Younes Asri^{1*}, Maryam Firozi Ardestani², Mina Rabie³ and Gholamreza Bakhshi Khaniki²

¹ Botany Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, I.R. Iran

² Department of Biology, Payame Noor University, 19395-3697 Tehran, I. R. of Iran

³ Department of Natural Resources and Environmental Engineering, Payame Noor University, 19395-3697 Tehran, I. R. of Iran

Abstract

In this study, the relationship between altitude, climate and soil characteristics as important and effective factors on the growth characteristics, seed germination and essential oils of *Ziziphora clinopodioides* were examined. Three habitats of this species with different altitudes were selected in Alborz and Mazandaran provinces. Growth characteristics of *Z. clinopodioides* bushes in 45 plots located at the three habitats were recorded. Seed of this species collected from three habitats and their viability was determined. Three soil samples were taken from each habitat and some physical and chemical characteristics were measured. Analysis variance results of data showed that there is a significant difference among the three habitats from the viewpoint of growth characteristics, soil features and common combinations of essential oils. The highest seed viability was obtained for Rineh habitat with chilling and scratching seed coat. The most important environmental factors affecting the vegetative characteristics and essential combinations was determined using principal component analysis. The results showed that annual temperature, absolute minimum temperature, maximum temperature of the warmest month, number of frost days, altitude, electrical conductivity, moisture saturation, organic matter and soil texture had the greatest impact on these properties.

Key words: Essential oil, PCA, Seed germination, Vegetative characteristics, *Ziziphora clinopodioides*.

* asri@rifr-ac.ir