



Comparison of quantitative and qualitative performance of *Ziziphora clinopodioides*, *Z. capitata*, and *Z. tenuior* grown under cultivated conditions in Isfahan province

Leili Safaïi^{1*}, Ebrahim Sharifi Ashoorabadi² and Davood Amin Azarm³

1*- Corresponding author, Research Division of Natural Resources, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Isfahan, Iran, E-mail: safaii2000@yahoo.com

2- Medicinal Plants and By-products Research Division, Research Institutes of Forest and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

3- Horticulture Crops Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Isfahan, Iran

Received: 28/10/2024

Revised: 23/09/2025

Accepted: 03/10/2025

Abstract

Background and objectives: *Ziziphora* is a medicinal genus belonging to the Lamiaceae family. This genus comprises 18 species worldwide, of which three annual species, including *Z. capitata*, *Z. persica*, and *Z. tenuior*, along with one perennial species (*Z. clinopodioides*), grow in Iran. Except for *Z. persica*, the remaining species are distributed across the habitats of Isfahan province. The aerial parts of these plants emit a fragrant aroma during flowering, and today their bioactive compounds are widely used in pharmaceutical formulations to treat cough, heartache, intestinal inflammation, uterine infections, menstrual pain, nausea, and various cardiovascular disorders. *Ziziphora* essential oil contains valuable constituents, including pulegone and 1,8-cineole, with their proportions differing among species. The objective of this research was to evaluate the quantitative yield and essential oil composition of species within this genus in Isfahan province, and to assess their feasibility for introduction into the country's agricultural production system.

Methodology: This study was conducted at the Fozveh Research Station of Isfahan between 2019 and 2020. The species examined included *Z. clinopodioides*, *Z. tenuior*, and *Z. capitata*. Seeds of the annual species were cultivated in February of both 2019 and 2020. The perennial species was sown in February 2019 inside a greenhouse using seedling trays filled with peat moss, and the resulting seedlings were transplanted to the field in April. Plants were established using a randomized complete block design with three replications. Quantitative traits such as plant height and leaf biomass were measured at the flowering stage (defined as more than 70% flowering). Plants within one square meter of each plot were harvested to determine dry biomass, while the remaining plants were retained to measure thousand-seed weight and seed yield. Essential oils were extracted by hydrodistillation using a Clevenger apparatus. Essential oil composition was quantified by gas chromatography (GC), and qualitative identification of compounds was performed using gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS).

Results: The three *Ziziphora* species exhibited significant differences in plant height, dry aerial biomass, dry-to-fresh weight ratio of aerial parts, seed weight per plant, thousand-seed weight, leaf and seed yield, and essential oil percentage and yield. The highest plant height



(38 cm), leaf yield (3800 kg/ha), and seed yield (95 kg/ha) were recorded in *Z. clinopodioides* during the second year. Essential oil content among the species ranged from 0.5% to 1.53%, with the highest percentage and yield, 1.53% and 57 kg/ha, respectively, observed in *Z. clinopodioides* in the second year. Essential oil profiling demonstrated interspecific and interannual differences in both the type and number of identified compounds. *Z. clinopodioides* presented 17 and 20 compounds in the first and second year, constituting 74.7% and 91.9% of the total essential oil. The 1,8-cineole, reaching 44.5% and 31.6%, was the dominant compound in the first and second years. Camphene (3.4%), sabinene (4.8%), α -terpinene (3.1%), and linalool (3.2%) were also key constituents. In *Z. tenuior*, 14 and 10 compounds were identified in the first and second years, accounting for 85.6% and 97.5% of the essential oil. The primary compound in both years was pulegone, measured at 64.3% in the first year and 89.5% in the second year. *p*-Mentha-3-en-8-ol and 1,8-cineole, at 7.6% and 4.9% were the most abundant constituents after pulegone, respectively, in the first year. In *Z. capitata*, 9 and 7 compounds were detected across the two years, representing 99.4% and 90.5% of the total essential oil. The major constituents in the first year were piperitone (25.3%), thymol (26.3%), and carvacrol (30.1%); however, in the second year, piperitone dominated at 42.2%.

Conclusion: Considering that *Ziziphora* currently lacks a defined position in the national agricultural system and given the superior quantitative and qualitative performance of *Z. clinopodioides* compared with the other species, as well as its considerable essential oil yield and valuable chemical constituents, it can be proposed as a promising new candidate for large-scale cultivation and integration into the country's agricultural production framework.

Keywords: *Ziziphora*, aerial part yield, pulegone, 1,8-cineole.

مقایسه عملکرد کمی و کیفی سه گونه کاکوتی *Z. clinopodioides* Lam. و *Z. tenuior* L.، *Ziziphora. capitata* L. موجود در استان اصفهان در شرایط زراعی

لیلی صفایی^{۱*}، ابراهیم شریفی عاشورآبادی^۲ و داوود امین آزر^۳

۱- نویسنده مسئول، مربی پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران، پست الکترونیک: safaii2000@yahoo.com

۲- استاد، بخش تحقیقات گیاهان دارویی و محصولات فرعی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۳- استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی- باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۰۵

تاریخ اصلاح نهایی: ۱۴۰۴/۰۷/۲۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۰۷

چکیده

سابقه و هدف: کاکوتی (*Ziziphora*) از جنس‌های دارویی خانواده نعناع می‌باشد. این جنس در دنیا ۱۸ گونه و در ایران سه گونه گیاه علفی یکساله به نام‌های *Z. capitata*، *Z. persica* و *Z. tenuior* و یک گونه چندساله تحت عنوان *Z. clinopodioides* دارد که به استثناء گونه *Z. persica*، بقیه گونه‌ها در رویشگاه‌های استان اصفهان رشد می‌کنند. اندام هوایی کاکوتی در زمان گلدهی بوی معطر داشته و از مواد مؤثره آن در داروسازی برای مداوای سرفه، دل‌درد، التهاب روده، عفونت رحم، دردهای قاعدگی، بیماری‌های قلبی-عروقی و رفع تهوع استفاده می‌شود. اسانس این جنس حاوی مواد ارزشمندی مانند پولگون و ۸،۱- سینئول است که میزان آن در گونه‌های مختلف تفاوت دارد. هدف از این تحقیق بررسی عملکرد کمی، میزان اسانس و نوع مواد متشکله گونه‌های موجود این جنس در استان اصفهان و امکان‌سنجی معرفی آنها به سیستم زراعی کشور بود.

مواد و روش‌ها: این تحقیق در سال‌های زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ و ۱۴۰۱-۱۴۰۰، در ایستگاه تحقیقاتی شهید فزوه اصفهان انجام شد. گونه‌های مورد بررسی شامل گونه چندساله *Z. clinopodioides* و دو گونه یکساله *Z. tenuior* و *Z. capitata* بود. بذر گونه‌های یکساله در بهمن سال ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ و گونه چندساله در بهمن سال ۱۳۹۹ در محیط گلخانه و داخل سینی کشت‌های حاوی پیت‌ماس کشت گردید و نشاهای حاصل در فروردین‌ماه سال بعد به زمین اصلی منتقل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مستقر شد. اندازه‌گیری صفات کمی مانند ارتفاع و وزن برگ در مرحله گلدهی (گلدهی بالای ۷۰ درصد) انجام گردید. گیاهان موجود در یک مترمربع هر کرت برداشت و وزن خشک آنها تعیین و بقیه گیاهان هر کرت برای محاسبه عملکرد بذر و وزن هزار دانه نگهداری شدند. استخراج اسانس از سرشاخه هر گونه با استفاده از روش تقطیر با آب و دستگاه کلونجر انجام شد. شناسایی ترکیب‌های اسانس با دستگاه‌های گاز کروماتوگرافی (GC) و گاز کروماتوگرافی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC/MS) بود.

نتایج: سه گونه کاکوتی مورد مطالعه از نظر صفات اندازه‌گیری شده مانند ارتفاع، وزن خشک اندام هوایی و برگ، نسبت وزن خشک به تر اندام هوایی، وزن بذر بوته، وزن هزار دانه، عملکرد برگ و بذر و درصد و عملکرد اسانس تفاوت معنی‌داری داشتند. بیشترین ارتفاع گیاه (۳۸ سانتی‌متر)، عملکرد برگ (۳۸۰۰ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بذر (۹۵ کیلوگرم در هکتار) در گونه چندساله *Z. clinopodioides* و در سال دوم آزمایش مشاهده شد. درصد اسانس در سه گونه مورد مطالعه نیز از ۰/۵ تا ۱/۵۳ درصد متغیر بود. بیشترین درصد و عملکرد اسانس در گونه چندساله *Z. clinopodioides* و به ترتیب برابر ۱/۵۳ درصد و ۵۷ کیلوگرم در هکتار و سال دوم بدست آمد. گونه‌ها از نظر نوع و تعداد ترکیب اسانس متفاوت بودند. در گونه *Z. clinopodioides* در سال اول ۱۷ و در سال دوم ۲۰ ترکیب شناسایی شد که به ترتیب ۸۵/۶ و ۹۱/۹ درصد کل اسانس را تشکیل دادند. ترکیب غالب اسانس این گونه ۸،۱- سینئول بود که در سال اول و دوم به ترتیب ۴۴/۵ و ۳۱/۶ درصد به‌دست آمد. کامفن (۳/۴ درصد)، ساینین (۴/۸ درصد)، آلفاترینین (۳/۱ درصد) و لینالول (۳/۲ درصد) دیگر ترکیب‌های مهم اسانس بودند. در گونه *Z. tenuior* در سال اول و دوم به ترتیب

۱۴ و ۱۰ ترکیب به دست آمد که ۸۵/۶ و ۹۷/۵ درصد اسانس را تشکیل دادند. ترکیب غالب اسانس آن در دو سال آزمایش پولگون بود که در سال اول ۶۴/۳ و در سال دوم ۸۹/۵ درصد به دست آمد. پارامنتا-۳-ان-۸-ال و ۸،۱-سینئول در سال اول به ترتیب با ۷/۶ و ۴/۹ درصد پس از پولگون بیشترین ترکیب اسانس را تشکیل دادند. در گونه *Z. capitata* حضور ۹ و ۷ ترکیب در دو سال آزمایش مشاهده گردید که به ترتیب ۹۹/۴ و ۹۰/۵ درصد اسانس را شامل شد. ترکیب‌های غالب اسانس سال اول پیریتون (۲۵/۳ درصد)، تیمول (۲۶/۳ درصد) و کارواکرول (۳۰/۱ درصد) و در سال دوم پیریتون با ۴۲/۲ درصد بود. براساس نتایج به دست آمده، حداکثر عملکرد ترکیب ۸،۱-سینئول (۱۸/۹۶ درصد) متعلق به *Z. clinopodioides* بود. نتیجه‌گیری: از آنجا که در حال حاضر جنس کاکوتی در سیستم زراعی کشور هنوز جایگاه مشخصی ندارد و با توجه به عملکرد کمی و کیفی مناسب گونه *Z. clinopodioides* در مقایسه با دو گونه دیگر و وجود ترکیب‌های ارزشمند اسانس، می‌توان آن را به عنوان انتخاب جدیدی برای کشت و توسعه در سیستم زراعی معرفی کرد.

واژه‌های کلیدی: کاکوتی، عملکرد اندام هوایی، پولگون، ۸،۱-سینئول.

مقدمه

جنس کاکوتی (*Ziziphora*) از خانواده نعناع می‌باشد. این جنس در ایران چهار گونه گیاه علفی یکساله (*Z. capitata*، *Z. persica* و *Z. tenuior*) و چندساله (*Z. clinopodioides*) دارد که علاوه بر ایران در تالش، ترکمنستان، افغانستان، ارمنستان، آناتولی، پاکستان، آسیای مرکزی، سوریه، ماورای قفقاز و غرب سبیری نیز می‌رویند (Mozaffarian, 1996). سرشاخه‌های گل‌دار و به‌طور کلی قسمت‌های هوایی این گیاه که معمولاً در زمان گل‌دهی چیده می‌شود و در سایه خشک می‌گردد، بوی معطر داشته و امروزه از مواد مؤثره آن در داروسازی برای مداوای سرفه، دل‌درد، التهاب روده، عفونت رحم، دردهای قاعدگی، رفع تهوع، تیفوس و بیماری‌های قلبی-عروقی استفاده می‌شود (Abu-Karimi et al., 2013؛ Darwish et al., 2016).

در استان اصفهان به استثنای گونه *Z. persica*، بقیه گونه‌ها در رویشگاه‌های طبیعی حضور دارند. گونه *Z. clinopodioides* گیاهی چندساله با قاعده چوبی، بوته ای و به ارتفاع ۵ تا ۵۰ سانتی‌متر است. ساقه‌ها متعدد و از قاعده منشعب، برگ‌های گل‌آذینی خطی، سرنیزه‌ای، مستطیلی، تخم‌مرغی، گل‌آذین به شکل کله‌ای-انتهایی، جام گل سفید، صورتی تا بنفش و میوه فندقه قهوه‌ای

کمرنگ می‌باشد (Jamzad, 2012). براساس اطلاعات گیاه‌شناسی، گونه *Z. capitata* گیاهی علفی یکساله با ساقه‌های منفرد یا از قاعده منشعب، برگ‌ها مستطیلی-سرنیزه‌ای، تخم‌مرغی پهن؛ گل‌آذین کپه‌ای-انتهایی و جام گل بنفش ارغوانی است (Jamzad, 2012). گونه *Z. tenuior* نیز علفی یکساله، به ارتفاع ۳ تا ۴۰ سانتی‌متر، با ساقه‌های منفرد یا از قاعده منشعب، برگ‌ها سرنیزه‌ای پهن، سرنیزه‌ای باریک تا خطی، گل‌آذین سنبله‌ای بلند، جام گل بنفش، ارغوانی تا صورتی کم‌رنگ؛ میوه فندقه می‌باشد (Jamzad, 2012).

بین جمعیت‌های دو گونه *Z. clinopodioides* و *Z. tenuior* از نظر صفات کمی و کیفی، تنوع قابل ملاحظه‌ای گزارش شده است (Safaii et al., 2022a). تحقیقات موجود روی این جنس، در زمینه اسانس و مواد متشکله آن و در شرایط رویشگاهی می‌باشد (Safaii et al., 2022b) و در زمینه زراعت آن اطلاعاتی در دست نیست. براساس گزارش‌های موجود، اسانس *Z. tenuior* شامل منوترپن‌های اکسیدشده مانند پولگون، ایزوپولگون، ایزومنتون، تیمول، منتون، پیریتون، نئومنتول، منتول، کارواکرول، ۸،۱-سینئول و کاروون (Kheirkhah et al., 2015؛ Shahbazi et al., 2016) و هیدروکربن منوترپن‌هایی مانند لیمونن و بتاپینن (Piryaee et al., 2016) می‌باشد.

می‌باشد که در درازمدت منجر به تخریب رویشگاه‌ها و نابودی گیاه می‌گردد. اطلاع از خصوصیات رشدی گونه‌های مختلف این جنس و برآورد عملکرد کمی و کیفی آنها می‌تواند به تصمیم‌گیری‌های آینده در مورد استفاده از گیاه در برنامه‌های کلان زراعی کشور کمک کند. بنابراین، این تحقیق با هدف اهلی‌سازی و بررسی گونه‌های جنس کاکوتی موجود در استان اصفهان از نظر عملکرد کمی و کیفی و میزان اسانس در شرایط زراعی اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به منظور مقایسه کمی و کیفی اسانس گونه‌های کاکوتی موجود در استان اصفهان، جمع‌آوری بذر سه گونه این گیاه با نام‌های *Z. tenuior*، *Z. clinopodioides* و *Z. capitata* از رویشگاه‌های طبیعی انجام شد. بذر گونه‌های یکساله در بهمن‌ماه سال ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ و گونه چندساله در سال ۱۳۹۹ در محیط گلخانه و داخل سینی کشت‌های حاوی پیت‌ماس کشت گردید و نشاهای حاصل در فروردین‌ماه سال بعد به زمین اصلی منتقل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقاتی شهید فزوه وابسته به مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان کشت شد. این ایستگاه واقع در ۲۵ کیلومتری غرب شهرستان اصفهان، با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۱ درجه شرقی، ارتفاع از سطح دریا ۱۶۱۲ متر، حداقل درجه حرارت ۱۷- و حداکثر درجه حرارت ۴۰ درجه سانتی‌گراد، بافت خاک رسی لومی، $pH=7.7$ و قابلیت هدایت الکتریکی ۲/۸ دسی‌زیمنس بر متر، کربن آلی خاک ۱/۲ درصد، ازت کل ۰/۱۲ درصد، فسفر قابل جذب ۹۰/۸ppm، پتاسیم قابل جذب ۱۹۱۲ppm، طبقه آب و هوایی خشک سرد (طبق روش آمبرژه) و میانگین بارندگی ۳۰ ساله ۱۴۰ میلی‌متر می‌باشد. دما و بارش در دوره رشد گیاه طی سال‌های آزمایش طبق جدول یک بود.

۲۰۱۵) می‌باشد. پولگون ترکیب اصلی اسانس *Z. tenuior* بوده و میزان آن بیش از ۵۰ درصد گزارش شده است (Piryaei et al., 2015). فعالیت ضد میکروبی (Mazarei, 2023) و ضد قارچی (Moghadam et al., 2016) اسانس *Z. tenuior* نیز به علت وجود پولگون می‌باشد. بازده اسانس *Z. tenuior* از ۰/۳۷ تا ۱ درصد و اصلی‌ترین ترکیب‌های موجود در اسانس گیاه نیز پولگون (۷۱/۲ تا ۸۵/۳ درصد)، لیمونن (۰/۵۱ تا ۷/۸ درصد)، تیمول (۱ تا ۴/۳ درصد) و منتون (۳ تا ۳/۷ درصد) اعلام شده است (Dehghan; Ghasemi Pirbalouti et al., 2013, et al., 2014).

بیشترین ترکیب موجود در *Z. clinopodioides* نیز پولگون (۵۲/۲ درصد) (Moradi et al., 2016; Asri et al., 2019) و میزان اسانس از ۰/۲۷ تا ۰/۹ درصد به دست آمده است (Bakhshikhaniki et al., 2010; Oalde et al., 2021). ۸،۱-سینئول، پیریتنون، نئومنتول، پارامنتا ۳-ان-۸-ال و کارواکرول دیگر ترکیب‌های متشکله اسانس گیاه بوده‌اند (Asgharipour et al., 2016).

تحقیقات موجود در زمینه گونه *Z. capitata* نسبت به دو گونه دیگر محدودتر می‌باشد. Nejad Ebrahimi و همکاران (۲۰۱۳)، ۴۲ ترکیب که ۹۷/۲ درصد اسانس را شامل می‌شدند، در اسانس این گونه شناسایی کردند. ترکیب‌های اصلی شامل جرماکرن دی (۲۱/۳ درصد)، لیمونن (۷/۸ درصد)، بتاکاریوفیلن (۷/۵ درصد)، بی‌سیکلوجرماکرن (۵/۵ درصد) و اسپاتولنول (۴/۵ درصد) بود. هیدروکربن‌های سس‌کویی‌ترین (۴۶/۹ درصد) و سس‌کویی‌ترین‌های اکسیژنه (۲۴/۸ درصد) قسمت اعظم اسانس را شامل می‌شدند. بر خلاف سایر کاکوتی‌ها که پولگون ترکیب غالب اسانس است، در این گونه جرماکرن دی، ترکیب غالب است.

در حال حاضر کشت انبوه کاکوتی در کشور وجود ندارد و آنچه در بازار تحت عنوان کاکوتی به فروش می‌رسد از طریق برداشت از رویشگاه‌های طبیعی گیاه

جدول ۱- میانگین ماهانه دما و بارش در ایستگاه تحقیقاتی شهید فزوه اصفهان

Table 1. Monthly average of temperature and precipitation at Shahid Fozveh station of Isfahan

Month	2019-2020		2020-2021	
	Temperature	Precipitation	Temperature	Precipitation
March	10.1	0.46	11.8	0.5
April	17.5	0.07	17.4	0.13
May	22	0.07	20.8	0.09
June	27.8	0.02	26.7	0
July	29.9	0	30.4	0
August	29	0.003	29.8	0.9

دستگاه‌ها به شرح زیر است.

مشخصات گاز کروماتوگرافی (GC)

کروماتوگراف گازی مدل Shimadzu-9A مجهز به دتکتور F.I.D (یونیزاسیون شعله هیدروژن) و داده‌پرداز Chromatepac بود. ستون دستگاه DB-5 به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۲۵ میکرون و ضخامت لایه فاز ساکن برابر ۰/۲۵ میکرون بود. گاز حامل هلیوم با سرعت جریان گاز ۲۲/۷، دمای محفظه تزریق ۲۶۵ درجه سانتی‌گراد و برنامه‌ریزی حرارتی ستون از دمای اولیه ۵۰ درجه تا دمای نهایی ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد بود که در هر دقیقه ۴ درجه سانتی‌گراد به آن افزوده شد.

مشخصات گاز کروماتوگرافی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC/MS)

کروماتوگراف گازی Varian 3400 متصل شده به طیف‌سنج جرمی، ستون و برنامه‌ریزی حرارتی آن مشابه با ستون مورد استفاده در دستگاه GC بود. دتکتور "Ion Trap" گاز حامل هلیوم، سرعت جریان گاز حامل ۵۰ ml/min و انرژی یونیزاسیون در طیف‌سنج جرمی برابر ۷۰ الکترون بود. برنامه حرارتی ستون از ۶۰ تا ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۳C/min تنظیم شد و دمای محفظه تزریق ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد بود.

محاسبه شاخص بازداری و شناسایی ترکیب‌ها

برای محاسبه اندیس‌های بازداری ترکیب‌ها، آلکان‌های

هر واحد آزمایشی از ۳ ردیف به طول ۳ متر تشکیل گردید. فاصله ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر و فاصله دو بوته روی ردیف برای گونه‌های یکساله ۱۵ و برای گونه چندساله ۲۰ سانتی‌متر منظور شد. انجام آبیاری به روش قطره‌ای و هر هفته یکبار بود. وجین علف‌های هرز نیز در طی فصل رشد به‌طور مرتب انجام گردید. داده‌برداری در مرحله گلدهی (گلدهی بالای ۷۰ درصد) انجام شد. صفات اندازه‌گیری شده شامل ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن برگ خالص، وزن بذر، وزن هزار دانه و در نهایت عملکرد برگ خالص در هکتار بود. گیاهان موجود در یک مترمربع هر کرت برداشت و در هوای آزاد خشک گردید. سپس وزن خشک آنها به کمک ترازو تعیین شد. از بقیه گیاهان موجود در کرت برای تولید بذر استفاده گردید. بذر گونه‌های یکساله در اواسط تیر و گونه چندساله در هفته اول مرداد جمع‌آوری شد. به منظور استخراج اسانس، ۵۰ گرم از سرشاخه هر جمعیت آسیاب شده و به مدت دو ساعت با استفاده از روش تقطیر با آب و دستگاه کلونجر، اسانس‌گیری و درصد آن تعیین گردید (British Pharmacopoeia, 1988). عملکرد اسانس از حاصل‌ضرب عملکرد خشک اندام هوایی گیاه در درصد اسانس به دست آمد. اسانس استخراج شده برای انجام آنالیزهای لازم به مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور ارسال گردید.

برای شناسایی ترکیب‌های اسانس از دستگاه‌های گاز کروماتوگرافی (GC) و گاز کروماتوگرافی متصل به طیف سنج جرمی (GC/MS) استفاده شد. مشخصات این

مجموع، بیشترین وزن خشک اندام هوایی تک بوته مربوط به گونه *Z. clinopodioides* و برابر ۷/۷۳ گرم بدست آمد (جدول ۳). وزن خشک اندام هوایی تک بوته در سال دوم آزمایش بیشتر از سال اول بود (جدول ۴). اثر متقابل سال در گونه مشخص نمود که در مجموع، گونه *Z. clinopodioides* در سال دوم بیشترین وزن خشک اندام هوایی تک بوته را برابر ۳/۱۰۳ گرم به خود اختصاص داد (جدول ۵).

نسبت وزن خشک به تر بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب سال‌های آزمایش مشخص کرد که اثر سال و اثر سال در گونه در سطح پنج درصد و اثر گونه در سطح یک درصد بر نسبت وزن خشک به تر بوته معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در مجموع، بیشترین نسبت وزن خشک به تر بوته کاکوتی مربوط به گونه *Z. capitata* و برابر ۰/۴۵ به‌دست آمد (جدول ۳). نسبت وزن خشک به تر بوته در سال اول آزمایش بیشتر از سال دوم به‌دست آمد (جدول ۴). اثر متقابل سال در گونه مشخص نمود که در مجموع، گونه *Z. capitata* در سال اول بیشترین نسبت وزن خشک به تر بوته را برابر ۰/۴۶ به خود اختصاص داد که تفاوت معنی‌داری با این گونه در سال دوم و *Z. clinopodioides* در سال اول و دوم و گونه *Z. tenuior* در سال اول نداشت (جدول ۵).

وزن بذر بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب سال‌های آزمایش مشخص کرد که اثر سال، گونه و اثر سال در گونه در سطح یک درصد بر وزن بذر بوته معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در مجموع، بیشترین وزن بذر بوته کاکوتی مربوط به گونه *Z. clinopodioides* و برابر یک گرم به‌دست آمد (جدول ۳). وزن بذر بوته در سال دوم آزمایش بیشتر از سال اول به‌دست آمد (جدول ۴). اثر متقابل سال در

نرمال C9-C22 به دستگاه GC تزریق شد. شناسایی ترکیب‌ها با مطالعه طیف‌های جرمی و مقایسه با طیف جرمی ترکیب‌های استاندارد، با استفاده از اطلاعات موجود در کتابخانه و به کمک شاخص‌های بازداري محاسبه شده و مقایسه آنها با شاخص‌های بازداري استاندارد که در منابع مختلف منتشر گردیده، انجام شد. محاسبات کمی (تعیین درصد هر ترکیب) به کمک داده‌پرداز R3A-Chromatepac به روش نرمال کردن سطح (Area normalization method) و نادیده گرفتن ضریب‌های پاسخ (Response factors) مربوط به طیف‌ها انجام شده است.

پس از جمع‌آوری داده‌ها در طی دو سال زراعی، ابتدا برای بررسی یکنواختی واریانس دو سال آزمایش از آزمون بارتلت استفاده و پس از تأیید یکنواختی، تجزیه واریانس مرکب انجام شد. مقایسه میانگین صفات با آزمون دانکن و نرم‌افزار SAS 9.1 انجام شد.

نتایج

ارتفاع گیاه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب سال‌های آزمایش مشخص کرد که اثر تیمار (گونه) بر ارتفاع در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در مجموع، بیشترین ارتفاع کاکوتی مربوط به گونه *Z. clinopodioides* بود و برابر ۹/۳۶ سانتی‌متر بدست آمد (جدول ۳). ارتفاع در سال‌های آزمایش تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴). اثر متقابل سال در گونه مشخص نمود که در مجموع، گونه *Z. clinopodioides* در سال دوم بیشترین ارتفاع را برابر ۶/۳۷ سانتی‌متر به خود اختصاص داد (جدول ۵).

وزن خشک اندام هوایی تک بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب سال‌های آزمایش مشخص کرد که اثر سال، گونه و اثر سال در گونه بر وزن خشک اندام هوایی تک بوته در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در

مشخص کرد که اثر سال، گونه و اثر سال در گونه در سطح یک درصد بر عملکرد بذر در هکتار معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در مجموع، بیشترین برآورد عملکرد بذر در هکتار کاکوتی مربوط به گونه *Z. clinopodioides* و برابر ۷۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمد (جدول ۳). برآورد عملکرد بذر در هکتار در سال دوم آزمایش بیشتر از سال اول بدست آمد (جدول ۴). اثر متقابل سال در گونه مشخص نمود که در مجموع، گونه *Z. clinopodioides* در سال دوم بیشترین عملکرد بذر در هکتار را برابر ۹۵ کیلوگرم در هکتار به خود اختصاص داد (جدول ۵).

درصد اسانس

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب سال‌های آزمایش مشخص کرد که اثر گونه و اثر سال در گونه بر درصد اسانس گونه‌های مختلف گیاه کاکوتی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در مجموع، بیشترین درصد اسانس کاکوتی مربوط به گونه *Z. clinopodioides* و برابر ۱/۴ درصد بدست آمد (جدول ۳). درصد اسانس در سال‌های آزمایش تفاوت معنی‌داری با هم نشان ندادند (جدول ۴). اثر متقابل سال در گونه مشخص نمود که در مجموع، گونه *Z. clinopodioides* در سال دوم بیشترین درصد اسانس را برابر ۱/۵۳ درصد تولید نمود (جدول ۵).

عملکرد اسانس

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب سال‌های آزمایش، مشخص گردید که اثر سال، گونه و اثر سال در گونه بر عملکرد اسانس گونه‌های مختلف گیاه کاکوتی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد اسانس گیاه کاکوتی مربوط به *Z. clinopodioides* و برابر ۳۶ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳). عملکرد اسانس در سال دوم آزمایش بالاتر

گونه مشخص نمود که در مجموع، گونه *Z. clinopodioides* در سال دوم بیشترین وزن بذر بوته را برابر ۱/۳۵ گرم به خود اختصاص داد (جدول ۵).

وزن هزار دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب سال‌های آزمایش مشخص کرد که اثر تیمار (گونه) در سطح یک درصد بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در مجموع، بیشترین وزن هزار دانه کاکوتی مربوط به گونه *Z. clinopodioides* و برابر ۰/۵۲ گرم بدست آمد (جدول ۳). وزن هزار دانه در سال اول و دوم آزمایش تفاوت معنی‌داری نشان نداد (جدول ۴). اثر متقابل سال در گونه مشخص نمود که در مجموع، گونه *Z. clinopodioides* در سال اول بیشترین وزن هزار دانه را برابر ۰/۵۲ گرم به خود اختصاص داد که تفاوت معنی‌داری با سال دوم نداشت (جدول ۵).

عملکرد خشک برگ در هکتار

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب سال‌های آزمایش مشخص کرد که اثر سال، گونه و اثر سال در گونه در سطح یک درصد بر عملکرد خشک برگ در هکتار معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در مجموع، بیشترین برآورد عملکرد خشک برگ در هکتار کاکوتی مربوط به گونه *Z. clinopodioides* و برابر ۲۴۵۳ کیلوگرم در هکتار بدست آمد (جدول ۳). برآورد عملکرد خشک برگ در هکتار در سال دوم آزمایش بیشتر از سال اول بدست آمد (جدول ۴). اثر متقابل سال در گونه مشخص نمود که در مجموع، گونه *Z. clinopodioides* در سال دوم بیشترین برآورد عملکرد برگ در هکتار را برابر ۳۷۲۹ کیلوگرم در هکتار به خود اختصاص داد (جدول ۵).

عملکرد بذر در هکتار

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب سال‌های آزمایش

از سال اول بدست آمد (جدول ۴). اثر متقابل سال در گونه مشخص نمود که گونه *Z. clinopodioides* در سال دوم بیشترین عملکرد اسانس را برابر ۵۷ کیلوگرم در هکتار تولید نمود که تفاوت معنی داری با سایر گونه‌ها داشت (جدول ۵).

ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس

تجزیه ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس در دو سال آزمایش (جدول ۶) نشان داد که گونه‌های مورد مطالعه از نظر نوع و تعداد ترکیب متفاوت بودند. در گونه کاکوتی کوهی در سال اول ۱۷ و در سال دوم ۲۰ ترکیب شناسایی شد که به ترتیب ۸۵/۴ و ۹۱/۹ درصد کل اسانس را تشکیل دادند. ترکیب غالب اسانس در *Z. clinopodioides* ۸،۱-سینئول بود که در سال اول و دوم به ترتیب ۴۴/۵ و ۳۱/۶ درصد به دست آمد. کامفن (۳/۴ درصد)، ساینین (۴/۸ درصد)، آلفا ترپینن (۳/۱ درصد) و لینالول (۳/۲ درصد) دیگر ترکیب‌های مهم اسانس بودند. در گونه *Z. tenuior* در سال اول و دوم به ترتیب ۱۴ و ۱۰ ترکیب به دست آمد که ۸۵/۶ و ۹۷/۵ درصد اسانس را تشکیل دادند. ترکیب غالب اسانس در این گونه در دو سال آزمایش پولگون بود که در سال اول ۶۴/۳ و در سال دوم ۸۹/۵ درصد به دست آمد. پارامنتا-۳-ان و ۸،۱-سینئول در سال اول به ترتیب با ۷/۶ و ۴/۹ درصد پس از پولگون بیشترین ترکیب اسانس را تشکیل دادند. در گونه *Z. capitata* حضور ۹ و ۷ ترکیب در دو سال آزمایش مشاهده گردید که به ترتیب ۹۹/۴ و ۹۰/۵ درصد اسانس را شامل شد. ترکیب‌های غالب اسانس در سال اول پیریتون (۲۵/۳ درصد)، تیمول (۲۶/۳ درصد) و کارواکرول (۳۰/۱ درصد) و در سال دوم پیریتون با ۴۲/۲ درصد بود.

عملکرد ۸،۱-سینئول

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب سال‌های آزمایش، مشخص گردید که اثر گونه بر عملکرد

ترکیب ۸،۱-سینئول در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد ۸،۱-سینئول گیاه کاکوتی مربوط به *Z. clinopodioides* و برابر ۱۸/۹۶ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳). عملکرد این ترکیب در سال اول و دوم آزمایش تفاوت معنی داری نداشت (جدول ۴). اثر متقابل سال در گونه مشخص نمود که گونه *Z. clinopodioides* در سال اول بیشترین عملکرد ۸،۱-سینئول را برابر ۱۹/۵ کیلوگرم در هکتار تولید نمود که تفاوت معنی داری با سایر گونه‌ها داشت (جدول ۵).

عملکرد پولگون

نتایج حاصل از تجزیه مرکب واریانس سال‌های آزمایش نشان داد که اثر سال، گونه و اثر سال در گونه بر عملکرد پولگون گونه‌های مختلف گیاه کاکوتی در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد پولگون گیاه کاکوتی مربوط به *Z. tenuior* و برابر ۴/۶ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳). عملکرد این ترکیب در سال دوم آزمایش تفاوت معنی داری با سال اول داشت و بیشترین مقدار را با ۳/۴۴ کیلوگرم در هکتار به خود اختصاص داد (جدول ۴). اثر متقابل سال در گونه مشخص نمود که گونه *Z. tenuior* در سال دوم بیشترین عملکرد پولگون را برابر ۷/۶ کیلوگرم در هکتار تولید نمود که تفاوت معنی داری با سایر گونه‌ها داشت (جدول ۵).

عملکرد پیریتون

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب سال‌های آزمایش مشخص گردید که اثر سال، گونه و اثر سال در گونه بر عملکرد پیریتون گونه‌های مختلف گیاه کاکوتی در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد پیریتون گیاه کاکوتی مربوط به *Z. capitata* و برابر ۰/۵۱ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳). عملکرد این ترکیب در سال اول آزمایش تفاوت معنی داری با سال دوم داشت و بیشترین

کیلوگرم در هکتار تولید نمود که تفاوت معنی داری با سایر گونه‌ها داشت (جدول ۵).

عملکرد اسپاتولنول

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب سال‌های آزمایش نشان داد که اثر سال، گونه و اثر سال در گونه بر عملکرد اسپانچول گونه‌های مختلف گیاه کاکوتی در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد اسپاتولنول گیاه کاکوتی مربوط به *Z. clinopodioides* و معادل ۰/۴۲ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳). عملکرد این ترکیب در سال اول آزمایش تفاوت معنی داری با سال دوم داشت و بیشترین مقدار را با ۰/۶۳ کیلوگرم در هکتار به خود اختصاص داد (جدول ۴). اثر متقابل سال در گونه مشخص نمود که گونه *Z. clinopodioides* در سال اول بیشترین عملکرد اسپاتولنول را معادل ۱/۸۴ کیلوگرم در هکتار تولید نمود که تفاوت معنی داری با سایر گونه‌ها داشت (جدول ۵).

عملکرد کاریوفیلن اکساید

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب سال‌های آزمایش، مشخص گردید که اثر سال، گونه و اثر سال در گونه بر عملکرد کاریوفیلن اکساید گونه‌های مختلف گیاه کاکوتی در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد کاریوفیلن اکساید گیاه کاکوتی مربوط به *Z. capitata* و معادل ۰/۰۷ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳). عملکرد این ترکیب در سال اول آزمایش تفاوت معنی داری با سال دوم داشت و بیشترین مقدار را با ۰/۰۴ کیلوگرم در هکتار به خود اختصاص داد (جدول ۴). اثر متقابل سال در گونه مشخص نمود که گونه *Z. capitata* در سال دوم بیشترین عملکرد کاریوفیلن اکساید را معادل ۰/۱ کیلوگرم در هکتار تولید نمود که تفاوت معنی داری با سایر گونه‌ها داشت (جدول ۵).

مقدار را با ۰/۲۲ کیلوگرم در هکتار به خود اختصاص داد (جدول ۴). اثر متقابل سال در گونه مشخص نمود که گونه *Z. capitata* در سال اول بیشترین عملکرد پیپریتون را برابر ۰/۶۵ کیلوگرم در هکتار تولید نمود که تفاوت معنی داری با سایر گونه‌ها داشت (جدول ۵).

عملکرد تیمول

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب سال‌های آزمایش نشان داد که اثر سال، گونه و اثر سال در گونه بر عملکرد تیمول گونه‌های مختلف گیاه کاکوتی در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد تیمول گیاه کاکوتی مربوط به *Z. capitata* و برابر ۰/۳۸ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳). عملکرد این ترکیب در سال اول آزمایش تفاوت معنی داری با سال دوم داشت و بیشترین مقدار را با ۰/۲۳ کیلوگرم در هکتار به خود اختصاص داد (جدول ۴). اثر متقابل سال در گونه مشخص نمود که گونه *Z. capitata* در سال اول بیشترین عملکرد تیمول را برابر ۰/۶۸ کیلوگرم در هکتار تولید نمود که تفاوت معنی داری با سایر گونه‌ها داشت (جدول ۵).

عملکرد پیپریتون

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب سال‌های آزمایش، مشخص گردید که اثر سال، گونه و اثر سال در گونه بر عملکرد پیپریتون گونه‌های مختلف گیاه کاکوتی در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد تیمول گیاه کاکوتی مربوط به *Z. capitata* و برابر ۰/۲۲ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳). عملکرد این ترکیب در سال دوم آزمایش تفاوت معنی داری با سال دوم داشت و بیشترین مقدار را با ۰/۳ کیلوگرم در هکتار به خود اختصاص داد (جدول ۴). اثر متقابل سال در گونه مشخص نمود که گونه *Z. capitata* در سال اول بیشترین عملکرد پیپریتون را معادل ۰/۳۴

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب صفات سه گونه کاکوتی (*Ziziphora* spp.) کشت شده در سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰

Table 2. Combined ANOVA of three *Ziziphora* spp. traits cultivated in 2020 and 2021 years

S.O.V.	d.f.	Plant height	Plant dry weight	Plant dry/ fresh weight	Plant seed weight	1000-seed weight	Plant leaf yield	Seed yield	Essential oil content	Essential oil yield	1,8-Cineole yield	Polegone yield	Piperitone yield	Thymol yield	Piperitenone yield	Spachnole yield	Caryophyllene oxide yield
Year	1	7.1 ^{ns}	1953.3 ^{**}	0.006 [*]	0.25 ^{**}	0.000006 ^{ns}	4031381.2 ^{**}	1228.9 ^{**}	0.000006 ^{ns}	981.3 ^{**}	0.58 ^{ns}	35.9 ^{**}	0.03 ^{**}	0.18 ^{**}	0.03 ^{**}	0.31 ^{**}	0.001 ^{**}
Error*Year	4	2.2	8.1	0.001	0.003	0.00001	4985.5	22.1	0.001	2.21	0.55	0.061	0.001	0.001	0.003	0.002	0.00001
Species	2	1496.3 ^{**}	9889.5 ^{**}	0.02 ^{**}	1.28 ^{**}	0.074 ^{**}	8916071.9 ^{**}	5246.2 ^{**}	1.16 ^{**}	2259.7 ^{**}	716.2 ^{**}	33.5 ^{**}	0.51 ^{**}	0.28 ^{**}	0.09 ^{**}	0.09 ^{**}	0.009 ^{**}
Year*Species	2	4.93 ^{ns}	1671.8 ^{**}	0.007 [*]	0.24 ^{**}	0.0001 ^{ns}	3022322.2 ^{**}	1220.8 ^{**}	0.36 ^{**}	904.4 ^{**}	0.5 ^{ns}	13.3 ^{**}	0.038 ^{**}	0.18 ^{**}	0.03 ^{**}	0.03 ^{**}	0.003 ^{**}
Error	8	2.79	8.58	0.001	0.002	0.00004	3651.9	14.46	0.001	2.08	0.55	0.02	0.001	0.001	0.0003	0.0003	0.00001
C.V. (%)		8.5	10.9	8.16	9.69	1.47	5.74	10.1	3.91	10.7	11.76	7.77	20.49	28.8	25.12	8.12	12.68

n.s., *, and **: non-significant, significant at 5, and 1% probability levels, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر گونه بر صفات کاکوتی (*Ziziphora spp.*) کشت شده در سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰
Table 3. Means comparison of species effects on *Ziziphora spp.* traits cultivated in 2020 and 2021 years

Species	Plant height (cm)	Plant dry weight (g.plant ⁻¹)	Plant dry/ fresh weight	Plant seed weight (g.plant ⁻¹)	1000-seed weight (g)	Plant leaf yield (kg.ha ⁻¹)	Seed yield (kg.ha ⁻¹)	Essential oil (%)	Essential oil yield (kg.ha ⁻¹)	1,8-cineole yield (kg.ha ⁻¹)	Polegone yield (kg.ha ⁻¹)	Piperitone yield (kg.ha ⁻¹)	Thymol yield (kg.ha ⁻¹)	Piperitenone yield (kg.ha ⁻¹)	Spachnole yield (kg.ha ⁻¹)	Caryophellene oxide yield (kg.ha ⁻¹)
<i>Z. capitata</i>	6 ^c	2.2 ^b	0.45 ^a	0.12 ^c	0.51 ^b	215.9 ^c	11.9 ^c	0.71 ^b	1.74 ^c	0 ^c	0.03 ^c	0.51 ^a	0.38 ^a	0.33 ^a	0.06 ^b	0.07 ^a
<i>Z. clinopodioides</i>	36.91 ^a	73.7 ^a	0.43 ^a	1 ^a	0.52 ^a	2452.8 ^a	70 ^a	1.38 ^a	35.92 ^a	18.96 ^a	1.42 ^b	0 ^c	0 ^b	0 ^b	1.42 ^a	0 ^c
<i>Z. tenuior</i>	15.86 ^b	4.6 ^b	0.34 ^b	0.31 ^b	0.32 ^c	459.9 ^b	31.3 ^b	0.5 ^c	2.8 ^b	0.08 ^b	4.63 ^a	0.37 ^b	0 ^b	0 ^b	0.02 ^b	0.01 ^b

In each column, means with common letters are in the same statistical group at 1% probability level (Duncan test).

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر سال بر صفات سه گونه کاکوتی (*Ziziphora spp.*) کشت شده در سال‌های زراعی ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰
Table 4. Means comparison of year effects on three *Ziziphora spp.* traits cultivated in 2020 and 2021 years

Year	Plant height (cm)	Plant dry weight (g.plant ⁻¹)	Plant dry/ fresh weight	Plant seed weight (g.plant ⁻¹)	1000-seed weight (g)	Plant leaf yield (kg.ha ⁻¹)	Seed yield (kg.ha ⁻¹)	Essential oil (%)	Essential oil yield (kg.ha ⁻¹)	1,8-cineole yield (kg.ha ⁻¹)	Polegone yield (kg.ha ⁻¹)	Piperitone yield (kg.ha ⁻¹)	Thymol yield (kg.ha ⁻¹)	Piperitenone yield (kg.ha ⁻¹)	Spachnole yield (kg.ha ⁻¹)	Caryophellene oxide yield (kg.ha ⁻¹)
2020	18.96 ^a	16.4 ^b	0.42 ^a	0.35 ^b	0.45 ^a	578.4.1 ^b	29.48 ^b	0.88 ^a	6.07 ^b	6.53 ^a	0.62 ^b	0.22 ^a	0.23 ^a	0.11 ^a	0.63 ^a	0.02 ^b
2021	20.22 ^a	37.33 ^a	0.38 ^b	0.59 ^a	0.45 ^a	1524.9 ^a	46 ^a	0.88 ^a	30.8 ^a	6.2 ^a	3.44 ^a	0.14 ^b	0.02 ^b	0.3 ^b	0.37 ^b	0.04 ^a

In each column, means with common letters are in the same statistical group at 1% probability level (Duncan test).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل گونه × سال بر صفات کاکوتی (*Ziziphora* spp.) کشت شده در سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰

Table 5. Means comparison of species × year interaction on *Ziziphora* spp. traits cultivated in 2020 and 2021 years

Year	Species	Plant height (cm)	Plant dry weight (g.plant ⁻¹)	Plant dry / fresh weight	Plant seed weight (g.plant ⁻¹)	1000-seed weight (g)	Plant leaf yield (kg.ha ⁻¹)	Seed yield (kg.ha ⁻¹)	Essential oil (%)	Essential oil yield (kg.ha ⁻¹)	1,8-cineole yield (kg.ha ⁻¹)	Polegone yield (kg.ha ⁻¹)	Piperitone yield (kg.ha ⁻¹)	Thymol yield (kg.ha ⁻¹)	Piperitenone yield (kg.ha ⁻¹)	Spachnole yield (kg.ha ⁻¹)	Caryophellene oxide yield (kg.ha ⁻¹)
2020	<i>Z. capitata</i>	6.3 ^c	2.2 ^c	0.46 ^a	0.12 ^d	0.5 ^b	258.1 ^d	11.8 ^c	0.99 ^c	2.57 ^{cd}	0 ^d	0.01 ^e	0.65 ^a	0.68 ^a	0.34 ^a	0.03 ^d	0.04 ^b
2020	<i>Z. clinopodioides</i>	36.2 ^a	44 ^b	0.41 ^a	0.64 ^b	0.53 ^a	1166.7 ^b	45.3 ^b	1.23 ^b	14.5 ^b	19.5 ^a	0.18 ^d	0 ^c	0 ^c	0 ^c	1.84 ^a	0 ^b
2020	<i>Z. tenuior</i>	14.4 ^b	3 ^c	0.39 ^a	0.31 ^c	0.32 ^c	310.3 ^d	31.3 ^c	0.42 ^e	1.3 ^d	0.13 ^c	1.66 ^c	0.02 ^c	0 ^c	0 ^c	0.02 ^d	0.02 ^b
2021	<i>Z. capitata</i>	5.7 ^c	2.1 ^c	0.43 ^a	0.12 ^d	0.51 ^{ab}	211.3 ^d	12 ^d	0.43 ^e	0.96 ^d	0 ^d	0.04 ^e	0.39 ^b	0.1 ^b	0.1 ^b	0.1 ^c	0.1 ^a
2021	<i>Z. clinopodioides</i>	37.7 ^b	103.3 ^a	0.44 ^a	1.35 ^a	0.52 ^{ab}	3728.9 ^a	94.73 ^a	1.53 ^a	57.33 ^a	18.46 ^b	2.68 ^b	0 ^c	0 ^c	0 ^c	1 ^b	0 ^b
2021	<i>Z. tenuior</i>	17.3 ^b	6.2 ^c	0.28 ^b	0.31 ^c	0.32 ^c	624.3 ^c	31.28 ^c	0.68 ^d	4.3 ^c	0.04 ^d	7.6 ^a	0.03 ^c	0 ^c	0 ^c	0.09 ^d	0.008 ^b

In each column, means with common letters are in the same statistical group at 1% probability level (Duncan test)

جدول ۶- ترکیب‌های اسانس سه گونه کاکوتی (*Ziziphora* spp.) کشت شده در سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰Table 6. Essential oil components in three *Ziziphora* spp. cultivated in 2020 and 2021 years

Compound	Retention Index	2021	2020	2021	2020	2021	2020
		<i>Z. capitata</i>		<i>Z. tenuior</i>		<i>Z. clinopodioides</i>	
α -thujene	935	-	-	-	-	0.5	2
α -pinene	947	-	-	-	-	-	0.2
camphene	964	-	-	-	-	-	3.4
sabinene	980	-	-	-	-	4.2	4.8
myrcene	1005	-	-	-	-	-	1.4
β -pinene	1007	-	-	0.2	0.2	3.7	1.6
α -terpinene	1046	-	-	-	-	-	3.1
<i>p</i> -cymene	1055	-	-	2.5	2.1	8.8	0.6
limonene	1058	-	-	-	-	1.6	2
1,8-cineole	1065	-	-	0.5	4.9	31.6	44.5
cis-sabinene hydrate	1097	-	-	0.2	0.3	9.2	0.6
linalole	1115	-	1.4	-	0.6	2.1	3.2
<i>p</i> -mentha-3-en-8-ol	1171	-	-	1.3	7.6	2.9	-
borneole	1219	-	-	1.6	-	4.5	0.4
terpinene-4-ol	1233	-	-	-	1.1	4.9	0.8
α -terpineole	1255	-	-	0.2	1.1	0.3	-
iso iso bornil formate	1281	-	-	-	-	0.5	4
polegone	1292	5.1	3	89.5	64.3	4.5	3
piperitone	1312	42.2	24.3	0.4	0.6	-	-
bornyl acetate	1315	-	-	-	-	1.2	-
thymol	1322	8.0	25.3	-	-	-	-
carvacrol	1334	2	29.1	-	-	4.7	5.9
piperitenone	1339	11.1	13.1	-	-	-	-
carvacrol acetate	1403	-	-	1.1	-	0.8	1.9
β -borbonene	1427	-	-	-	0.6	0.3	-
E-caryophellene	1468	-	0.5	-	0.5	1.4	-
spatulenole	1500	10.5	1.1	-	0.9	4.2	1.7
caryophyllene oxide	1664	11.6	1.6	-	0.8	-	0.3
Essential oil percentage	-	0.4	0.6	0.5	0.7	2.3	1.4
Essential oil yield (kg.ha ⁻¹)	-	0.9	1.3	2.5	4.3	75	70

بحث

ارزیابی صفات کمی در سه گونه کاکوتی مورد مطالعه نشان داد که این گونه‌ها از نظر صفات اندازه‌گیری شده مانند ارتفاع، وزن خشک اندام هوایی، نسبت وزن خشک به تر اندام هوایی، وزن بذر بوته، وزن هزار دانه، عملکرد برگ و بذر و درصد و عملکرد اسانس تفاوت معنی‌داری دارند. این تفاوت‌ها می‌تواند زمینه‌ساز انجام کارهای

اصلاحی در آینده گردد از سوی دیگر، براساس نتایج این تحقیق، گونه‌های مورد بررسی به اهلی شدن نیز پاسخ مناسبی داده و با شرایط زراعی سازگاری کامل داشته‌اند. از آنجا که کاشت کاکوتی هنوز در سیستم زراعی کشور رایج نشده است، از این رو نتایج این تحقیق نشانگر وجود ظرفیت مطلوب این گونه‌ها برای ورود به سیستم زراعی و انجام برنامه‌های به‌نژادی در جهت تولید رقم می‌باشد. در

تحقیق Zamani و همکاران (۲۰۱۶) نیز تفاوت‌های ژنتیکی زیادی بین جمعیت‌های *Z. tenuior* گزارش شده است.

در این تحقیق بیشترین ارتفاع گیاه (۳۸ سانتی‌متر)، عملکرد برگ (۳۸۰۰ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بذر (۹۵ کیلوگرم در هکتار) در گونه چندساله *Z. clinopodioides* و در سال دوم آزمایش مشاهده شده که به‌طور میانگین بیش از ده برابر دو گونه یکساله است. چندساله بودن *Z. clinopodioides* می‌تواند اولین دلیل این موضوع باشد. در گیاهان چندساله از سال دوم به بعد به علت استقرار کامل گیاه در زمین و شاخه‌دهی و توسعه ریشه و اندام‌های هوایی و سازگار شدن گیاه با شرایط محیطی جدید، رشد رویشی با مساعد شدن آب و هوا آغاز می‌گردد. این مسئله به گیاه کمک می‌کند که تا قبل از گرم شدن شدید هوا، مرحله رویشی خود را کامل کرده و وارد مرحله زایشی شود. بنابراین عملکرد سال دوم این گیاهان در مقایسه با سال اول و نسبت به گیاهان یکساله بیشتر می‌باشد (Safaii et al., 2012). البته، یادآوری می‌شود که ارتفاع و وزن خشک تک بوته گونه *Z. tenuior* در این تحقیق به ترتیب معادل ۱۷ سانتی‌متر و ۶ گرم به‌دست آمده که گرچه از نظر مقدار بسیار کمتر از گونه چندساله *Z. clinopodioides* است ولی در مقایسه با شرایط رویشگاهی خود بالاتر می‌باشد. براساس گزارش‌های موجود متوسط ارتفاع *Z. tenuior* در شرایط رویشگاهی ۶/۵ سانتی‌متر و عملکرد خشک تک بوته آن ۰/۱۵ گرم گزارش شده است (Mousavipoor, 2014). بنابراین، این گونه نیز در شرایط زراعی به علت آبیاری مناسب، حاصلخیزی خاک و مبارزه با علف‌های هرز، افزایش عملکرد مناسبی خواهد داشت.

مزیت دیگر گونه *Z. clinopodioides* در مقایسه با گونه‌های یکساله، از نظر هزینه‌های تولید آن می‌باشد. کاشت این گیاه تنها در سال اول انجام می‌شود و معمولاً پس از استقرار، تا چهار سال امکان بهره‌برداری از آن در زمین اصلی وجود دارد. بنابراین از سال دوم هزینه‌های

آماده‌سازی زمین، بخش عمده‌ای از هزینه تأمین کود دامی و هزینه خرید بذر وجود ندارد. این مسئله باعث کاهش هزینه‌های تولید آن نسبت به گونه‌های یکساله می‌گردد. طول دوره رشد *Z. clinopodioides* طولانی است و با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه با مناسب شدن هوا از اواخر اسفند آغاز شده و تا اواسط پاییز ادامه خواهد داشت. معمولاً شروع سرماهای پاییزه باعث توقف فعالیت آن می‌گردد. با این شرایط امکان برداشت دو تا سه چین با توجه به شرایط اقلیمی منطقه وجود دارد که به افزایش عملکرد سالانه منجر می‌شود. علاوه بر طولانی بودن دوره رشد، گلدهی این گونه نیز به‌صورت نامحدود می‌باشد. به این صورت که پس از ورود گیاه به مرحله زایشی، حضور گل تا زمان توقف رشد آن در پاییز ادامه دارد. جنبه منفی این مسئله، در صورتی که هدف از کاشت آن تولید بذر باشد، کاهش عملکرد بذر است. زیرا در هنگام برداشت، حضور همزمان بذر و گل به کاهش عملکرد بذر منجر می‌گردد. اما در صورتی که هدف از کاشت، استفاده از سرشاخه هوایی آن باشد، به دلیل وجود اسانس در برگ و گل گیاه، این مسئله تبدیل به یک امتیاز می‌شود. ضمن اینکه این موضوع می‌تواند به دلیل زیبایی ظاهری، گیاه را به گزینه مناسبی برای استفاده در فضای سبز شهری نیز تبدیل کند. وزن هزار دانه *Z. clinopodioides* نیز بیشتر از دو گونه دیگر می‌باشد. با توجه به اینکه وزن هزار دانه یکی از اجزای محاسبه عملکرد بذر است بنابراین علاوه بر مقدار بذر تک بوته بالاتر در گونه *Z. clinopodioides*، بیشتر بودن وزن هزار دانه نیز در افزایش عملکرد بذر این گونه نسبت به دو گونه دیگر مؤثر بوده است.

درصد اسانس در سه گونه مورد مطالعه از ۰/۵ تا ۱/۵۳ درصد متغیر بوده است. بیشترین درصد اسانس متعلق به گونه چند ساله *Z. clinopodioides* می‌باشد. این درصد اسانس در مقایسه با درصد اسانس گونه‌های یکساله که کمتر از یک درصد می‌باشد، تفاوتی ۱/۵ تا ۲ برابری را نشان می‌دهد. همچنین عملکرد اسانس این

۸،۱- سینثول از ۳۱/۶ تا ۴۴/۵ درصد به دست آمده است. در تحقیق Dehghan و همکاران (۲۰۱۴) نیز در نمونه‌های این گیاه که از ۱۱ منطقه همدان جمع‌آوری شده، دامنه تغییرات پولگون از ۵/۲ تا ۶۰/۴ درصد متغیر بوده است. همچنین دامنه تغییرات ۸،۱- سینثول به عنوان دومین ترکیب عمده و مهم اسانس این گونه بین ۶/۱ تا ۲۹/۹ درصد به دست آمده است. از این رو، تأثیر شرایط محیطی بر کیفیت اسانس را یکی از دلایل اصلی این تفاوت‌ها گزارش کرده‌اند. Modiri و همکاران (۲۰۱۳) در تحقیق خود به بررسی زیرگونه‌های این گیاه پرداخته و ترکیب‌های شیمیایی پنج زیر گونه آن شامل *rigida*، *filicaulis*، *bungeana*، *ronnigeri* و *pseudodasyantha* را بررسی نموده‌اند. در این تحقیق مشخص شده که زیر گونه‌ها نه تنها از نظر بازده اسانس بلکه از نظر تعداد ترکیب‌های شناسایی شده نیز متفاوت هستند و در بعضی از زیرگونه‌های *pseudodasyantha*، پولگون از درصد بسیار پایینی برخوردار بوده و ۸،۱- سینثول جزء مواد غالب اسانس می‌باشد. از این رو، شاید عدم غالبیت پولگون این گونه در این تحقیق نیز به علت زیر گونه آن باشد که نیاز به بررسی بیشتری دارد.

بر اساس نتایج این تحقیق، بیشترین درصد پولگون به گونه *Z. tenuior* تعلق دارد که در دو سال آزمایش از ۶۴ تا ۸۹ درصد متغیر بوده است. برخلاف دو گونه *Z. clinopodioides* و *Z. tenuior*، شاهد حضور ترکیب تیمول و کارواکرول در گونه *Z. capitata* هستیم که آن را از دو گونه دیگر متمایز می‌کند و حتی در سال دوم ترکیب‌های غالب اسانس است. همچنین دو ترکیب پیریتون و پیریتون موجود در این گونه، در دو گونه دیگر یا وجود ندارد یا درصد بسیار پایینی را به خود اختصاص می‌دهد. از این رو، می‌توان این گونه را نه تنها از نظر تفاوت مورفولوژیک بلکه به لحاظ ترکیب‌های شیمیایی متفاوت از دو گونه دیگر متمایز نمود. میزان اسانس و ترکیب‌های آن به عوامل محیطی مانند فاکتورهای مختلف اکولوژیکی، جغرافیایی، اقلیمی، خاکی

گونه نیز تفاوت قابل توجهی با دو گونه دیگر دارد. براساس نتایج اثر سال در گونه نیز، بیشترین عملکرد اسانس این گونه در سال دوم آزمایش و به میزان ۵۷ کیلوگرم در هکتار بوده است. از آنجا که عملکرد اسانس از حاصل ضرب وزن برگ خشک گیاه در درصد اسانس حاصل می‌شود، از این رو علاوه بر درصد اسانس، بیشتر بودن عملکرد خشک برگ این گونه باعث افزایش عملکرد اسانس این گیاه و ایجاد اختلاف قابل توجه آن با دیگر گونه‌های یکساله شده است.

تعداد ترکیب‌های موجود در گونه‌های *Z. clinopodioides*، *Z. tenuior* و *Z. capitata* در این تحقیق به ترتیب ۲۵، ۱۶ و ۹ عدد به دست آمده است. همچنین تفاوت ترکیب‌های شیمیایی به‌ویژه از نظر مواد غالب تشکیل‌دهنده اسانس در بین گونه‌های مورد بررسی مشاهده می‌شود. ترکیب ۸،۱- سینثول در گونه *Z. clinopodioides* بیشترین درصد و بالاترین عملکرد را به خود اختصاص داده است. در دو گونه دیگر عدم حضور این ماده و یا وجود آن با درصد بسیار پایین مشاهده می‌گردد. ۸،۱- سینثول با فرمول شیمیایی $C_{10}H_{18}O$ یک ترکیب آلی طبیعی و بدون رنگ می‌باشد که به آن اکالیپتول نیز گفته می‌شود. این ماده در شش‌ها و سینوس‌ها، فرایند خلط‌آوری را باعث شده و اثر باکتری‌کشی دارد. همچنین در درمان سرفه، روماتیسم، سینوزیت و آسم برونشیت استفاده می‌شود (Vosooghi et al., 2019). با توجه به آثار سودمند و ساختار ارزشمند این ترکیب، می‌توان گونه *Z. clinopodioides* را به عنوان یکی از منابع تولیدکننده آن معرفی نمود.

در گزارش‌های موجود، اغلب اولین ترکیب غالب اسانس *Z. clinopodioides* پولگون معرفی شده است (Yazdani et al., 2022). درصد پولگون گونه *Z. clinopodioides* در گزارش Yazdani و همکاران (۲۰۲۲) ۴۴/۵ درصد می‌باشد. این در حالی است که در این تحقیق مقدار این ترکیب در دو سال زراعی از ۳ تا ۴/۵ درصد متغیر بوده و در نقطه مقابل آن، درصد ترکیب

دو گونه دیگر قابل توجه بوده و با توجه به چندساله بودن گیاه، به نظر می‌رسد معرفی آن برای کشت و توسعه در سیستم زراعی ارزشمند باشد. با توجه به اینکه زیر گونه‌های متعددی از این گونه در کشور وجود دارد، از این رو در صورتی که هدف از تولید، داشتن گیاهانی با درصد پولگون بالا باشد، لازم است مطالعات در سطح زیر گونه انجام شود و از زیرگونه‌هایی با عملکرد پولگون بالاتر استفاده گردد. بنابراین به نظر می‌رسد با معرفی این گیاه برای کاشت در مناطق دارای شرایط اقلیمی مناسب، نه تنها نیاز شرکت‌های دارویی و غذایی تأمین می‌شود بلکه با جلوگیری از برداشت بی‌رویه و تخریب رویشگاه‌های گیاه، به حفظ و پایداری این جنس نیز کمک شایانی خواهد شد.

و ارتفاع و عوامل ژنتیکی بستگی دارند. از آنجا که در این مطالعه هر سه گونه در شرایط محیطی و زراعی یکسان کشت شده‌اند و شرایط آب و هوایی دو سال آزمایش نیز تفاوت قابل ملاحظه‌ای با یکدیگر نداشته است، بنابراین تفاوت‌های دیده شده بین گونه‌ها بیشتر می‌تواند ناشی از اثر عوامل ژنتیکی باشد (Azimi et al., 2014).

به عنوان نتیجه‌گیری نهایی، می‌توان گفت امروزه برداشت گونه‌های مختلف کاکوتی به‌طور طبیعی از رویشگاه‌های این جنس انجام می‌شود که یکی از علل آن عدم ورود این گیاه به سیستم زراعی کشور می‌باشد. براساس نتایج این تحقیق، گونه *Z. clinopodioides* قابلیت لازم برای انجام کارهای اصلاحی و معرفی رقم را دارد. از آنجا که تفاوت عملکرد کمی و کیفی این گونه با

References

- Abu-Darwish, M.S., Cabral, C., Gonçalves, M.J., Cavaleiro, C., Cruz, M.T., Paoli, M., Tomi, F., Efferth, T. and Salgueiro, L., 2016. *Ziziphora tenuior* L. essential oil from Dana Biosphere Reserve (Southern Jordan); chemical characterization and assessment of biological activities. *Journal of Ethnopharmacology*, 194: 963-970. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2016.10.076>
- Asgharipour, M.R., Akbari Abjahan, A. and Dahmarde, M., 2016. Variability in *Ziziphora clinopodioides* Subsp. *Bungeana* (Juz.) based on morphological traits and essential oils profile. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 44: 189-94. <https://doi.org/10.15835/nbha44110118>
- Asri, Y., Firozi Ardestani, M., Rabie, M. and Bakhshi Khaniki, Gh., 2016. The effect of environmental factors on growth characteristics, seed germination and essential oils of *Ziziphora clinopodioides*. *Iranian Journal of Plant Biology*, 8(29): 91-106. [doi:10.22108/IJPB.2016.21038](https://doi.org/10.22108/IJPB.2016.21038)
- 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*, 4(52): 136-147. <http://jmp.ir/article-1-879-en.html>
- Bakhshikhaniki, A., Sefidkon, F. and Dehghan, Z., 2010. The effects of some ecological factors on essential oil yield and composition of *Ziziphora clinopodioides*. *Journal of plant drugs*, 1: 11-20. <https://www.sid.ir/paper/193826/en>
- British Pharmacopoeia, 1988. HMSO; London, 2: A137-A138. <https://www.pharmacopoeia.com>
- 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 Research*, 27(1): 61-71. <https://doi.org/20.1001.1.23832592.1393.27.1.7.5>
- Ghasemi Pirbalouti, A., Amirkhosravi, A., Bordbar, F. and Hamedi, B., 2013. Diversity in the chemical composition of essential oils of *Ziziphora tenuior* as a potential source of pulegone. *Chemija*, 24(3): 234-239. <https://doi.org/10.6001/chemija.2013.24.3.9>
- Jamzad, Z., 2012. Labiateae Family. No: 76.

- Institute of Forests and Rangelands Research, Iran, 1066p.
<https://doi.org/10.22092/botany.2013.101317>
- Karimi, I., Hayatgheybi, H., Motamedi, S., Naseri, D., Shamspur, T., Afzali, D. and Aghdam, A.H., 2013. Chemical composition and hypolipidemic effects of an aromatic water of *Ziziphora tenuior* L. in cholesterol-fed rabbits. Applied Biological Research, 7: 61-67.
<https://www.researchgate.net/publication/259197514>
 - Kheirkhah, M., Ghasemi, V., Yazdi, A.K. and Rahban, S., 2015. Chemical composition and insecticidal activity of essential oil from *Ziziphora clinopodioides* Lam. used against the Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* Zeller. Journal of Plant Protection Research, 55: 260-265. <https://doi.org/10.jprr/2015-0037>
 - Mazarei, Z., 2023. Chemical composition and biological activity of *Ziziphora clinopodioides* essential oil: A Review. Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products, 18(4): 1-12.
[doi:10.5812/jjnpp-137776](https://doi.org/10.5812/jjnpp-137776)
 - 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.
<https://doi.org/10.22092/ijmapr.2013.4045>
 - Moghadam, H.D., Sani, A.M. and Sangatash, M.M., 2016. Antifungal activity of essential oil of *Ziziphora clinopodioides* and the inhibition of aflatoxin B1 production in maize grain. Toxicol. Indian Health Journal, 32: 493-499.
[doi:10.1177/0748233713503375](https://doi.org/10.1177/0748233713503375)
 - Moradi, R., Alizadeh, M.A., Hervan, E.M., Shanjani, P.S., Khaghani, S. and Jafari, A.A., 2019. Evaluation of shoot yield, agronomical traits and essential oil production in domestic populations of *Ziziphora* in Iran. Zeitschrift für Arznei- & Gewürzpflanzen, 24(2): 77-83.
<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20193363286>
 - Mousavipoor, S.M., 2014. Study of some ecological, morphological and therapeutic characteristics of *Ziziphora tenuir* L. The First International Conference on Environmental Engineering. Iran, 9 January: 1-9.
<https://civilica.com/doc/348005/>
 - Mozaffarian, V., 1996. A Dictionary of Iranian Plant Names. Farhang Moaser Publishers, Tehran, 671p.
 - Nejad Ebrahimi, S., hadian, J. and Sonboli, A., 2013 Chemical composition of the essential oil of *Ziziphora capitata* L. from Iran. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 12(6): 678-682.
<https://doi.org/10.1080/0972060X.2009.10643774>
 - Oalde, M.M., Lunić, T.M., Mandić, M.R., Đorđević, J.Z., Jovanović Marić, J.M., Vuković-Gačić, B.S., Duletić-Laušević, S.N., Marin, P.D. and Božić Nedeljković, B.D., 2021. Antitumor activity of Lamiaceae plants frequently used in Serbian folk medicine and cuisine. Abstracts of the 2th International UNIFood Conference. Belgrade, Serbia, 24-25 September: 63.
[doi:10.13140/RG.2.2.32468.12163](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.32468.12163)
 - Piryaee, M., Abolghasemi, M.M. and Nazemiyeh, H., 2015. Fast determination of *Ziziphora tenuior* L. essential oil by inorganic-organic hybrid material based on ZnO nanoparticles anchored to a composite made from polythiophene and hexagonally ordered silica. Journal of Natural Products, 29: 833-837.
[doi:10.1080/14786419.2014.989394](https://doi.org/10.1080/14786419.2014.989394)
 - Safaee, L., Sharifi ashoorabadi, E., Zeinali, H. and Mirza, M., 2012. The effect of different harvesting stages on aerial parts yield, essential oil percentage and main components of *Thymus daenensis* Celak. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 28(2): 342-355.
[doi:10.22092/ijmapr.2012.3051](https://doi.org/10.22092/ijmapr.2012.3051)
 - Safaee, L., Najafpoor Navaii, M., Sharifi Ashoorabadi, E., Mirza, M. and Aminazarm, D., 2022a. The evaluation of yield traits and oil components in three populations of *Ziziphora tenuir* L. cultivated in Isfahan. Crop Production Journal, 14(4): 141-156.
<https://doi.org/10.22069/ejcp.2022.18570.2375>
 - Safaee, L., Sharifi Ashoorabadi, E. and Aminazarm, D., 2022b. The study of vegetative traits and oil components in three populations of *Ziziphora clinopodioides* L. in Esfahan. Iranian Journal of Field Crops Research, 20(1): 81-92. [doi: 10.22067/jcsc.2021.72239.1082](https://doi.org/10.22067/jcsc.2021.72239.1082)
 - Shahbazi, Y., Shavisi, N. and Mohebi, E., 2016. Potential application of *Ziziphora clinopodioides* essential oil and nisin as natural preservatives against *Bacillus cereus* and

- Escherichia coli* O157: H7 in commercial barley soup. Journal of Food Safety, 36: 435-441. <https://doi.org/10.1111/jfs.12257>
- Vosooghi, N., Gomarian, M., Ghasemipirbalooti, A. and khagani, Sh., 2019. The effect of drought stress and chitosan on cineole synthase gene expression and 1,8-cineole content in sage (*Salvia officinalis* L.). Modern Genetic Journal, 4(4): 327-336. [doi: 20.1001.1.20084439.1398.14.4.8.8](https://doi.org/10.1001.1.20084439.1398.14.4.8.8)
 - Yazdani, H., Amani, A., Besharati, M., Tatari, M. and Marjani, A., 2022. Evaluation of chemical compounds and comparison of antibacterial activity of essential oil and nanoemulsion containing essential oil of *Ziziphora clinopodioides* L. North Khorasan University of Medical Sciences, 14(3): 70-77. [doi: 10.32592/nkums.14.3.70](https://doi.org/10.32592/nkums.14.3.70)
 - Zamani, N., Zamani, W. and Mirzaei, K., 2016. Genetic diversity analysis of *Ziziphora tenuior* L. using SCoT markers. Iranian Journal of Genetics and Plant Breeding, 24(2): 177-189. [doi: 10.22092/ijrpbgr.2016.109406](https://doi.org/10.22092/ijrpbgr.2016.109406)