

## Investigation of the variation in quantitative characteristics of essential oil of *Ziziphora tenuior* at different phenological stages

Nourollah Abdi<sup>1</sup> | Sahar Morshedi<sup>2</sup> | Hamid Torangzar<sup>3</sup> | Mohsen Mohseni<sup>4</sup> | Abbas Ahmadi<sup>5</sup>

1. Corresponding Author, Department of Range and Watershed Management, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran. E-mail: [nabdi1355@yahoo.com](mailto:nabdi1355@yahoo.com)
2. Department of Range and Watershed Management, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran. E-mail: [sahar.morshedi8921@gmail.com](mailto:sahar.morshedi8921@gmail.com)
3. Department of Range and Watershed Management, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran. E-mail: [htorangzar@yahoo.com](mailto:htorangzar@yahoo.com)
4. Department of Agriculture, Kerman Branch, Islamic Azad University, Kerman, Iran. E-mail: [mmohseni@gmail.com](mailto:mmohseni@gmail.com)
5. Department of Range and Watershed Management, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran. E-mail: [abbasahmadi@gmail.com](mailto:abbasahmadi@gmail.com)

### Article Info

#### Article type

Research Article

#### Article history

Received: 7 April 2025

Revised: 15 October 2025

Accepted: 23 October 2025

Published: 22 December 2025

#### Keywords

Essential oil Percentage

Flowering Stage

Phenological Stages

*Ziziphora Tenuior*

### ABSTRACT

**Objective:** The medicinal plant *Ziziphora*, widely favored in traditional Iranian medicine, is predominantly found in the southern and central parts of Iran. This study was conducted in the Baft region of Kerman Province to evaluate the effect of different phenological stages on the essential oil content of *Ziziphora tenuior*.

**Methods:** This study employed an independent t-test design. The phenological stage was considered as the experimental factor at two levels: pre-flowering and flowering. Essential oil was extracted from plant samples using a Clevenger apparatus, and after dehydration, the obtained data were statistically analyzed.

**Results:** The results indicated that harvest time had a significant effect on essential oil content. Samples harvested before flowering contained significantly lower amounts of essential oil compared to those harvested at the flowering stage. The essential oil content increased by more than twofold from the pre-flowering stage to the flowering stage, rising from 0.43% to 1.00%.

**Conclusion:** The findings demonstrated that as plant age increased and the phenological stage progressed from pre-flowering to flowering, the essential oil content increased significantly. This increase is likely associated with physiological changes in the plant and the enhanced production of volatile compounds during the flowering stage.

**Cite this article:** Abdi, N., Morshedi, S., Torangzar, H., Mohseni, M., & Ahmadi, A. (2025). Investigation of the variation in quantitative characteristics of essential oil of *Ziziphora tenuior* at different phenological stages. *Ethnobiology and Biodiversity Conservation*, 2(4), 1-25. <https://doi.org/10.22091/ethc.2025.12691.1054>



## بررسی تغییرپذیری خصوصیات کمی اسانس کاکوتی کوهی (*Ziziphora tenuior* L.) در مراحل مختلف فنولوژی

نوراله عبدی<sup>۱</sup> | سحر مرشدی<sup>۲</sup> | حمید ترنج زر<sup>۳</sup> | محسن محسنی<sup>۴</sup> | عباس احمدی<sup>۵</sup>

۱. نویسنده مسئول، گروه مرتع و آبخیزداری، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران. رایانامه: [nabdi1355@yahoo.com](mailto:nabdi1355@yahoo.com)

۲. گروه مرتع و آبخیزداری، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران. رایانامه: [sahar.morshedi8921@gmail.com](mailto:sahar.morshedi8921@gmail.com)

۳. گروه مرتع و آبخیزداری، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران. رایانامه: [htorangzar@yahoo.com](mailto:htorangzar@yahoo.com)

۴. گروه کشاورزی، واحد کرمان، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمان، ایران. رایانامه: [mmohseni@gmail.com](mailto:mmohseni@gmail.com)

۵. گروه مرتع و آبخیزداری، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران. رایانامه: [abbasahmadi@gmail.com](mailto:abbasahmadi@gmail.com)

### چکیده

### اطلاعات مقاله

نوع مقاله  
پژوهشی

### تاریخچه

دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۱۸

بازنگری: ۱۴۰۴/۰۷/۲۳

پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۰۱

انتشار: ۱۴۰۴/۱۰/۰۱

### کلیدواژه‌ها

درصد اسانس

گیاه کاکوتی

مراحل فنولوژیکی

مرحله گلدهی

**هدف:** گیاه دارویی کاکوتی یکی از گیاهان پرکاربرد در طب سنتی ایران است که به ویژه در مناطق جنوبی و مرکزی کشور پراکنش دارد. به منظور بررسی تأثیر مراحل فنولوژیکی بر کمیت اسانس گیاه دارویی کاکوتی کوهی (*Ziziphora tenuior*)، این پژوهش در مراتع شهرستان بافت انجام شد.

**مواد و روش‌ها:** این پژوهش با استفاده از آزمون t مستقل طراحی و اجرا شد. فاکتور مرحله فنولوژیکی در دو سطح قبل از گلدهی و مرحله گلدهی در نظر گرفته شد. اسانس نمونه‌ها با استفاده از دستگاه کلونجر استخراج و پس از انجام فرآیند آب‌گیری، داده‌های حاصل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS و اجرای آزمون T-test در سطح احتمال ۰/۰۱ انجام شد.

**نتایج:** بررسی اثر زمان برداشت بر میزان اسانس نشان داد که نمونه‌های برداشت‌شده در مرحله قبل از گلدهی دارای میزان اسانس به‌مراتب کمتری نسبت به نمونه‌های برداشت‌شده در مرحله گلدهی هستند. به گونه‌ای که میزان اسانس در مرحله گلدهی نسبت به قبل از گلدهی بیش از دو برابر افزایش یافت و از ۰/۴۳ به ۱/۰۰ درصد رسید.

**نتیجه‌گیری:** نتایج نشان داد با افزایش سن گیاه و انتقال از مرحله قبل از گلدهی به مرحله گلدهی، میزان اسانس به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. این افزایش احتمالاً ناشی از تغییرات فیزیولوژیکی گیاه و افزایش تولید ترکیبات فرار در مرحله گلدهی است.

**استناد:** عبدی، نوراله؛ مرشدی، سحر؛ ترنج زر، حمید؛ محسنی، محسن؛ و احمدی، عباس (۱۴۰۴). بررسی تغییرپذیری خصوصیات کمی اسانس کاکوتی کوهی

(*Ziziphora tenuior* L.) در مراحل مختلف فنولوژی. *زیست‌قوم‌شناسی و حفاظت تنوع زیستی*، ۲(۴)، ۲۵-۱.

<https://doi.org/10.22091/ethc.2025.12691.1054>



## مقدمه

گیاهان دارویی، از جمله گیاهان اسانس دار، از دیرباز در درمان بیماری‌ها و تهیه داروها مورد استفاده بوده‌اند و با توسعه گیاه‌درمانی، اهمیت اقتصادی و درمانی آن‌ها افزایش یافته است (Kant and Kumar, 2022). عوامل ژنتیکی، محیطی و اثرات متقابل آن‌ها، به‌ویژه عوامل آب و هوایی، جغرافیایی و خاکی، بر ترکیبات شیمیایی این گیاهان مؤثر هستند (Pant et al., 2021). وضعیت اکولوژیکی رویشگاه‌های طبیعی نیز بر کمیت و کیفیت اسانس گیاهان دارویی تأثیرگذار است. محیط رویشگاه از طریق تأثیر بر فرآیند تولید متابولیت‌ها، نوع و شدت واکنش‌های شیمیایی را تعیین می‌کند (Mehalaine and Chenchouni, 2021). اسانس‌های استخراج شده از گیاهان دارویی کاربردهای فراوانی در صنایع غذایی، آرایشی-بهداشتی و پزشکی دارند. گیاهان خانواده نعناعیان، مانند کاکوتی کوهی، از دیرباز به عنوان ادویه و دارو مورد استفاده بوده و دارای خواص درمانی متعددی هستند (Mohammadhosseini, 2017; Kant and Kumar, 2022; Hazrati et al., 2020).

تفاوت‌های اقلیمی رویش، از نظر شرایطی مانند میانگین بارندگی و دمای سالیانه، ارتفاع از سطح دریا، نوع خاک و سایر عوامل فیزیکی و شیمیایی اکولوژیکی مؤثر بر رشد گیاهان، می‌تواند موجب بروز تفاوت‌هایی در مورفولوژی و میزان تولید مواد گیاهی از نظر کمی و کیفی شود که در نهایت منجر به تغییر در اثرات دارویی گیاه می‌شود (Bączek et al., 2016). تنوع اقلیمی ایران، منبع غنی‌ای از گونه‌های گیاهی دارویی را فراهم کرده است و تفاوت در شرایط محیطی باعث تغییر در مورفولوژی و میزان مواد تولیدی گیاهان می‌شود (Nazari et al., 2023). این تنوع اقلیمی سبب شده است که بیش از ۷۵۰۰ گونه گیاهی در ایران شناسایی شود که از این میان، بیش از ۲۲۰۰ گونه دارای خواص دارویی هستند (Boostani and Mahmoodi, 2024).

جنس *Ziziphora* از خانواده نعناعیان (Lamiaceae) با نام‌های رایج کاکوتی کوهی یا آویشن برگ باریک، شامل گونه‌های علفی یکساله و چند ساله است. در ایران گونه‌های *Z. capitata* *Z. persica* Bunge *Z. tenuior* L.، *Z. Clinopodioides* *Z. capitata* subsp. *Capitata* L. subsp. *orientalis* (Tabaripour et al., 2018; Selvi et al., 2015) رویش دارند. این گیاه حاوی اسانس غنی پولگون است که به عنوان آرام‌بخش، مقوی معده، ضد عفونی‌کننده و در درمان سرماخوردگی، افسردگی، اسهال، سرفه، میگرن و تب مورد استفاده قرار می‌گیرد. وجود خواص دارویی متعدد در کاکوتی کوهی موجب شده است که اسانس این گیاه از نظر ترکیبات شیمیایی و اثرات دارویی به طور گسترده مورد بررسی قرار گیرد (Panahy et al., 2011; Uritu et al., 2018; Zhaparkulova et al., 2022).

کاکوتی کوهی در سنت‌های بومی ایران به عنوان گیاهی مقوی معده، ضد عفونی‌کننده روده، درمان‌کننده ناراحتی‌های گوارشی و بهبوددهنده سرماخوردگی شناخته شده است و استفاده از بخش‌های هوایی آن در تهیه دمنوش‌های محلی رایج است. حضور این گونه در اکوسیستم‌های کوهستانی، ضمن حفظ تنوع زیستی، نقش مهمی در حمایت از معیشت جوامع محلی ایفا می‌کند و دانش اتنوبوتانی مرتبط با شیوه‌های برداشت و کاربرد سنتی آن، بخشی ارزشمند از میراث فرهنگی مناطق کوهستانی به شمار می‌رود. با این حال، برداشت غیرمسئولانه و تخریب زیستگاه‌ها تهدیدی جدی برای بقای این گونه محسوب می‌شود؛ از این رو، ثبت دانش بومی، مدیریت علمی منابع و مشارکت جوامع محلی در برنامه‌های حفاظتی، ضرورتی انکارناپذیر برای تضمین پایداری این گیاه ارزشمند است.

گیاهان دارویی از جمله کاکوتی کوهی (*Ziziphora tenuior*)، به دلیل خواص درمانی و کاربردهای گسترده در صنایع غذایی، آرایشی-بهداشتی و پزشکی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. با این حال، تغییرات محیطی، شرایط اقلیمی و مراحل فنولوژیکی می‌توانند به‌طور قابل توجهی بر کمیت و کیفیت اسانس این گیاهان تأثیر بگذارند. تنوع اقلیمی ایران، به‌عنوان یکی از غنی‌ترین منابع گیاهان دارویی، فرصت مناسبی برای بررسی نقش مراحل مختلف رشد گیاه در تولید متابولیت‌های ثانویه فراهم کرده است. بر اساس نتایج مطالعات انجام شده در ایران، گونه‌هایی مانند *Ziziphora* نیازمند اقدامات حفاظتی هدفمند هستند و تلفیق دانش بومی مردم‌شناسی گیاهی با فناوری‌های نوین و بهره‌گیری از تنوع ژنتیکی بالا، می‌تواند راهکاری برای کاهش خسارات و حفاظت از ذخایر ژنتیکی گیاهان دارویی باشد (Sadat Sarvghad and Solaimani Doostabad, 2023).

کاکوتی دارای برگ‌های معطر است و در زیستگاه‌های باز و غالباً خشک در جنوب و شرق اروپا، شمال غرب آفریقا و بخش‌هایی از آسیا تا کوه‌های هیمالیا و آلتای پراکنش دارد (Dirmenci et al., 2023). مطالعات انجام‌شده بر روی گیاهان دارویی، که

پیشینه‌ای تاریخی تا به امروز دارند، اهمیت گونه‌های متنوع آنها را نشان می‌دهد. در منابع طب سنتی، به کاکوتی به‌عنوان نوعی از آویشن اشاره شده است که دارای انواع باغی، بیابانی و کوهی می‌باشد؛ به‌طوری که برگ نوع بیابانی باریک و کشیده و برگ نوع کوهی عریض و گرد است (Nourani, 2014).

تغییر در ترکیبات اسانس گیاهان دارویی در ارتباط با نوع اقلیم و شرایط جغرافیایی همواره مورد توجه پژوهشگران بوده است. در مورد سایر گیاهان دارویی نیز، تغییرات اساسی در ترکیبات اسانس در مراحل مختلف فنولوژیکی، به‌ویژه مرحله گلدهی، گزارش شده است. به عنوان مثال، Amin و همکاران (2008) در بررسی تغییرات فصلی میزان اسانس *Achillea millefolium* در شرایط اقلیمی تهران گزارش کردند که بیشترین میزان اسانس (۱/۳ درصد) در مرحله گلدهی و در اواسط اردیبهشت ماه به دست آمد.

Asgharipour و همکاران (2016) با مطالعه *Ziziphora clinopodioides* بر اساس صفات مورفولوژیکی و ترکیبات اسانس در اقلیم‌های نیمه مرطوب تا خشک استان‌های خراسان ایران، مشاهده کردند که تمایز مورفولوژیکی با موقعیت‌های اکولوژیکی محل رویش همبستگی دارد. ترکیب اسانس بین جمعیت‌ها متفاوت بود و در تمامی جمعیت‌ها، پولگون ترکیب غالب محسوب می‌شد. خوشه‌بندی مبتنی بر آنالیز اسانس، دو خوشه مجزا را نشان داد؛ به طوری که اسانس‌های جمعیت‌های نیمه‌خشک و زیر مرطوب غنی از ایزومنتون بودند، در حالی که جمعیت‌های نواحی نیمه‌خشک با مقادیر بالای پولگون مشخص شدند.

Amiri و همکاران (2019) با بررسی تأثیر عوامل اکولوژیکی بر عملکرد اسانس *Ziziphora clinopodioides* Lam در استان یزد گزارش کردند که میزان اسانس با هدایت الکتریکی (EC) و pH خاک همبستگی منفی و معنی‌داری دارد. Hiremath و همکاران (2020) در مطالعه‌ای بر گونه‌ای از *Artemisia pallens* نشان دادند که میزان اسانس از ۲۱ درصد در مرحله رویشی به ۱۰ درصد در مرحله گلدهی کاهش می‌یابد. Bakhtiar و همکاران (2021) نیز تنوع اسانس بین جمعیت‌های مختلف *Ziziphora tenuior* L. کشت شده در اقلیم نیمه خشک جنوب غرب ایران را بررسی و تفاوت‌های ژنتیکی و تنوع بین جمعیت‌ها را عامل اصلی تغییرات اسانس معرفی کردند.

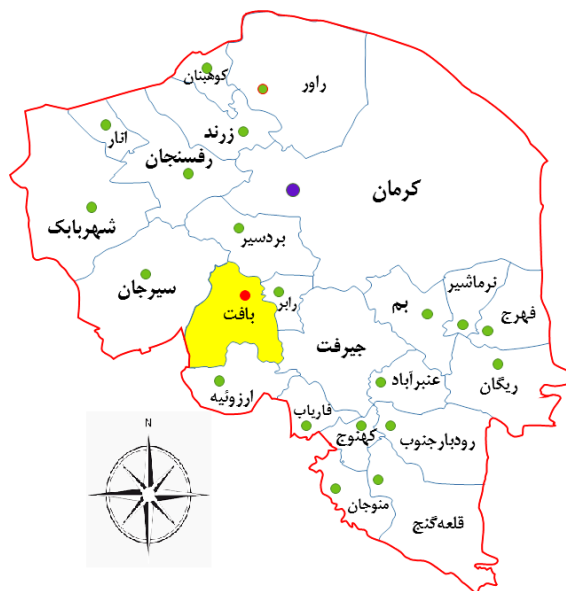
Taheri و همکاران (2023) با بررسی تنوع ترکیبات فنلی و خواص آنتی‌اکسیدانی در جمعیت‌های وحشی *Ziziphora clinopodioides* Lam مشاهده کردند که میزان مشتقات فنلی در عصاره اندام هوایی در مقایسه با ریشه به طور معنی‌داری بیشتر است و پلی‌فنل‌ها می‌توانند به عنوان شاخص‌های مناسبی برای افتراق مناطق جغرافیایی مورد استفاده قرار گیرند. Najafian (2023)، با بررسی ساختار بیوشیمیایی اسانس فرار *Ziziphora tenuior* L. مقدار اسانس استخراج‌شده از این گیاه را ۰/۴ درصد (معادل ۰/۴ گرم) گزارش کرد. ترکیبات اصلی شناسایی‌شده در آنالیز اسانس عبارت بودند از: پولگون (۱/۷۷/۲۵)، ۱-۸-سینئول (۴/۱۹٪)، لیمونن (۳/۲۲٪)، نئوایزوبولگول (۲/۸۸٪)، آلفا-پینن (۱/۱۸٪) و بتا-پینن (۱/۶۱٪). Hatami (2024) نیز با بررسی خصوصیات فیتوشیمیایی *Ziziphora tenuior* نشان داد که ترکیب ۵-متیل-۲- (۱-متیل اتیلیدن) سیکلوهگزانون (پولگون؛  $C_{10}H_{16}O$ ) بیشترین سهم را در عصاره‌ها دارد و به ترتیب ۶۲ درصد عصاره متانولی و ۸۱ درصد عصاره دی کلرومتان را تشکیل می‌دهد.

برآیند نتایج مطالعات پیشین نشان می‌دهد که ترکیبات اسانس کاکوتی تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله فصل، اقلیم، ژنتیک و شرایط اکولوژیکی دچار تغییر می‌شود. همچنین تنوع ترکیبات فنلی و خواص آنتی‌اکسیدانی کاکوتی نیز بسته به جمعیت و موقعیت جغرافیایی متفاوت است. بر این اساس، هدف اصلی پژوهش حاضر بررسی تأثیر مراحل فنولوژیکی بر خصوصیات کمی اسانس *Ziziphora tenuior* در منطقه بافت استان کرمان است. اهمیت این پژوهش در آن است که با شناسایی مرحله‌ی فنولوژیکی مناسب برای برداشت، امکان بهینه‌سازی تولید اسانس، افزایش بهره‌وری و حفظ تنوع ژنتیکی این گیاه دارویی فراهم شود. نتایج این مطالعه می‌تواند زمینه‌ساز توسعه کشت هدفمند کاکوتی کوهی و استفاده مؤثرتر از آن در صنایع دارویی و غذایی، به‌ویژه در شرایط اقلیمی استان کرمان باشد.

## مواد و روش‌ها

### معرفی منطقه مطالعاتی

به منظور بررسی تغییرپذیری خصوصیات کمی اسانس کاکوتی در مراحل فنولوژیکی، منطقه‌ای از مراتع شهرستان بافت به‌عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شد. سایت نمونه‌برداری در فاصله ۶۰ کیلومتری جاده بافت-خبر و در محدوده پارک ملی خبر (با شدت چرای متوسط) تعیین گردید. پارک ملی خبر با مساحت ۱۵۰ هزار هکتار در استان کرمان و در محدوده شهرستان بافت واقع شده است. تنوع اقلیمی این منطقه موجب رشد و گسترش گونه‌های گیاهی متعلق به رویشگاه‌های تورانیایرانی و خلیج عمانی شده است، به طوری که تاکنون حدود ۴۷۰ گونه گیاهی در این پارک شناسایی شده‌اند (Pourmirzaie, 2021). شکل ۱ موقعیت شهرستان بافت را در استان کرمان نشان می‌دهد.



شکل ۱. موقعیت شهر بافت در استان کرمان

### جمع‌آوری داده‌ها

این تحقیق با استفاده از آزمون t مستقل طراحی و اجرا شد. عامل مورد بررسی شامل مراحل فنولوژیکی قبل از گل دهی و مرحله گل‌دهی بود. به منظور اندازه‌گیری شاخص‌های مورد نظر، نمونه‌های گیاهی گونه *Ziziphora tenuior* L. به صورت جداگانه مورد بررسی قرار گرفتند. از منطقه مطالعاتی، در سطحی به مساحت یک هکتار که از نظر توپوگرافی، نوع خاک و پوشش گیاهی یکنواخت و همگن بود، تعداد ۳۰ نمونه از سرشاخه‌های گیاهی جمع‌آوری شد. به‌گونه‌ای که در مرحله قبل از گل‌دهی، نمونه‌برداری از بخش برگ‌ها و در مرحله گل‌دهی، از بخش گل به همراه برگ انجام گرفت. نمونه‌ها پس از جمع‌آوری در پاکت‌های کاغذی قرار داده شدند و به منظور جلوگیری از تخریب ترکیبات مؤثره، بدون قرارگیری در معرض نور مستقیم و جریان هوا، در کوتاه‌ترین زمان ممکن به آزمایشگاه منتقل شدند (شکل ۲). در فرآیند نمونه‌برداری، تلاش شد نمونه‌ها از مناطقی جمع‌آوری شوند که بیشترین همگنی را از نظر عوامل محیطی مانند نوع خاک، شیب، جهت جغرافیایی و سایر شرایط اکولوژیکی داشته باشند. پس از خشک کردن نمونه‌ها در شرایط سایه و هوای آزاد، وزن خشک آنها تا رسیدن به حد استاندارد تثبیت شد و سپس فرآیند استخراج اسانس انجام گرفت. به منظور تعیین میزان اسانس، از هر نمونه ۸۰ گرم توزین شد و تحت فرآیند تقطیر با آب به مدت ۳ ساعت با استفاده از دستگاه کلونجر قرار گرفت. پس از پایان زمان تقطیر، مقدار اسانس حاصل از هر تیمار در هر تکرار به‌صورت جداگانه قرائت شد و در ویال‌های مجزا جمع‌آوری گردید.

### اندازه‌گیری مشخصات کمی ترکیبات اسانس

در این تحقیق، به منظور شناسایی و تعیین مشخصات کمی ترکیبات اسانس *Ziziphora tenuior* L. از دستگاه کروماتوگرافی گازی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC/MS) استفاده شد. این دستگاه از دو بخش اصلی شامل کروماتوگرافی گازی (GC) و طیف‌سنجی جرمی (MS) تشکیل شده است که به‌صورت یکپارچه عمل می‌کنند؛ به طوری که نمونه‌ها پس از تزریق به بخش



شکل ۲. مراحل پایش و نمونه برداری گیاه کاکوتی

GC، مستقیماً وارد بخش MS می‌شوند. از این رو، این روش تنها برای ترکیبات فرار، مانند اسانس‌های گیاهی با نقطه جوش پایین، یا ترکیباتی که از طریق واکنش‌های شیمیایی یا استفاده از حلال‌های خاص قابلیت فراریت پیدا می‌کنند، قابل استفاده است (Adams, 2017).

در فرآیند آنالیز، اجزای موجود در یک مخلوط بر اساس زمان بازداری توسط ستون کروماتوگرافی از یکدیگر جدا شده و پس از حذف فاز گازی، وارد منبع یونش طیف‌سنج جرمی می‌شوند. در این مرحله، با اعمال میدان‌های الکتریکی، اجزای مخلوط بر اساس نسبت جرم به بار الکتریکی ( $m/z$ ) شناسایی و مقداردهی می‌شوند. اطلاعات حاصل از این آنالیز شامل شناسایی ترکیبات آلی، تعیین وزن مولکولی و فرمول تجربی، بررسی حضور گروه‌های عاملی و ارزیابی پایداری یون‌ها است. همچنین، طیف‌سنجی جرمی امکان تحلیل ساختار ترکیبات در فاز محلول را نیز فراهم می‌کند. به عنوان مثال، برای تعیین ساختار ترکیبات شاخه‌ای در مقیاس نانومتر (حدود ۱/۵ نانومتر)، می‌توان از تکنیک یونش الکترواسپری (ESI) در طیف‌سنجی جرمی استفاده کرد (De Hoffmann and Stroobant, 2007).

این روش به‌طور گسترده در تجزیه و تحلیل ترکیبات آلی، زیستی، پلیمری و ترکیبات حاوی نانوذرات به کار می‌رود و امکان بررسی ساختار ترکیبات بیولوژیکی در فاز محلول را فراهم می‌سازد. مهم‌ترین مزیت GC/MS نسبت به برخی روش‌های تحلیلی دیگر مانند TEM، XRD، UV-Vis، IR، رامان و TGA، سرعت بالا و حساسیت زیاد آن است؛ به گونه‌ای که شناسایی اجزای یک مخلوط در مدت زمان کوتاهی پس از تزریق نمونه به دستگاه انجام می‌شود. علاوه بر این، حتی در صورت وجود مقادیر بسیار کم از یک ترکیب (در حد پیکوگرم)، امکان شناسایی دقیق نوع و مقدار آن وجود دارد (Greer et al., 2021). همچنین، در مواردی که هویت ماده مورد آزمایش ناشناخته باشد، استفاده از GC به‌تنهایی کفایت نمی‌کند، اما اتصال آن به MS امکان شناسایی کیفی و ساختاری دقیق ترکیبات را فراهم می‌کند. در حالی که روش‌هایی مانند TEM، XRD و سایر تکنیک‌های طیف‌سنجی برای تعیین مستقیم ترکیبات مناسب نیستند، طیف‌سنجی جرمی (MS) این قابلیت را دارد که به‌صورت مستقیم در شناسایی و تعیین ساختار ترکیبات مورد استفاده قرار گیرد (Watson and Sparkman, 2007).

## تحلیل آماری

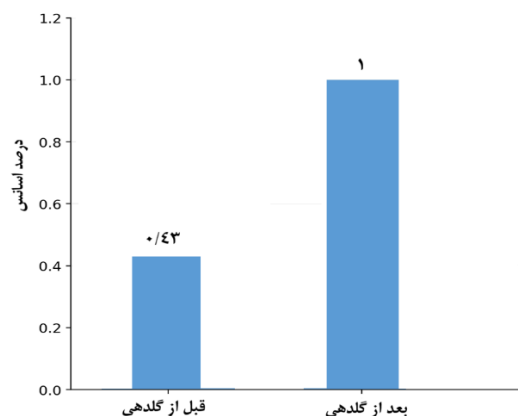
در مرحله نهایی، داده‌های جمع‌آوری شده ابتدا وارد نرم‌افزار Excel شد و پس از انجام پردازش‌های اولیه، به نرم‌افزار آماری SPSS منتقل گردید. سپس آمارهای توصیفی شامل میانگین، حداقل، حداکثر، واریانس، انحراف معیار و خطای استاندارد محاسبه شد. همچنین، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون t مستقل در سطح معنی‌داری ۰/۰۱ انجام گرفت (Field, 2024). در نهایت، ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

## نتایج

اسانس‌های استخراج‌شده از ۳۰ نمونه گیاهی *Ziziphora tenuior* با استفاده از دستگاه کلونجر به‌دست آمد و پس از انجام فرآیند آب‌گیری، داده‌های حاصل مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. نتایج میانگین درصد اسانس و ترکیبات شناسایی‌شده در مراحل فنولوژیکی قبل از گلدهی (B.F.) و بعد از گلدهی (A.F.) در جدول ۱ ارائه شده است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، در مرحله بعد از گلدهی، مقادیر ترکیبات 1,8-Cineole, Piperitone, Menthyl acetate, Piperitenone,  $\beta$ -Bourbonene نسبت به مرحله قبل از گلدهی کاهش معنی‌داری نشان دادند. در مقابل، درصد اسانس کل و ترکیباتی نظیر  $\alpha$ -Thujene, Camphene,  $\beta$ -Pinene, Myrcene, (E)- $\beta$ -Ocimene,  $\gamma$ -Terpinene, P-menth-3-en-8-ol, Pulegone و Spathulenol در مرحله بعد از گلدهی افزایش معنی‌دار داشتند. نتایج همچنین نشان داد که ترکیبات Sabinene, Terpinen-4-ol, Bornyl acetate و Germacrene D بین دو مرحله فنولوژیکی قبل و بعد از گلدهی تفاوت معنی‌داری نداشتند. به‌طور کلی، تغییرات مشاهده‌شده در ترکیبات اسانس نشان‌دهنده تأثیر قابل‌توجه مرحله فنولوژیکی بر کمیت و کیفیت اسانس *Ziziphora tenuior* L. است. افزایش درصد اسانس و برخی ترکیبات مهم به‌ویژه *Pulegone* در مرحله بعد از گلدهی می‌تواند بیانگر فعال‌تر شدن مسیرهای متابولیکی مرتبط با سنتز مونوترپن‌ها در این مرحله باشد. این نتایج با گزارش‌های پیشین مبنی بر تأثیر مراحل رشدی گیاه بر ترکیبات اسانس همخوانی دارد و اهمیت انتخاب زمان مناسب برداشت گیاه را برای دستیابی به بیشترین مقدار و کیفیت اسانس تأیید می‌کند.

جدول ۱. مقایسه میانگین درصد اسانس و ترکیبات آن در گیاه کاکوتی قبل و بعد از گلدهی

| درصد اسانس و ترکیبات  | بعد از گلدهی | قبل از گلدهی |
|-----------------------|--------------|--------------|
| اسانس                 | ۱/۰          | ۰/۴۲۷        |
| $\alpha$ -Thujene     | ۰/۷          | ۰/۴۱۳        |
| $\alpha$ -Pinene      | ۲/۳۶۷        | ۲/۵۱۳        |
| Camphene              | ۰/۴۶۷        | ۰/۰۴۷        |
| Sabinene              | ۳/۶          | ۳/۰۱۳        |
| $\beta$ -Pinene       | ۴/۰۲         | ۳/۳۱         |
| Myrcene               | ۲            | ۰/۰۴۷        |
| 1,8-Cineole           | ۹/۳۳۳        | ۲۷/۰۵        |
| (E)- $\beta$ -Ocimene | ۶/۶۶۷        | ۰/۰۰۷        |
| $\gamma$ -Terpinene   | ۱/۶          | ۱/۰۴۷        |
| P-menth-3-en-8-ol     | ۱۲           | ۴/۰۷         |
| Terpinen-4-ol         | ۱۱/۳۳        | ۱۱/۳۸        |
| Pulegone              | ۳۳           | ۱۴/۳۸        |
| Piperitone            | ۰/۲۳۳        | ۱/۰۱۳        |
| Bornyl acetate        | ۰/۶۶۷        | ۰/۶۱۳        |
| Menthyl acetate       | ۰/۷۶۷        | ۵/۴۴۷        |
| Piperitenone          | ۱/۶          | ۱۵/۳۸        |
| $\beta$ -Bourbonene   | ۰/۱۳۳        | ۰/۱۸         |
| Germacrene D          | ۲/۶۶۷        | ۲/۳۸         |
| Spathulenol           | ۳/۵۹۷        | ۰/۸۴۷        |



شکل ۳. مقایسه میانگین درصد اسانس گیاه کاکوتی قبل و بعد از گلدهی.

نتایج شکل ۳ نشان داد که میزان اسانس نمونه‌های کاکوتی برداشت شده در مرحله قبل از گلدهی، در اغلب موارد به‌طور معنی‌داری کمتر از نمونه‌های مربوط به مرحله گلدهی است. بر اساس داده‌های به‌دست‌آمده، مقدار اسانس در مرحله گلدهی نسبت به قبل از گلدهی تقریباً دو برابر افزایش یافت و میانگین آن از ۰/۴۳ به حدود ۱ درصد رسید. این افزایش قابل توجه نشان‌دهنده تأثیر مستقیم مرحله فنولوژیکی بر کمیت اسانس گیاه *Ziziphora tenuior* L. است.

نتایج جدول ۲ که در سطح معنی‌داری ۰/۰۱ حاصل شده‌اند، نشان داد که زمان برداشت (قبل و بعد از گلدهی) به‌تنهایی اثر معنی‌داری بر درصد اسانس و ترکیبات اصلی آن دارد. پولگون به‌عنوان مهم‌ترین ماده مؤثره اسانس کاکوتی شناسایی شد و همراه با ترکیبات *Pulegone*، *P-menth-3-en-8-ol* و  $(E)-\beta$ -Ocimene در مرحله گلدهی افزایش معنی‌داری را نشان داد. این یافته‌ها بیانگر آن است که با افزایش سن گیاه و ورود به مرحله گلدهی، مسیرهای بیوسنتزی مرتبط با تولید متابولیت‌های ثانویه به‌ویژه مونوترپن‌ها فعال‌تر می‌شوند. در این پژوهش، مجموعاً ۲۰ ترکیب در اسانس کاکوتی در منطقه بافت شناسایی شد که در مرحله گلدهی، ۶ ترکیب اصلی در مجموع ۶۱/۳۳۳ درصد از کل ترکیبات اسانس را به خود اختصاص دادند. افزایش مقدار اسانس کل در مرحله گلدهی با نتایج گزارش شده توسط Amin و همکاران (2008) همخوانی دارد که بیشترین میزان اسانس را در مرحله گلدهی گزارش کردند. این افزایش احتمالاً ناشی از تغییرات فیزیولوژیکی گیاه، افزایش فعالیت غدد ترشحی و تولید بیشتر ترکیبات فرار در این مرحله است. مطالعه Bakhtiar و همکاران (2021) نیز تفاوت‌های ژنتیکی و تنوع بین جمعیت‌ها را به عنوان عامل مؤثر در تغییر ترکیبات اسانس معرفی کرده‌اند، در حالی که Amiri و همکاران (2019) به ارتباط منفی خصوصیات خاک، به ویژه *EC* و *pH*، با میزان اسانس اشاره نموده‌اند. در پژوهش حاضر، بیشترین درصد ترکیب *Pulegone* در مرحله گلدهی مشاهده شد که با نتایج Asgharipour و همکاران (2016)، Taheri و همکاران (2023) و Najafian (2023) در اقلیم‌های مختلف ایران مطابقت دارد. این مطالعات همچنین بر نقش موقعیت‌های اکولوژیکی و تمایز مورفولوژیکی در تغییرات درصد اسانس تأکید داشته‌اند. افزایش ترکیب *P-menth-3-en-8-ol* در مرحله گلدهی می‌تواند نشان‌دهنده نقش این ترکیب در فرآیندهای فیزیولوژیکی مرتبط با تولیدمثل گیاه باشد. همچنین، افزایش چشمگیر  $(E)-\beta$ -Ocimene پس از گلدهی احتمالاً با نقش آن در جذب گرده‌افشان‌ها یا مکانیسم‌های دفاعی گیاه در این مرحله ارتباط دارد. در مقابل، کاهش غلظت ترکیبات 1.8-Cineole و Piperitone پس از گلدهی می‌تواند بیانگر کاهش اهمیت این ترکیبات در مرحله گلدهی نسبت به مراحل اولیه رشد باشد.

جدول ۲. آنالیز واریانس داده‌های اسانس و ترکیبات اصلی در گیاه کاکوتی

| رشد | مقادیر p-value | صفت                      |
|-----|----------------|--------------------------|
| ▲   | ۰/۰۰۵۳**       | محتوی اسانس              |
| ▲   | ۰/۰۰۷۵**       | <i>Pulegone</i>          |
| ▲   | ۰/۰۰۲۰**       | <i>P-menth-3-en-8-ol</i> |
| ▼   | ۰/۰۰۸۳**       | 1.8-Cineole              |
| ▲   | ۰/۰۰۷۵**       | $(E)-\beta$ -Ocimene     |
| ▼   | ۰/۰۰۶۵**       | Piperitone               |

\*\* معنی‌دار در سطح ۰/۰۱

## نتیجه گیری

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر مراحل فنولوژیکی بر خصوصیات کمی اسانس گیاه دارویی کاکوتی در منطقه شهرستان بافت استان کرمان انجام شد. نتایج نشان داد که میزان اسانس کل در مرحله گلدهی نسبت به قبل از گلدهی به طور معنی داری افزایش می یابد. این افزایش احتمالاً ناشی از تغییرات فیزیولوژیکی گیاه و افزایش تولید ترکیبات فرار در مرحله گلدهی است. همچنین، تفاوت های مشاهده شده در ترکیبات اصلی اسانس بیانگر نقش مهم مراحل رشدی و شرایط اقلیمی از آغاز رشد تا پس از گلدهی در تنوع شیمیایی این گیاه می باشد. بر اساس نتایج، ترکیبات *Pulegone*،  $(E)\text{-}\beta\text{-Ocimene}$  و *P-menth-3-en-8-ol* در مرحله گلدهی افزایش معنی داری داشتند، در حالی که غلظت ترکیباتی مانند *Cineole-1,8* و *Piperitone* کاهش یافت. این تغییرات می تواند نشان دهنده نقش متفاوت ترکیبات اسانس در فرآیندهای دفاعی و جذب حشرات در مرحله گلدهی باشد و همچنین تحت تأثیر عواملی مانند کیفیت خاک، EC، pH و شرایط اقلیمی قرار گیرد.

در مجموع، نتایج نشان داد که اسانس نمونه های کاکوتی برداشت شده قبل از گلدهی به مراتب کمتر از نمونه های برداشت شده در مرحله گلدهی است. با افزایش سن گیاه و انتقال از مرحله قبل از گلدهی به مرحله گلدهی، میزان اسانس به طور معنی داری افزایش یافت. از این رو، با توجه به اهمیت اسانس کاکوتی و بیشینه بودن مقدار آن در مرحله گلدهی در منطقه مورد مطالعه، توصیه می شود برداشت این گیاه در مرحله گلدهی انجام شود. علاوه بر این، انجام مطالعات تطبیقی در مناطق مختلف ایران می تواند به شناسایی شرایط بهینه محیطی برای کشت، تولید و بهره برداری پایدار از این گیاه دارویی ارزشمند کمک کند.

## منابع

- پورمیرزایی، احمد (۱۴۰۰). معرفی پارک ملی خبر به عنوان تنها پارک ملی جنوب شرق کشور و پناهگاه حیات وحش روچون. طبیعت ایران، ۶ (۵)، ۹۱-۱۰۰.
- سادات سروقد، اکرم؛ و سلیمانی، اکبر (۱۴۰۱). بررسی ترکیبات شیمیایی گیاه دارویی کاکوتی (*Ziziphora clinopodioides* Lam) و نقش آن در درمان بیماری ها. پژوهش های کشاورزی و محیط زیست پایدار، ۳ (۴)، ۳۷-۴۰.
- نورانی، مصطفی (۱۳۹۳). دایرةالمعارف بزرگ طب اسلامی. تهران: مبین اندیشه.

## References

- Adams, R. P. (2017). Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry (5th Ed.). Texensis Publishing.
- Amin, G., Sourmaghi, M. S., Azizzadeh, M., Yassa, N., & Asgari, T. (2008). Seasonal variation of the essential oil composition of cultivated yarrow in Tehran-Iran. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 11(6), 628–633. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2008.10643678>
- Amiri, F., Gholipouri, A., Kheirkhah, M., & Mirjalili, M. H. (2019). Study on ethnobotany and the effect of ecological factor on the yield of essential oil of *Ziziphora clinopodioides* Lam. (case study: Yazd Province). *Journal of Medicinal Plants and By-Products*, 8(2), 189–199. <https://doi.org/10.22092/jmpb.2019.120497>
- Asgharipour, M. R., Abjahan, A. A., & 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(1), 189–194. <https://doi.org/10.15835/nbha44110118>
- Bączek, K., Kosakowska, O., Przybył, J. L., & Węglarz, Z. (2016). Accumulation of phenolic compounds in the purple betony herb (*Stachys officinalis* L.) originated from cultivation. *Herba Polonica*, 62(2), 7–16. <https://doi.org/10.1515/hepo-2016-0007>
- Bakhtiar, A., Khaghani, S., Ghasemi Pirbalouti, A., Gomarian, M., & Chavoshi, S. (2021). Essential oil variation among different populations of *Ziziphora tenuior* L. cultivated at semiarid climate. *Journal of Essential Oil Research*, 33(4), 385–393. <https://doi.org/10.1080/10412905.2021.1909666>
- Boostani, H. R., & Mahmoodi, A. (2024). Mineral content of some famous medicinal plants grown in Darab region, Southern Iran. *Journal of Plant Process and Function*, 12(58), 61–66. <http://dx.doi.org/DOI:%2010.22034/12.58.61>
- De Hoffmann, E., & Stroobant, V. (2007). *Mass spectrometry: Principles and applications*. John Wiley & Sons.
- Dirmenci, T., Haloob, A., Celep, F., & Ghazanfar, S. A. (2023). Contributions to *Ziziphora clinopodioides* (Lamiaceae) in Turkey and Iraq. *Phytotaxa*, 592(3), 279–293. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.592.3.6>
- Field, A. (2024). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics*. Sage Publications Limited.
- Greer, B., Chevallier, O., Quinn, B., Botana, L. M., & Elliott, C. T. (2021). Redefining dilute and shoot: The evolution of the technique and its application in the analysis of foods and biological matrices by liquid chromatography mass spectrometry. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 141, 116284. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2021.116284>
- Hatami, A. (2024). Phytochemical characterisation of dichloromethane and methanolic extracts of the *Ziziphora tenuior* leaves and evaluation of their antioxidant and antibacterial activities. *Natural Product Research*, 1–8. <https://doi.org/10.1080/14786419.2024.2386127>
- Hazrati, S., Govahi, M., Sedaghat, M., & Kashkooli, A. B. (2020). A comparative study of essential oil profile, antibacterial and antioxidant activities of two cultivated *Ziziphora* species (*Z. clinopodioides* and *Z. tenuior*). *Industrial Crops and Products*, 157, 112942. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112942>
- Hiremath, C., Yadav, M. K., Swamy Gowda, M. R., Kumar, A. N., & Srinivas, K. V. N. (2020). Influence of growth stage on essential oil content and major chemical constituents of *Artemisia pallens* Bess. *Trends in Phytochemical Research*, 4(2), 85–92. <https://dorl.net/dor/20.1001.1.25883623.2020.4.2.5.9>
- Kant, R., & Kumar, A. (2022). Review on essential oil extraction from aromatic and medicinal plants: Techniques, performance and economic analysis. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 30, 100829. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2022.100829>
- Mehalaine, S., & Chenchouni, H. (2021). Quantifying how climatic factors influence essential oil yield in wild-growing plants. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(13), 1257. <https://doi.org/10.1007/s12517-021-07582-6>
- Mohammadhosseini, M. (2017). The ethnobotanical, phytochemical and pharmacological properties and medicinal applications of essential oils and extracts of different *Ziziphora* species. *Industrial Crops and Products*, 105, 164–192. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.05.009>

- Najafian, S. (2023). Phytochemical properties, volatile components, and herbage yield from leaves of Kakuti. *Journal of Medicinal Plants and By-Products*, 13(1), 1–9. <https://doi.org/10.22092/jmpb.2022.358659.1474>
- Nazari, M., Ghasemi-Soloklui, A. A., Kordrostami, M., & Latef, A. A. H. A. (2023). Deciphering the response of medicinal plants to abiotic stressors: A focus on drought and salinity. *Plant Stress*, 100255. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2023.100255>
- Nourani, M. (2014). *The great encyclopedia of Islamic medicine*. Mobin Andisheh. (in Persian)
- Panahy, J., Teymurzadeh, A., & Panahy, A. (2011, November). An ethnobotanical survey in southern slopes of Sabalan Mountain. In International Symposium on Medicinal and Aromatic Plants IMAPS2010 and History of Mayan Ethnopharmacology IMAPS2011 (Vol. 964, pp. 13–21).
- Pant, P., Pandey, S., & Dall'Acqua, S. (2021). The influence of environmental conditions on secondary metabolites in medicinal plants: A literature review. *Chemistry & Biodiversity*, 18(11), e2100345. <https://doi.org/10.1002/cbdv.202100345>
- Pourmirzaie, A. (2021). The Khabr National Park and Rouchun Wildlife as the only national park in the southeast of the country. *Iran Nature*, 6(5), 91–100. <https://doi.org/10.22092/irn.2021.355830.1405> (in Persian)
- Sadat Sarvghad, A., & Solaimani Doostabad, A. (2023). Investigation of the chemical compounds of the medicinal plant *Ziziphora clinopodioides* Lam and its role in the treatment of diseases. *Journal of Agriculture and Sustainable Environment Research*, 3(4), 27-40. (in Persian)
- Selvi, S., Satil, F., Martin, E., Çelenk, S., & Dirmenci, T. (2015). Some evidence for infrageneric classification in *Ziziphora* L. (Lamiaceae: Mentheae). *Plant Biosystems—An International Journal Dealing with All Aspects of Plant Biology*, 149(2), 415–423. <https://doi.org/10.1080/11263504.2013.853701>
- Tabaripour, R., Sheidai, M., Talebi, S. M., & Noormohammadi, Z. (2018). Genetic divergence and speciation within *Ziziphora capitata* (Lamiaceae): Molecular and micromorphological evidences. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 19(2), 697–705. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d190250>
- Taheri, A., Ganjeali, A., Arefi-Oskouie, A., Çirak, C., & Cheniany, M. (2023). The variability of phenolic constituents and antioxidant properties among wild populations of *Ziziphora clinopodioides* Lam. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 29(2), 221–237. <https://doi.org/10.1007/s12298-023-01283-y>
- Uritu, C. M., Mihai, C. T., Stanciu, G. D., Dodi, G., Alexa-Stratulat, T., Luca, A., Leon-Constantin, M. M., Stefanescu, R., Bild, V., Melnic, S., & Tamba, B. I. (2018). Medicinal plants of the family Lamiaceae in pain therapy: A review. *Pain Research and Management*, 2018, 7801543. <https://doi.org/10.1155/2018/7801543>
- Watson, J. T., & Sparkman, O. D. (2007). *Introduction to mass spectrometry: Instrumentation, applications, and strategies for data interpretation*. John Wiley & Sons.
- Zhaparkulova, K., Karaubayeva, A., Sakipova, Z., Biernasiuk, A., Gawel-Bęben, K., Laskowski, T., Kusniyeva, A., Omargali, A., Bekezhanova, T., Ibragimova, L., & Ibadullayeva, G. (2022). Multidirectional characterization of phytochemical profile and health-promoting effects of *Ziziphora bungeana* Juz. Extracts. *Molecules*, 27(24), 8994. <https://doi.org/10.3390/molecules27248994>