Research Article

Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research DOI: 10.22092/ijrfpbgr.2025.369312.1475

Vol. 32, No. 2, Page 214-230 (2025)

Evaluation of yield and essential oil stability (GGE biplot) in 11 genotypes of *Thymus lancifolius* Celak across 13 locations of Iran.

A.A. Jafari [1*], E. Sharifi Ashourabadi [1], H. Maddah Arefi [2], H. Zainali[2], A. Safarnejad[3], A. Pourmeidani[4], A. Abdi Ghazijahani[5], N.A. Salar [6], A. Mousavi[7], A. Zarezadeh[8], M.A. Dori[9], M. Bakhtiari Ramezani[10], M.R. Sadeghi Manesh[11], M. Zare[12], A. Samadzadeh[13].

1*Corresponding author, Professor, Research Institute of Forests and Rangelands (AREEO), Tehran, Iran, Email: aliashrafj@gmail.com.
2 Associate Prof., Research Institute of Forests and Rangelands (AREEO), Tehran, Iran.
3 Associate Prof., Agricultural and Natural Resources Research Center of Khorasan Razavi (AREEO), Mashhad, Iran.
4 Assistant Prof., Agricultural and Natural Resources Research Center of Qom (AREEO), Qom, Iran.
5 Assistant Prof., Agricultural and Natural Resources Research Center of East Azarbaijan (AREEO), Tabriz, Iran.
6 Research instructor, Agricultural and Natural Resources Research Center of Zanjan (AREEO), Zanjan, Iran.
7 Research instructor, Agricultural and Natural Resources Research Center of Yazd (AREEO), Yazd, Iran.
8 Research instructor, Agricultural and Natural Resources Research Center of Golestan (AREEO), Gorghan, Iran.
9 Researcher, Research Institute of Forests and Rangelands (AREEO), Tehran, Iran.
10 Researcher, Agricultural and Natural Resources Research Center of Hamadan (AREEO), Hamadan, Iran.
11 Researcher, Agricultural and Natural Resources Research Center of Yazd (AREEO), Yazd, Iran.
12 Researcher, Agricultural and Natural Resources Research Center of Ardebil (AREEO), Ardebil, Iran.

Received: 31/08/2024 Revised: 10/10/2024 Accepted: 28/12/2025

Abstract

Background and Objectives

Thymus L. species (Lamiaceae family) are among the most important medicinal and aromatic plants, showcasing significant morphological, genetic, and phytochemical diversity. *Thymus lancifolius* Celak is one of the endemic species of Thymus in Iran, valued for its high concentration of phenolic compounds, which contribute to its economic and medicinal significance. The objective of this study was to cultivate, evaluate, and identify high-yielding and stable genotypes in terms of aerial dry matter yield and essential oil yield using the GGE-biplot method.

Materials and Methods

In the evaluation of thyme germplasm in the national botanical garden at the Research Institute of Forest and Rangeland, Tehran, eleven genotypes of *Th. Lancifolius* was identified. The seeds of genotypes were sown in pots in a greenhouse. The seedlings were moved to the field in 13 research farms in the provinces of East Azerbaijan, Isfahan, Razavi Khorasan, Zanjan, Qom, Markazi, Hamadan, Golestan, Yazd, Semnan, Ardabil, and Tehran (Botanical Garden and Damavand-Hamand Absard). The seedlings were transplanted in the field under dripping irrigation as spaced plants with the arrangement of 75×75 cm (15 plants per plot) based on randomized complete block designs with three replications in April 2009. No data were recorded

Copyright: © 2025 by the authors. This is an open access, peer-reviewed article published by Research Institute of Forests and Rangelands (http://ijrfpbgr.areeo.ac.ir//) and distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

in the establishment year. In the second and third years, at the time of the 50% flowering stage, thyme plants were harvested and dried under shade conditions. The hydro-distillation method extracted the essential oil from the dried and powdered shoots using a Clevenger design apparatus for three hours. All collected data, including aerial dry matter yield, essential percentage, and oil yield, were subjected to analysis of variance. The mean of genotypes was compared with the control (*Thymus vulgaris*) using LSD ($p<0.05$). Since the result of the analysis of variance showed significant effects of genotype, environment, and genotype by environment interaction for all the traits. GGE biplot analysis was employed to evaluate the yield stability over 13 locations using R4.5 software.

Results

A high value aerial DM yield (1627 kg/h/year) was obtained in genotype 48, which had no significant difference with the control (*Th vulgaris*). Whereas, DM yields of the other genotypes were significantly lower than the control, and they were ranked in the second class. For essential oil percentage, the trend was different, and half of the genotypes had significantly higher essential oil percentages than the control. The highest essential oil percentage, with values of 1.71 and 1.62%, was obtained in genotypes 1 and 45, respectively, which were significantly higher than the control (1.04%). For essential oil yield, the average values of 22.8, 22.3, 24.1, and 23.9 kg/h were obtained in genotypes 1, 45, 48, and 61, respectively, which were significantly higher than the control (19.1 Kg/h). A stability analysis was made for functional traits using the average environment coordination (AEC) axis with an ideal genotype; the stable genotypes were recognized over all environments. For aerial DM yield, genotypes 45 and 48 and the control, for essential oil percentage, genotypes 1 and 45, and for essential oil yield, genotypes 1, 41, 45 and 48, were close to the AEC axis, and they were recognized as a stable genotype over all environments.

Conclusion

According to the results of the combined analysis of variance and stability using the GGE biplot method, three genotypes, 1 (Farahan), 45 (Freydonshahr), and 48 (Khoramabad), were selected as superior genotypes for evaluation in extension research projects and seed production due to their high DM yield, essential oil content and essential oil yield, and general stability of yield in multiple locations.

Keywords: *Thymus lancifolius*, Aerial dry matter, Essential oil, Stability analysis.

ارزیابی پایداری عملکرد سرشاخه و بازده اسانس در ۱۱ ژنوتیپ آویشن برگ نیزه‌ای (*Thymus lancifolius* Celak.) در ۱۳ مکان به روش بای‌پلات GGE

علی‌اشرف جعفری[۱*]، ابراهیم شریفی‌عاشورآبادی[۱]، حسن مداح عارفی[۲]، حسین زینلی[۲]، عباس صفرنژاد[۳]، عباس پورمیدانی[۴]، اکبر عبدی‌قاضی‌جهانی[۵]، نجاتعلی سالار[۶]، احمد موسوی[۷]، عباس زارع‌زاده[۸]، محمدعلی دری[۹]، محمد بختیاری‌رمضانی[۱۰]، محمدرضا صادقی‌منش[۱۱]، مصطفی زارع[۱۲] و علی صمدزاده[۱۳]

۱*- نویسنده مسئول، استاد پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
پست‌الکترونیک: aliashrafj@gmail.com
۲- دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
۳- دانشیار پژوهش، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران
٤- استادیار پژوهش، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی قم، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، قم، ایران
٥- استادیار پژوهش، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان‌شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران
٦- استادیار پژوهش، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سمنان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سمنان، ایران
۷- مربی پژوهش، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران
۸- مربی پژوهش، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران
۹- مربی پژوهش، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران
۱۰- کارشناس پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
۱۱- کارشناس پژوهش، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران
۱۲- کارشناس پژوهش، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران
۱۳- کارشناس پژوهش، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل، ایران

تاریخ دریافت: ۱٤۰۳/۰٦/۱۰ تاریخ اصلاحات نهایی: ۱٤۰۳/۰۷/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱٤۰۳/۱۰/۰۸

چکیده

سابقه و هدف

گونه‌های جنس آویشن (Thymus L.) از خانواده نعناع (Lamiacea)، از مهمترین گونه‌های دارویی و معطر محسوب می‌شوند که از تنوع مورفولوژیک، ژنتیک و فیتوشیمیایی برخوردار هستند. آویشن برگ نیزه‌ای (Thymus lancifolius Celak.) یکی از گونه‌های انحصاری جنس آویشن در ایران است که به‌علت داشتن ترکیبات فنولی بالا، از ارزش اقتصادی و دارویی زیادی برخوردار است. کشت، ارزیابی و شناسایی جمعیت‌های پرمحصول و پایدار این گونه از لحاظ عملکرد سرشاخه گلدار و بازده اسانس از اهداف این مطالعه است.

مواد و روش‌ها

در ارزیابی مقدماتی کلکسیون ذخایر ژنتیکی آویشن در مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور در سال ۱۳۸۷، تعداد ۱۱ ژنوتیپ آویشن برگ نیزه‌ای Th. Lancifolius شناسایی شدند. بذر ژنوتیپ‌ها و شاهد (آویشن باغی *Thymus vulgaris*)، ابتدا در سینی‌های پلاستیکی در گلخانه کشت گردیدند. نشاءها در بهار ۱۳۸۸ به مزرعه در ۱۳ ایستگاه تحقیقاتی در استان‌های آذربایجان‌شرقی، اصفهان، خراسان رضوی، زنجان، قم، مرکزی، همدان، گلستان، یزد، سمنان، اردبیل و تهران (باغ گیاه‌شناسی و دماوند- همند آبسرد) منتقل و در

Copyright: © 2025 by the authors. This is an open access, peer-reviewed article published by Research Institute of Forests and Rangelands (http://ijrfpbgr.areeo.ac.ir//) and distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۲ تکرار در شرایط آبی کشت شدند. هر کرت شامل ۱۵ بوته بود که در سه ردیف ۵تایی به فواصل ۷۵ × ۷۵ سانتی‌متر بود. در سال استقرار یادداشت‌برداری به عمل نیامد و در سال‌های دوم و سوم در مرحله گلدهی کامل، برداشت سرشاخه انجام شد و اسانس گیاهان در مرحله گلدهی کامل به روش تقطیر با آب استخراج شد. داده‌های عملکرد ماده خشک سرشاخه، بازده اسانس و عملکرد اسانس در هکتار مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند و میانگین ژنوتیپ‌ها با روش LSD با شاهد مقایسه شدند. با توجه به معنی‌دار بودن اثرهای محیط، ژنوتیپ و اثرمتقابل ژنوتیپ در محیط، تجزیه پایداری ژنوتیپ‌ها در ۱۳ محیط به روش بای‌پلات GGE با استفاده از نرم‌افزار R4.5 انجام شد.

نتایج

نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد سرشاخه با ۱۶۲۷ کیلوگرم در هکتار در سال در ژنوتیپ ۴۸ بدست آمد که از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت. در حالی که عملکرد سرشاخه بقیه ژنوتیپ‌ها از عملکرد شاهد کمتر بود و همگی در کلاس b قرار گرفتند. از لحاظ درصد اسانس روند کاملاً متفاوت بود و بیش از نیمی از ژنوتیپ‌ها، به‌طور معنی‌داری، میانگین بازده اسانس بیشتری نسبت به شاهد داشتند. بیشترین درصد اسانس با ۱/۷۱ و ۱/۶۲ درصد به ترتیب در ژنوتیپ‌های ۱ و ۴۵ بدست آمد که از لحاظ آماری نسبت به میانگین اسانس شاهد (۱/۰۴ درصد) بیشتر بود. میانگین عملکرد اسانس ژنوتیپ‌های ۱، ۴۵، ۴۸ و ۶۱ به ترتیب ۲۲/۸، ۲۲/۳، ۲۴/۱ و ۲۳/۹ کیلوگرم در هکتار بود که از لحاظ آماری برتری معنی‌داری نسبت به شاهد (۱۹/۱ کیلوگرم در هکتار) داشتند. برای تعیین پایداری ژنوتیپ‌ها، به روش بای‌پلات GGE از خط مختصات میانگین محیط (AEC) استفاده شد. برای عملکرد سرشاخه، ژنوتیپ‌های ۴۵ و ۴۸ و شاهد، برای درصد اسانس ژنوتیپ‌های ۱ و ۴۵ و برای عملکرد اسانس ژنوتیپ‌های ۱ و ۴۱، ۴۵ و ۴۸، علاوه بر عملکرد بالا در موقعیت نزدیک به ژنوتیپ مطلوب فرضی روی خط AEC قرار گرفتند و پایداری عمومی در همه مکان‌ها داشتند.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج، تجزیه واریانس مرکب و تجزیه پایداری به روش بای‌پلات GGE، سه ژنوتیپ کد۱ (فراهان)، ۴۵ (فریدونشهر) و ۴۸ (خرم آباد) به‌دلیل میانگین بالای عملکرد سرشاخه، بازده اسانس و عملکرد اسانس و پایداری عمومی عملکرد در مکان‌های متعدد به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر برای ارزیابی در پروژه‌های تحقیقی ترویجی و تولید بذر انتخاب شدند.

واژه‌های کلیدی: آویشن برگ نیزه‌ای، عملکرد سرشاخه، بازده اسانس، تجزیه پایداری

مقدمه

جنس آویشن(Thymus) تیره نعناعیان (Lamiaceae) دارای گونه‌های متعددی است که از آنها در صنایع دارویی، غذایی و آرایشی بهداشتی استفاده می‌شود. براساس فلور ایران (Jamzad, 2012)، سردة آویشن در ایران دارای ۱۸ گونه است که از بین آنها، آویشن برگ نیزه‌ای Thymus lancifolius Celak. یکی از زیر گونه‌های آویشن دنایی و از گونه‌های انحصاری کشور است که در شمال‌غرب، غرب، مرکز و جنوب استان فارس پراکنش دارد (Jamzad, 2012) .

این گونه گیاهی چندساله با برگ‌های تخم‌مرغی و گلهای قرمز متمایل به صورتی می‌باشد (Mozaffarian, 2007).

اسانس گونه‌های مختلف آویشن در صنایع مختلف غذایی، دارویی، آرایشی و بهداشتی استفاده می‌گردد و دارای خواص ضد اسپاسم، بادشکن، ضد قارچ، ضدعفونی کننده و خلط‌آور است (Safai et al., 2017) . ترکیبات عمده اسانس آویشن‌ها، تیمول و کارواکرول می‌باشد (Sajjadi and Khatamsaz, 2003).

گیاه آویشن طی سالیان متمادی در رویشگاه‌های اصلی خود به علت تراکم زیاد، تیپ‌های آویشن را تشکیل می‌داده اما به علت چرای مفرط دام و بهره‌برداری بیش از حد انسان در بیشتر مراتع رویشگاه این گونه‌ها به شدت تخریب شده است و تنها در لابه‌لای بوته‌های خاردار گون و چوبک قرار دارند. برای کاهش فشار بر رویشگاه‌های طبیعی آویشن دو

راهکار وجود دارد. اولین راهکار غنی‌سازی رویشگاه‌های طبیعی با استفاده از بذرپاشی و بوته‌کاری همراه عملیات مکانیکی مانند کپه‌کاری گونه‌های بومی همان منطقه و راهکار دوم کشت و اهلی‌سازی گیاه آویشن در اراضی کشاورزی است. موفقیت پژوهشگران به‌نژادی به میزان تنوع موجود در گیاهان زراعی و خویشاوندان آنها بستگی دارد. به عبارتی مواد ژنتیکی، گنجینه با ارزشی هستند که اساس کار به‌نژادگر را بنیان می‌نهند (Zeinali, 2003).

مطالعه انجام‌شده توسط Akbarinia و همکاران (۲۰۱۰) در مورد میزان عملکرد سرشاخه آویشن‌دنایی‌کشت شده در قزوین نشان دادند که عملکرد سرشاخه آویشن با افزایش سن گیاه روند افزایشی داشت، به‌طوری‌که عملکرد سرشاخه خشک در سال‌های اول، دوم و سوم، به‌ترتیب ۱۵۶۸، ۲۱۷۶ و ۲۷۵۰ کیلوگرم در هکتار بود. Shamsi Mahmoudabadi و همکاران (۲۰۱۱) در کشت و ارزیابی سه گونه آویشن دنایی *Thymus daenensis*، آویشن آناتولی *Th. fallax* و آویشن باغی *T vulgaris* در شرایط استان یزد، تنوع معنی‌داری از لحاظ عملکرد اسانس در زمان گلدهی گزارش نمودند. گونه دنایی از نظر میزان تولید اسانس در سطح بالاتری نسبت به دو گونه دیگر قرار داشت.

Zarezadeh و همکاران (۲۰۱۲) در آزمایش تنش شوری بر روی جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه چهار گونه آویشن، تحمل به شوری گونه‌ها را به ترتیب *Th. migricus*، *Th. vulgaris*، *Th. fallax* و *Th. daenensis* گروه‌بندی کرد. Karimi و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی با بررسی تأثیر زمان برداشت بر کمیت و کیفیت اسانس دو گونه آویشن *Th. armeniacus* و *Th. lancifolius* در استان چهارمحال و بختیاری به این نتیجه رسیدند که در مرحله کامل گلدهی، این دو گونه دارای بیشترین اسانس بودند و بیشترین مقدار تیمول در مرحله شروع گلدهی (۶۲٪) بود. Rahimi Bigdeli (۲۰۰۸) اسانس گیاه آویشن کوهی (*Th. kotschyanus*) را در سه مرحله رشدی گیاه (قبل از گلدهی، اوایل گل‌دهی و گل‌دهی کامل) استخراج کرد و بیشترین بازده اسانس را در مرحله گلدهی و تقطیر با آب بدست آورد.

Sepahvand و همکاران (۲۰۲۳) در بررسی عملکرد سرشاخه و اسانس دو گونه آویشن کوهی *Th. kotschyanus* آویشن دنایی *Th.daenensis* در سال سوم کشت، در شرایط دیم خرم‌آباد، بیشترین عملکردهای ۲۷۶۱ و ۳۳۳۲ کیلوگرم در هکتار در سال و عملکردهای اسانس ۴۴ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار را به ترتیب در آویشن کوهی و آویشن دنایی گزارش نمودند. در تحقیق دیگری، Sepahvand و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی تراکم کاشت آویشن *Th. lancifolius* در شرایط دیم خرم‌آباد، بهترین تراکم ۸ بوته در مترمربع با میانگین تولید سالانه ۲۸۵۵ کیلوگرم در هکتار و عملکرد اسانس ۵۰ کیلوگرم در هکتار بوده است.

Pourmeidani و همکاران (۲۰۱۶) در ارزیابی جمعیت‌های آویشن کوهی (*Th. kotschyanus*)، وجود اثرهای متقابل ژنوتیپ در محیط معنی‌دار را برای عملکرد و صفات مورفولوژیک گزارش نمودند و با استفاده از روش‌های مختلف تجزیه پایداری، ژنوتیپ‌های پایدار را برای مناطق مساعد شامل دماوند، اصفهان و قم و مناطق نامستعد شناسایی کردند. Moradi و همکاران (۲۰۲۰) تنوع معنی‌داری برای ترکیبات شاخص اسانس در گیاه کاکوتی یکساله Ziziphora tenuior گزارش کردند و جمعیت‌ها برتر را معرفی نمودند.

عملکرد در گیاهان یک صفت پیچیده است که به اجزای عملکرد بستگی دارد و به‌شدت تحت تأثیر بسیاری از عوامل ژنتیکی و محیطی قرار می‌گیرد (Falconer and Mackay, 1996). ارزیابی ظرفیت ژنوتیپی در محیط‌های مختلف، گامی مهم در برنامه‌های اصلاح آویشن قبل از معرفی رقم یا کشت تجاری است. یک گونه ایده‌آل باید هنگام رشد در محیط‌های متنوع، میانگین عملکرد بالایی همراه با تغییرپذیری کمتری داشته باشد. روش‌های آماری مختلفی برای پایداری و سازگاری ژنوتیپ در محیط‌های مختلف مانند تجزیه پایداری (Eberhart and Russell, 1966)، مدل (AMMI) توسط (Gauch, 1992) و (GGE-biplot)

توسط (Yan et al., 2000) ارائه شده‌اند که از بین آنها AMMI و GGE-biplot مؤثرترین و رایج‌ترین مدل‌های چندمتغیره برای تجزیه‌وتحلیل پایداری، سازگاری و رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها و یا انتخاب محیط‌های بزرگ هستند (Gauch 1992; Yan et al. 2000; Yan and Tinker, 2006). اخیراً Vosough و همکاران (2023) و Vosough و همکاران (۲۰۲۴) از تجزیه پایداری به روش‌های پارامتری و ناپارامتری به‌عنوان روشی کارآمد در انتخاب ژنوتیپ پایدار در گیاهان مرتعی استفاده کرده‌اند.

با توجه به اهمیت اقتصادی و بالای جنس تیموس، هنوز برای تولید و بهره‌برداری از گونه‌های جنس تیموس، بهره‌برداران وابسته به رویشگاه‌های طبیعی در مراتع یا جنگل‌ها هستند و عمده تحقیقات در سال‌های اخیر انجام شده است (به‌صورت برداشت از طبیعت و اندازه‌گیری صفات فنوتیپی و فیتوشیمیایی بوده و تعداد تحقیقات محدودی در مورد زراعت و اصلاح آویشن‌ها انجام شده است). با توجه به مطالعات انجام شده، به علت برداشت بی‌رویه از رویشگاه‌های آویشن بعلت کم بودن تولید و مقدار مواد مؤثره گونه‌های رویشگاهی، هدف از این تحقیق، شناسایی و گزینش ژنوتیپ‌های آویشن برگ نیزه‌ای Th. lancifolius برای عملکرد سرشاخه (برگ و گل و ساقه) و میزان اسانس و ترکیبات شاخص اسانس به منظور معرفی رقم می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در سال ۱۳۸۷، براساس ارزیابی مقدماتی ذخایر ژنتیکی آویشن در باغ گیاه‌شناسی، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تعداد ۱۱ ژنوتیپ آویشن برگ نیزه‌ای *Th. Lancifolius* توسط گیاه‌شناسان شناسایی شدند (جدول ۱). در پاییز ۱۳۸۷، از بذر هریک از ژنوتیپ‌های این گونه تعداد ۳۰ نشاء (معادل ۳۳۰ نشاء برای ۱۳ محیط) و در مجموع برای ۱۱ ژنوتیپ و رقم شاهد (آویشن باغی) ۴۶۸۰ نشاء سالم در گلخانه مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور تهیه شد. نشاءهای تولید شده به همراه کمی از بذر هریک از ژنوتیپ‌ها برای کشت و ارزیابی در بهار ۱۳۸۸ به ۱۳ ایستگاه تحقیقاتی در استان‌های آذربایجان‌شرقی، اصفهان، خراسان رضوی، زنجان، قم، مرکزی، همدان، گلستان، یزد، سمنان، اردبیل و تهران (باغ گیاه‌شناسی و دماوند- همند آبسرد) فرستاده و در زمین اصلی کشت شدند. اطلاعات اقلیمی و مشخصات خاک ایستگاه‌های مورد مطالعة آویشن در جدول ۲ آمده است. طرح مورد استفاده بلوک‌های کامل تصادفی در ۲ تکرار بود. هر کرت شامل ۱۵ بوته بود که در سه ردیف ۵تایی به فواصل ۷۵ × ۷۵ سانتی‌متر کشت شدند. در سال استقرار به‌جز درصد زنده‌مانی از سایر صفات یادداشت‌برداری به عمل نیامد و در سال‌های دوم و سوم عملکرد (سرشاخه گلدار)، درصد اسانس و عملکرد اسانس اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری عملکرد سرشاخه خشک (در سال دوم و سوم) در هنگام ظهور ۵۰ درصد گلدهی بوته‌ها از ۵ سانتی‌متری سطح زمین قطع شدند و وزن تر آنها اندازه‌گیری شد. برای تعیین درصد وزن خشک، اندام‌های هوایی در دمای اتاق (۲۵ درجه سلسیوس) و در سایه به مدت ۴ هفته نگهداری و خشک شدند و بعد اقدام به اندازه‌گیری وزن خشک برحسب گرم در بوته و کیلوگرم در هکتار گردید.

برای استخراج اسانس، مقدار ۸۰ گرم از نمونه‌های خشک شده با استفاده از دستگاه کلونجر و با روش تقطیر با آب به مدت ۲ ساعت اسانس‌گیری شده، اسانس استخراج شده با استفاده از سولفات سدیم آب‌گیری و در شیشه‌های تیره دربسته در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شدند.

قبل از تجزیه واریانس، آزمون یکنواختی خطای واریانس‌ها با استفاده از روش (Bartlett, 1937) انجام شد. میانگین داده‌های دو سال مورد تجزیه واریانس مرکب قرار گرفتند. مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها با شاهد *Th. vulgaris* با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵ درصد انجام شد. تجزیه پایداری GGE بای‌پلات، ۱۱ ژنوتیپ و شاهد برای سه صفت وزن خشک سرشاخه هوایی، بازده اسانس و عملکرد اسانس در ۱۳ محیط به روش (Yan *et al.*, 2000) انجام شد. در این روش اثر ژنوتیپ G و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط (G×E) که در مجموع آنها را به‌صورت GGE نشان می‌دهند، از فاکتورهای مهم در گزینش ارقام هستند. این فاکتورها

به‌صورت گرافیکی توسط روش GGE بای‌پلات برآورد شده و هم ژنوتیپ‌ها و هم محیط‌ها به‌صورت نمودار گرافیکی نمایش داده شدند. تجزیه واریانس دادها با استفاده از نرم‌افزار SAS9 و تجزیه پایداری با استفاده از نرم‌افزار R-Ver4.0.5 انجام شد و نمودارهای مربوط رسم گردیدند.

جدول ۱- کد بانک ژن و منشأ جغرافیایی ژنوتیپ‌های آویشن برگ نیزه‌ای **Thymus lancifolius** مورد بررسی

Table 1 - Gene bank code and geographical origin of *Th. Lancifolius* genotypes.

Row	Code	Gene bank code	Origin	County	Altitude (masl)
1	**1**	**13490**	**Markazi**	**Farahan**	**1900**
2	4	13498	Markazi	Tafresh	1910
3	16	17009	Kurdistan	Sanandaj	2400
4	25	-	Unknown	-	-
5	41	6378	Fars	Shiraz	1700
6	43	9182	Lurestan	Aligodarz	2312
7	44	4585	Kurdistan	Sanandaj	2100
8	**45**	**10126**	**Isfahan**	**Farydonshar**	**2700**
9	**48**	**7507**	**Lorestan**	**Khoramabad**	**1900**
10	61	15626	Markazi	Arak-Tureh	2404
11	69	13500	Markazi	Arak-Tureh	2475
12	***Th.vulgaris***	**-**		**Southern Europe**	**-**

جدول ۲- اطلاعات اقلیمی و مشخصات خاک ایستگاه‌های مورد مطالعة آویشن

Table 1 Climatic information and soil characteristics of the thyme study areas

Row	Province	Research Station	EC dsm^{-1}	pH	OC %	Total N%	P (ppm)	K (ppm)	Altitude masl	Rainfall mm	Annual Temp.°C
1	Isfahan	Fozveh	2.80	7.70	1.20	0.12	90	210	1612	125	16.3
2	Golestan	Gorgan	–	–	–	–	–	–	160	465.0	17.8
3	Hamdan	Ekbatan	0.94	7.58	0.69	0.07	7.35	311	1720	317.7	11.9
4	Khorasan	Torogh	1.63	8.00	0.45	0.09	10.0	219	1008	251.5	14.1
5	Markazi	Aliabad	1.30	7.90	0.62	0.06	9.2	240	1760	337.1	13.7
6	**Qom**	**Jafariah**	**2.40**	**8.0**	**0.61**	**0.06**	**34.4**	**511**	**990**	**188.5**	**17.8**
7	EastAzer	Tikme Dash	0.79	7.37	0.49	-	30.5	370	1800	309.9	12.8
8	Yazd	Shahedia	–	–	–	–	–	–	1220	105.9	16.8
9	**Tehran**	**Damavand**		**7.37**	**0.77**	**0.05**	**13.0**	**400**	**1983**	**338.7**	**12.1**
10	Zanjan	Khairabad	1.50	7.80	0.75	0.07	10.3	363	1783	311.1	11.5
11	Tehran	Botanic garden	0.70	7.37	0.88	0.08	9.3	176	1294	246.1	17.2
12	**Semnan**	**Shahmirzad**	**5.20**	**7.70**	**0.62**	**0.03**	**11.4**	**154**	**1900**	**245.1**	**12.1**
13	Ardabil	Samian	7.70	8.00	0.49	0.49	4.4	1000	1335	295.2	17.8

نتایج

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها

قبل از انجام تجزیه واریانس آزمون یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی با روش بارتلت (Bartlett 1937) بر روی صفات انجام شد. برای عملکرد سرشاخه گلدار، عدم تجانس واریانس‌ها با توجه به آزمون بارتلت در سطح ۵ درصد رد شده و با اطمینان ۹۵ درصد واریانس عملکرد سرشاخه گلدار در محیط‌ها یکنواخت بودند. در مقابل واریانس بازده اسانس در محیط‌ها یکنواخت نبود که علت آنها شرایط اقلیمی، خاکی و خطاهای احتمالی در زمان برداشت و نحوه استخراج اسانس در محیط‌ها بود. در این قبیل صفات با شناسایی، اصلاح و یا حذف برخی داده‌های

پرت و در صورت لزوم با جذرگیری واریانس خطاهای آزمایشی یکنواخت شدند.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرهای اصلی محیط، ژنوتیپ و اثرمتقابل ژنوتیپ در محیط برای صفات عملکرد سرشاخه خشک، درصد اسانس و عملکرد اسانس در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). با توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، سهم (درصد) واریانس-های اثر محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط (از کل واریانس) نیز محاسبه شد تا براساس سهم آنها، تجزیه پایداری انجام شود (جدول ۳).

در مقایسه بین میانگین محیط‌ها، بیشترین عملکرد سرشاخه خشک با دامنه ۱۶۰۰ تا ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار در استان‌های اصفهان، خراسان رضوی، قم، آذربایجان‌شرقی و تهران (همند آبسرد) به‌دست آمد. در مقابل، کمترین عملکرد با ۵۹۴ کیلوگرم در هکتار در استان زنجان بدست آمد. بیشترین بازده اسانس با ۲/۵۱ و ۱/۹۷ درصد به ترتیب در استان‌های اصفهان و یزد بدست آمد. کمترین بازده اسانس با ۰/۹۵ درصد در استان همدان بود. عملکرد اسانس که برآیندی از حاصلضرب درصد اسانس در عملکرد سرشاخه خشک است تا حدی مشابه عملکرد سرشاخه بود. به‌طوری‌که بیشترین عملکرد اسانس با ۵۰ کیلوگرم در هکتار در استان اصفهان بدست آمد و استان‌های قم، یزد و تهران (همند آبسرد) به ترتیب با ۲۹/۵، ۲۶/۵ و ۲۷ در مرتبه دوم قرار گرفتند (جدول ۴).

نتایج مقایسه میانگین ۱۱ ژنوتیپ *Th. lacnifolius* در مقایسه با شاهد (آویشن باغی) در جدول ۵ درج شده است. همان‌طور که انتظار می‌رفت ژنوتیپ‌ها متنوع بروز نموده و در گروه‌بندی‌های متفاوتی در مقایسه با شاهد قرار گرفته‌اند.

میانگین کل عملکرد سرشاخه، درصد اسانس و عملکرد اسانس بر مبنای میانگین کل ۱۳ مکان محاسبه و نسبت به میانگین شاهد مقایسه شدند (جدول ۵). نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد سرشاخه با ۱۶۲۷ کیلوگرم در هکتار در ژنوتیپ ۴۸ به‌دست آمد ولی از لحاظ آماری تفاوت معنی-داری با شاهد نداشت. در حالی که عملکرد سرشاخه بقیه ژنوتیپ‌ها از عملکرد شاهد کمتر بود و همگی در کلاس b قرار گرفتند. از لحاظ درصد اسانس روند کاملاً متفاوت بود و بیش از نیمی از ژنوتیپ‌ها، به‌طور معنی‌داری بازده اسانس بیشتری نسبت به شاهد داشتند. بیشترین درصد اسانس با ۱/۷۱ و ۱/۶۲ درصد به ترتیب در ژنوتیپ‌های ۱ و ۴۵ به‌دست آمد که از لحاظ آماری نسبت به میانگین شاهد (۱/۰۴ درصد) بیشتر بود. میانگین عملکرد اسانس ژنوتیپ‌های ۱، ۴۵، ۴۸ و ۶۱ به ترتیب ۲۲/۸، ۲۲/۳، ۲۴/۱ و ۲۳/۹ کیلوگرم در هکتار بود که از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با شاهد (۱۹/۱ کیلوگرم درهکتار) داشتند (جدول ۵).

جدول ۳- تجزیه واریانس و سهم (درصد) واریانس‌های محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط از کل واریانس برای عملکرد ماده خشک، درصد اسانس و عملکرد اسانس ۱۲ ژنوتیپ *Th. lacnifolius* در ۱۳ محیط براساس میانگین دو سال

Table 3- Analysis of variance and percentage of environment, genotype and genotype-environment interaction variances for dry matter yield, essential oil percentage and essential oil yield of 12 *Th. lacnifolius* genotypes in 13 locations over two years

Source	DF	DM Yield			OIL %			OIL Yield		
		SS	MS	SS%	SS	MS	SS%	SS	MS	SS%
Location (L)	12	1144918	104083**	60.0%	55.12	5.01**	42.9%	746.93	67.90**	56.9%
Error 1	26	269777	22481	-	19.89	1.66	-	285.32	23.78	-
Genotype(G)	11	42699	4270**	2.20%	6.14	0.61**	4.8%	16.86	1.69**	1.30%
G x E	132	329800	3111**	17.3%	30.56	0.29**	23.8%	164.71	1.57**	12.5%
Error 2	260	118309	1020	20.3%	16.71	0.14	28.5%	101.31	0.88	29.4%
Total	428	1908983	-	-	128.61	-	-	1313.12	-	-

**، میانگین مربعات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار هستند

**, significant at 1% probability level.

جدول ۴- میانگین عملکرد ماده خشک، درصد اسانس و عملکرد اسانس در آویشن *Th. lacnifolius* در ۱۳ مکان (میانگین ۱۲ ژنوتیپ)

Table 4. Means of dry matter yield, essential oil percentage and essential oil yield in *Th. lacnifolius* at 13 locations (average of 12 genotypes).

Row	Province	County	Abreviation	DM yield (Kg/h)	Essential Oil %	Oil Yield (Kg/h)
1	Esfahan	Esfahan	ES	2003 a	2.51a	50.18 a
2	Golestan	Gorgan	GR	1306 b	1.58 a	20.41 b
3	Hamedan	Hamedan	HM	886 c	0.95 b	8.59 c
4	Khrasan Razavi	Mashad	MS	1711 a	1.36 a	22.85 b
5	Markazi	Arak	AK	895 c	1.51 a	12.89 c
6	Qom	Qom	QM	1767 a	1.64 a	29.52 b
7	East Azerbaijan	Tabriz	TB	1603 a	1.42 a	22.51 b
8	Yazd	Yazd	YZ	1385 b	1.97 a	26.57 b
9	Tehran	Damavand	DM	1801 a	1.48 a	27.07 b
10	Zanjan	Zanjan	ZN	594 c	1.00 b	5.56 c
11	Tehran	Tehran	TE	1032 bc	1.02 b	10.01 c
12	Semnan	Semnan	SM	1450 b	1.01 b	15.07 bc
13	Ardebil	Ardebil	AR	1459 b	1.24 b	18.47 b

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ در بین میانگین‌هاست.

Means within a column, followed by the same letter, are not significantly different (P<0.05).

جدول ۵- میانگین عملکرد ماده خشک، درصد اسانس و عملکرد اسانس در ۱۱ ژنوتیپ آویشن Th. lacnifolius در مقایسه با شاهد (میانگین ۱۳ مکان)

Table 5. Means of dry matter yield, essential oil percentage and essential oil yield in 11 genotypes of Th. lacnifolius compared with control (average of 13 locations).

Genotype code	Gene bank code	Origin	County	DM yield Kg/h	Essential Oil %	Oil Yield Kg/h
1	13490	Markazi	Farahan	1304 b	1.70 a	**22.82 a**
4	13498	Markazi	Tafresh	**1405 b**	1.24 b	18.65 b
16	17009	Kurdistan	Sanandaj	1292 b	1.32 b	17.65 b
25	-	Unknown	-	1301 b	1.57 a	21.50 a
41	6378	Fars	Shiraz	1352 b	1.49 a	21.12 a
43	9182	Lurestan	Aligodarz	1173 b	1.54 a	20.90 a
44	4585	Kurdistan	Sanandaj	1313 b	1.48 a	19.83 b
45	10126	Isfahan	Farydonshar	**1304** b	1.62 a	**22.25 a**
48	7507	Lorestan	Khoramabad	**1627 a**	1.37 a	**24.10 a**
61	15626	Markazi	Arak-Tureh	**1411 b**	1.59 a	**23.97 a**
69	13500	Markazi	Arak-Tureh	1246 b	1.27 b	17.01 b
Control	*T.vulgare*	Foreign		1807 a	1.04 b	19.16 b

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ در بین میانگین‌هاست.

Means of columns followed by the same letter are not significantly different ($p < 0.05$).

مقایسه میانگین اثرهای متقابل ژنوتیپ در محیط

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرهای متقابل ژنوتیپ در محیط برای هر سه صفت عملکرد سرشاخه، بازده اسانس و عملکرد اسانس در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود که نشان‌دهنده این است که ژنوتیپ‌ها در مکان‌های مختلف روند تغییرات متفاوتی داشته‌اند (جدول ۳). نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌های ۱ و ۴ در قم و دماوند عملکرد سرشاخه بیشتری از شاهد داشته‌اند. ژنوتیپ‌های ۲۵ و ۴۱ در سمنان نسبت به شاهد برتری معنی‌دار داشتند. ژنوتیپ‌های ۴۵ و ۴۸ در قم و دماوند نسبت به شاهد برتری معنی‌دار داشتند. عملکرد سرشاخه سایر ژنوتیپ‌ها در مکان‌ها برابر و یا کمتر از میانگین شده بوده است، بر همین اساس عملکرد سرشاخه ژنوتیپ ۴۸ در بیشتر مکان‌ها بیشتر و یا مساوی با شاهد تعیین گردید (جدول ۶).

میانگین درصد بازده اسانس در ۱۱ ژنوتیپ آویشن *Th. lacnifolius* و شاهد به تفکیک ۱۳ مکان در جدول ۷ آمده است. از لحاظ بازده اسانس، روند تغییرات ژنوتیپ‌ها در مکان‌ها یکسان نبود. با این حال، در همه محیط‌ها حدود نیمی از ژنوتیپ‌ها عملکرد اسانس بیشتر یا مشابه شاهد داشتند که نشان‌دهنده برتری معنی‌دار ژنوتیپ‌های بومی کشور نسبت به شاهد بود.

نتایج مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها به تفکیک مکان‌ها برای عملکرد اسانس در جدول ۸ آمده است. نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌های ۱، ۲۵، ۴۱، ۴۵، ۴۸ و ۶۱ در بیشتر مناطق میانگین عملکرد اسانس بیشتری نسبت به شاهد داشتند و از بین آنها ۳ ژنوتیپ ۱، ۴۵ و ۴۸ برای ارزیابی در مرحله بعدی انتخاب شدند (جدول ۸).

جدول ۶- میانگین عملکرد سرشاخه خشک ۱۱ ژنوتیپ آویشن *Th. lacnifolius* به تفکیک ۱۳ مکان
Table 6. Means of dry matter yield of 11 genotypes of *Th. Lacnifolius* for each location.

Genotype	Locations # (Kg/h)												
Code	ES	GR	HM	MS	AK	QM	TB	YZ	DM	ZN	TE	SM	AR
1	1741	1451b	936b	1014	501	2185a	1505	765	2455a	656a	1100b	1110	1534b
4	2408a	1270	670	2276a	882b	2005a	915	714	2126a	549	1269b	1743a	1439b
16	1685	1082	600	1275	1100a	1775b	2150a	2038a	1822b	474	805	1101	896
25	1729	1426b	1020b	1900b	1096a	1350	1665	1469	1338	516	738	1852a	819
41	2227a	1161	2115a	1784b	640	1715b	823	1564	1674b	300	682	1855a	1040
43	2480a	1196	295	834	626	1730b	1815	1389	1404	589	854	1426b	618
44	1818	1148	455	1429	998b	1415	1595	946	2241a	252	1032	1485b	2258a
45	2308a	1300	615	2544a	909b	1795a	960	1097	1528b	828a	1165b	812	1094b
48	2048a	1444b	850b	1734b	853b	2025a	2555a	1943a	2821a	836a	1151b	1231	1668b
61	1789	1309b	285	2148a	803b	1905a	1660	1430	1262	467	899	2009a	2381a
69	1450	1036	465	1058	1138a	1690b	1288	1492	1343	825a	992	1194	2231a
Control	2350a	2150a	2330a	2541a	1188a	1613b	2303a	1778a	1600b	835a	1700a	1579b	1528b

در هر ستون حرف a و b نشان‌دهنده تفاوت یا شباهت با میانگین شاهد براساس آزمون LSD5% است.
Means of columns followed by letters a and b indicate similarity or difference from the control (LSD5%).
نام کامل مکان‌ها در جدول ٤ نشان داده شده است. The full names of locations are presented in Table 4

جدول ۷- میانگین درصد بازده اسانس در ۱۱ ژنوتیپ آویشن *Th. lacnifolius* به تفکیک ۱۳ مکان
Table 7. Means of essential oil percentage of 11 genotypes of *Th. lacnifolius* for each location.

Genotype	Locations # (%)												
Code	ES	GR	HM	MS	AK	QM	TB	YZ	DM	ZN	TE	SM	AR
1	3.27a	1.55a	1.22a	1.99a	2.25a	2.25a	1.00	2.26a	1.60a	1.39a	0.88	0.79	1.71a
4	1.98	1.63a	0.94	1.05	1.39a	2.15a	1.18	1.43	1.65a	0.82	0.75	0.50	0.70
16	1.82	2.13a	0.86	0.73	1.41a	1.65a	1.48a	1.22	1.00	1.04	0.69	1.47a	1.67a
25	2.68a	1.59a	1.28a	1.70a	1.10	1.65a	2.16a	2.06a	1.80a	1.12a	1.54a	0.93	0.79
41	2.54a	0.89	0.96	1.82a	1.42a	1.40	1.61a	2.03a	1.80a	1.32a	1.44a	1.24a	0.98
43	3.18a	1.37	0.57	1.52a	1.82a	1.30	2.10a	2.45a	1.60a	1.13a	1.37a	0.71	0.87
44	1.99	1.70a	1.02	1.56a	1.92a	1.20	1.49a	2.21a	1.50a	1.34a	0.86	0.77	1.65a
45	2.93a	1.75a	1.76a	1.47a	1.44a	1.85a	1.63a	2.49a	1.65a	0.59	1.03a	0.82	1.70a
48	2.50a	1.93a	0.84	0.90	1.28a	1.75a	1.31a	1.76a	1.70a	0.70	0.71	1.10	1.32
61	3.03a	1.84a	0.65	1.72a	2.03a	1.65a	1.36a	2.15a	1.00	1.01	1.27a	1.80a	1.21
69	2.37a	1.32	0.43	1.05	1.18	2.00a	1.03	2.00a	1.45a	0.80	0.90	0.84	1.11
Control	1.80b	1.28b	0.81b	0.79b	0.88b	0.81b	0.73b	1.57b	1.04b	0.77b	0.77b	1.20b	1.11b

در هر ستون حرف a و b نشان‌دهنده تفاوت یا شباهت با میانگین شاهد براساس آزمون LSD5% است.
Means of columns followed by letters a and b indicate similarity or difference from the control (LSD5%).
نام کامل مکان‌ها در جدول ٤ نشان داده شده است. The full names of locations is presented in Table 4

جدول ۸- میانگین عملکرد اسانس در ۱۱ ژنوتیپ آویشن ***Th. lacnifolius*** به تفکیک ۱۳ مکان

Table 8. Means of essential oil yield of 11 genotypes of *Th. lacnifolius* for each location.

Genotype Code	Locations # (Kg/h)												
	ES	GR	HM	MS	AK	QM	TB	YZ	DM	ZN	TE	SM	AR
1	56.8a	22.4	11.4b	20.18	11.27	49.1a	15.05	17.25	39.2a	9.09a	9.68	8.79	26.2a
4	47.5	20.6	6.30	23.78	12.21	43.1a	10.80	10.17	35.9a	4.51	9.52	8.72	10.8
16	30.6	22.9	5.16	9.31	15.5a	29.29	31.7a	24.86	18.22	4.93	5.56	16.2b	14.97
25	46.2	22.6	13.6b	32.3a	12.0	22.28	35.8a	30.1a	24.08	5.75	11.3a	17.1b	6.47
41	56.4a	10.3	20.2a	32.4a	9.09	24.01	13.21	31.6a	30.1a	3.94	9.82	23.0a	10.19
43	78.7a	16.3	1.67	12.68	11.37	22.49	38.1a	33.9a	22.47	6.65	11.6a	10.08	5.37
44	36.1	19.5	4.64	22.29	19.1a	16.98	23.69	20.86	33.6a	3.38	8.87	11.45	37.2a
45	67.5a	20.0	10.7b	37.4a	13.04	33.2a	15.65	27.32	25.21	4.84	12.0a	6.67	19.5
48	51.2a	27.8a	7.10	15.61	10.92	35.4a	33.4a	34.2a	47.9a	5.85	8.17	13.57	22.1a
61	54.1a	24.2a	1.84	36.9a	16.3a	31.4a	22.49	30.7a	12.62	4.72	11.4a	36.1a	28.8a
69	34.3	13.6	1.98	11.06	13.43	33.8a	13.27	29.84	19.48	6.56	8.93	9.99	24.7a
Control	42.3b	27.4a	18.9a	20.1b	10.4b	13.7b	16.7b	27.8b	16.6b	6.45b	13.9a	18.9b	16.9b

در هر ستون حرف a و b نشان‌دهنده تفاوت یا شباهت با میانگین شاهد براساس آزمون LSD5% است.

Means of columns followed by letters a and b indicate similarity or difference from the control (LSD5%).

نام کامل مکان‌ها در جدول ٤ نشان داده شده است. The full names of locations is presented in Table 4

تجزیه پایداری

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرهای اصلی محیط، ژنوتیپ و اثرمتقابل ژنوتیپ در محیط برای صفات عملکرد سرشاخه خشک، بازده اسانس و عملکرد اسانس در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). معنی‌دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ در محیط بیانگر این است که ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف عملکردهای متفاوتی داشته‌اند و برای تعیین رقم مناسب، لازم است تا پایداری عملکرد آنها بررسی شود.

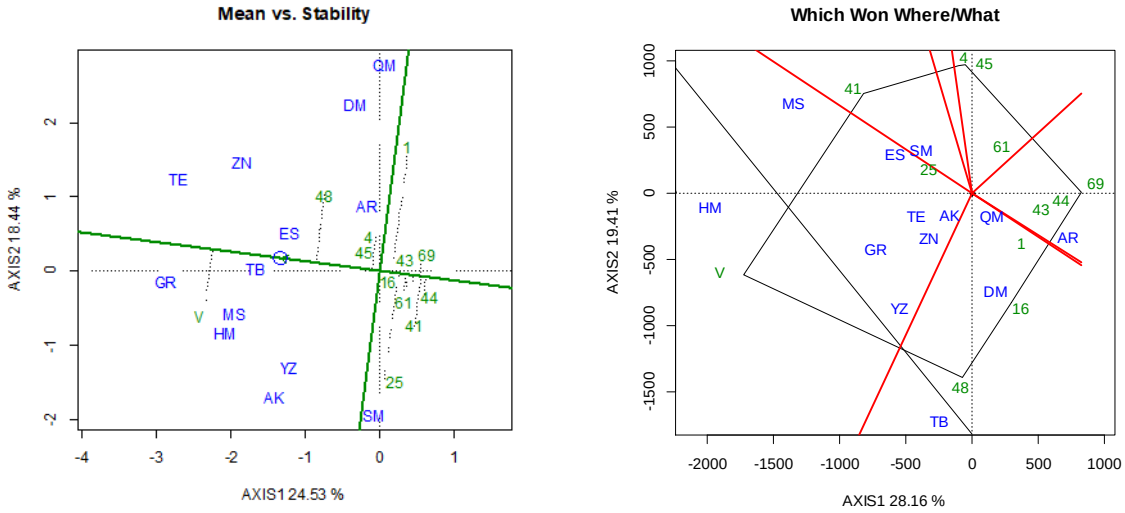
یکی از الزامات تجزیه پایداری تعیین سهم (درصد) واریانس محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط (از کل واریانس) است. سهم (درصد) واریانس‌های محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، به ترتیب برای عملکرد سرشاخه (۶۰، ۲/۲۰ و ۳/ ۱۷درصد)، برای بازده اسانس (۴۲/۹، ۴/۸۰ و ۲۳/۸۰ درصد) و برای عملکرد اسانس (۵۶/۹، ۱/۳۰ و ۱۲/۵ درصد) بود (جدول ۳). همان‌طور که ملاحظه می‌شود در تجزیه واریانس، در هر سه صفت، نقش محیط در ایجاد تغییرات بیش از ۵۰ درصد بود که بیانگر تنوع آب و هوایی و خاک متفاوت ایستگاه‌های تحقیقاتی مورد مطالعه است که منجر بـه ایجـاد بیشترین تغییرات محیطی شـده‌اند. سهم اثر متقابل ژنوتیپ در محیط و سهم ژنوتیپ در مرتبه‌های بعدی قرار گرفتند. به همین دلیل در این پژوهش علاوه بر روش گرافیکی بای‌پلات GGE از روش AMMI برای تجزیه الگوی اثرهای متقابل ژنوتیپ در محیط نیز استفاده شد و چون نتایج هر دو روش تجزیه پایداری برای گزینش ژنوتیپ‌های پرمحصول و پایدار تقریباً یکسان بود از درج نتایج تجزیه AMMI خودداری شد و با توجه به ویژگی منحصربه‌فرد روش GGE بای‌پلات که با استفاده از نمودارهـای آن می‌توان ژنوتیپ برتر را به تفکیک هر محیط شناسایی نمود (Yan et al., 2000)، فقط از نتایج این روش در تجزیه پایداری استفاده شد.

تجزیه پایداری عملکرد سرشاخه

در تجزیه پایداری از روش گرافیکی GGE بای‌پلات از میانگین داده‌های ۱۱ ژنوتیپ آویشن *Th. lacnifolius* و شاهد در ۱۳ مکان برای تعیین پایداری خصوصی و پایداری عمومی ژنوتیپ‌ها استفاده شد. براساس نتایج حاصل از این روش، دو مؤلفه اصلی اول و دوم به ترتیب ۲۸/۱۶ و ۱۹/۴۱ درصد و در مجموع ۴۷/۵۷ درصد تغییرات محیط و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط را توجیه نمودند که نشان می‌دهد این دو مؤلفه توانسته‌اند ۴۷/۵ درصد از تغییرات مربوط به عملکرد سرشاخه را تبیین کنند (شکل ۱).

نمایش چندضلعی بای‌پلات مربوط به میانگین ۱۱ ژنوتیپ

و شاهد در ۱۳ مکان نشان داد که ژنوتیپ‌های ۴۵، ۴۸، ۶۹، و شاهد در رأس‌های چندضلعی قرار گرفتند (شکل a۱). با توجه به نمودار چندضلعی، ژنوتیپ ۴۵ در اصفهان، ژنوتیپ ۴۸ در تبریز، ژنوتیپ ۶۹ در اراک و ژنوتیپ شاهد (آویشن باغی) در همدان عملکرد سرشاخه بالایی داشتند و پایداری اختصاصی با این محیط‌ها نشان دادند (شکل a۱). برای گزینش همزمان عملکرد سرشاخه و پایداری ژنوتیپ‌ها، از نمایش خط مختصات میانگین محیط (AEC) که از محور مختصات می‌گذرد استفاده شد (شکل b۱). ژنوتیپ‌هایی که در جهت ژنوتیپ ایده‌آل (دایره) روی خط AEC قرار دارند عملکرد بیشتری دارند. با این حال، هرچه ژنوتیپ‌ها به خط AEC و دایره نزدیک‌تر باشند پایداری عمومی بیشتری دارند. با توجه به شکل a۱، ژنوتیپ‌های ۴۵ و ۴۸ و شاهد نزدیک خط ATC قرار گرفتند که علاوه بر عملکرد بالا دارای پایداری عملکرد در همه محیط‌ها نیز بودند (شکل b۱).



b a

شکل ۱- a)نمودار بای‌پلات چندضلعی برای تعیین بهترین ژنوتیپ در هر محیط و b نمودار بای‌پلات گزینش همزمان عملکرد و پایداری ژنوتیپ‌ها *Th. Lacnifolius* براساس خط مختصات میانگین محیط (AEC)

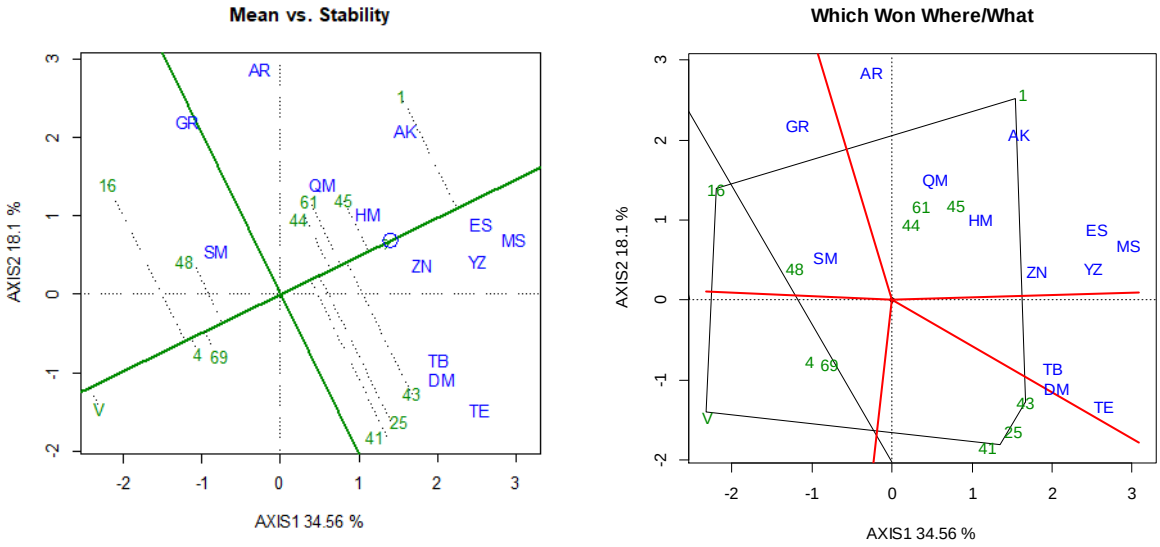
نام کامل مکان‌ها در جدول ۴ نشان داده شده است.

Figure 1 a) Polygon diagram of GGE-biplot to determine the best genotypes for each environment, and b) GGE biplot for the simultaneous selection of yield and stability of *Th. Lacnifolius* genotypes using average environment coordination (AEC). The full names of locations are presented in Table 4.

تجزیه پایداری درصد اسانس

در تجزیه پایداری درصد اسانس، میزان واریانس مؤلفه‌های اول و دوم به ترتیب ۳۴/۵۶ و ۱۸/۱ درصد و در مجموع ۵۲/۶۶ درصد تغییرات محیط و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط را توجیه نمودند که بیانگر اعتبار نسبتاً بالای نمودار بای‌پلات حاصل از این مطالعه در تبیین تغییرات G+GE است (شکل ۲). نمایش چندضلعی مربوط به میانگین ۱۱ ژنوتیپ و شاهد در ۱۳ مکان نشان داد که ژنوتیپ‌های ۱، ۴۳، ۱۶ و شاهد در رأس‌های چندضلعی قرار گرفتند. با توجه به نمودار چندضلعی، ژنوتیپ ۱ در اراک و اردبیل، ژنوتیپ ۴۳ در تبریز، دماوند و تهران و ژنوتیپ ۱۶ در گرگان درصد اسانس بالایی داشتند و پایداری اختصاصی با این محیط‌ها نشان دادند (شکل a۲). برای گزینش همزمان درصد اسانس و پایداری ژنوتیپ-ها، از نمایش خط مختصات میانگین محیط (AEC) استفاده

شد. ژنوتیپ‌های ۱ و ۴۵ که بیشترین درصد اسانس را داشتند، نزدیک ژنوتیپ مطلوب (دایره) روی خط AEC قرار گرفتند. با این حال، موقعیت ژنوتیپ ۴۵ نزدیک خط و ژنوتیپ ۱ دورتر از خط ATC بود که نشان‌دهنده پایداری بازده اسانس ژنوتیپ ۴۵ در همه مکان‌ها بود (شکل b۲).



b a

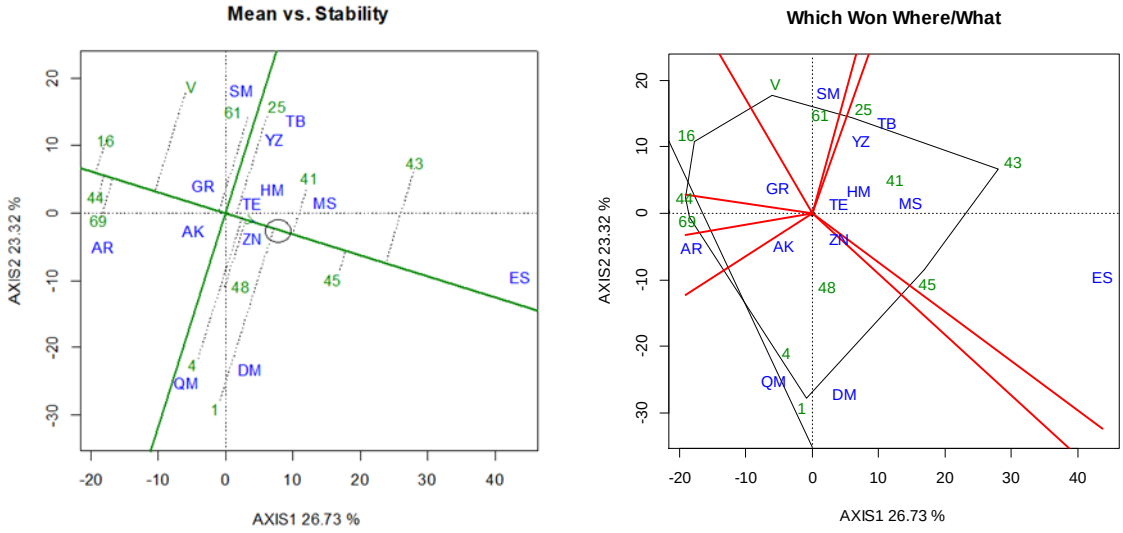
شکل۲– a) نمودار بای‌پلات چندضلعی برای تعیین بهترین ژنوتیپ در هر محیط و **b)** نمودار بای‌پلات گزینش همزمان درصد اسانس و پایداری ژنوتیپ‌های ***Th. Lacnifolius*** براساس خط مختصات میانگین محیط **(AEC)**

نام کامل مکان‌ها در جدول ۴ نشان داده شده است.

Figure 2. a) Polygon diagram of GGE-biplot to determine the best genotypes for each environment, and b) GGE biplot for the simultaneous selection of essential oil percentage and oil stability of *Th. Lacnifolius* genotypes using average environment coordination (AEC). The full names of locations are presented in Table 4.

تجزیه پایداری عملکرد اسانس

در تجزیه پایداری عملکرد اسانس، واریانس دو مؤلفه اول و دوم به ترتیب ۲۶/۷۳ و ۲۳/۳۲ درصد و در مجموع ۵۰/۰۶ درصد از تغییرات محیط و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط را توجیه کردند که بیانگر اعتبار نسبتاً بالای نمودار بای‌پلات حاصل از این مطالعه در تبیین تغییرات G+GE است (شکل ۳). نمایش چندضلعی مربوط به میانگین ۱۱ ژنوتیپ و شاهد در ۱۳ مکان نشان داد که ژنوتیپ‌های ۱، ۴۳، ۴۵، ۴۴ و شاهد در رأس‌های چندضلعی قرار دارند (شکل a۳). با توجه به نمودار چندضلعی، ژنوتیپ ۱ در دماوند و قم، ژنوتیپ‌های ۴۳ و ۴۵ در اصفهان و ژنوتیپ ۴۴ در اراک عملکرد اسانس بالایی داشتند و پایداری اختصاصی با این محیط‌ها نشان دادند. علاوه بر این، برای گزینش همزمان عملکرد سرشاخه و پایداری ژنوتیپ‌ها، از نمایش خط مختصات میانگین محیط (AEC) که از محور مختصات می‌گذرد استفاده شد (شکل b۳). ژنوتیپ‌های ۱، ۴۱، ۴۳، ۴۵ و ۴۸ با قرار گرفتن در محدوده ژنوتیپ مطلوب (دایره) عملکرد اسانس بالایی داشتند، با این حال، ژنوتیپ‌های ۴۱، ۴۵ و ۴۸ نزدیک به خط و ژنوتیپ ۱ دورتر از خط ATC قرار داشتند که نشان‌دهنده پایداری عملکرد اسانس سه ژنوتیپ ذکرشده در همه مکان‌هاست (شکل b۳).



b a

شکل ۳– a) نمودار بای‌پلات چندضلعی برای تعیین بهترین ژنوتیپ در هر محیط و **b)** نمودار بای‌پلات گزینش همزمان عملکرد اسانس و پایداری ژنوتیپ‌های ***Th. Lacnifolius*** براساس خط مختصات میانگین محیط **(AEC)**

نام کامل مکان‌ها در جدول ۴ نشان داده شده است.

Figure 3. a) Polygon diagram of GGE-biplot to determine the best genotypes for each environment, and b) GGE biplot for the simultaneous selection of essential oil yield and stability of *Th. Lacnifolius* genotypes using average environment coordination (AEC). The full names of locations are presented in Table 4.

بحث

تجزیه GGE بای‌پلات از روش (Yan *et al.*, 2000) انجام شد. در این روش اثر ژنوتیپ (G) و اثرمتقابل ژنوتیپ و محیط (G×E) که در مجموع آنها را به‌صورت GGE نشان می‌دهد. این فاکتورها به‌صورت گرافیکی توسط روش GGE بای‌پلات برآورد شده و هم ژنوتیپ‌ها و هم محیط‌ها به‌صورت نمودار گرافیکی نمایش داده می‌شوند.

تجزیه GGE بای‌پلات براساس ۶ الگو شامل: ۱) تعیین بهترین رقم در هر محیط، ۲) رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها براساس میانگین عملکرد و پایداری، ۳) بررسی روابط بین محیط‌ها، ۴) رتبه‌بندی محیط‌ها براساس محیط ایده‌آل، ۵) رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها براساس ژنوتیپ ایده‌آل و ۶) تعیین محیط های بزرگ برای ژنوتیپ‌های برتر قابل اجراست.

نکته دیگر این است که در این تحقیق تجزیه پایداری سه صفت عملکرد سرشاخه، درصد اسانس و عملکرد اسانس انجام شده است و برای ارائه کامل نمودارها، نیاز به رسم ۱۸ نمودار می‌باشد که رسم و توضیحات همه آنها در یک مقاله نمی‌گنجد و به همین دلیل فقط از رسم بای‌پلات‌های گزینه ۱ و ۲ «کدام ژنوتیپ (ها) برای کدام محیط» و رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها براساس گزینش همزمان عملکرد و پایداری استفاده شد.

برای گزینش همزمان عملکرد سرشاخه و پایداری ژنوتیپ‌ها، از نمایش خط مختصات میانگین محیط (AEC) که از محور مختصات می‌گذرد استفاده شد (شکل b۱) (Yan 2001; Yan, 2002). این خط که دارای علامت بردار است از مبدأ مختصات بای‌پلات عبور کرده و ژنوتیپ‌ها را براساس عملکرد سرشاخه در محیط‌های مختلف به دو قسمت تقسیم کرد. چهار ژنوتیپ شاهد، ۴، ۴۵ و ۴۸ با میانگین بالای عملکرد سرشاخه، حول خط AEC قرار دارند و به ژنوتیپ ایده‌آل (دایره) روی خط AEC نزدیک هستند. هرچه طول خط عمود (فاصله ژنوتیپ با خط AEC) بیشتر باشد، نشان‌دهنده ناپایداری بیشتر ژنوتیپ است. ژنوتیپ‌های ۴، ۴۵

و ۴۸ به خط AEC و دایره نزدیک‌تر بودند و پایداری عمومی بیشتری داشتند (شکل b۱). میانگین کل عملکرد سرشاخه این سه ژنوتیپ در ۱۳ مکان به ترتیب ۱۴۰۵، ۱۳۰۴ و ۱۶۲۷ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۵) که با گزارش Sadeghimanesh و همکاران (۲۰۲۴) در بررسی مزرعه‌ای عملکرد سرشاخه این گونه بین ۱۲۰۰ تا ۱۴۷۰ کیلوگرم در هکتار گزارش نمود همخوانی دارد. این سه ژنوتیپ در استان‌های اصفهان، خراسان، قم و تهران (دماوند) عملکردهای سرشاخه خشک بالای ۲ تن در هکتار داشته‌اند که با سایر منابع منتشر شده همخوانی دارد (Akbarinia *et al.*, 2010; Sepahvand *et al.*, 2017; Sepahvand *et al.*, 2023).

از لحاظ درصد اسانس روند بعکس بود، به‌نحوی‌که ژنوتیپ‌های بیشتری در مجاورت ژنوتیپ ایده‌آل (دایره) روی خط AEC قرار گرفتند (شکل b۲). روند تغییرات ژنوتیپ‌ها در مکان‌ها یکسان نبود. با این حال، در همه محیط‌ها حدود نیمی از ژنوتیپ‌ها عملکرد اسانس بیشتر یا مشابه شاهد داشتند که نشان‌دهنده برتری معنی‌دار ژنوتیپ‌های بومی کشور نسبت به شاهد بود. درصد اسانس ژنوتیپ‌های ۱، ۲۵، ۴۱، ۴۳، ۴۴، ۴۵ و ۶۱ به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد بیشتر بود. با وجود این، از بین آنها چهار ژنوتیپ ۱ ۴۴ ۴۵ و ۶۱ فاصله کمتری با خط داشتند و پایداری عمومی بیشتری برای درصد اسانس نشان دادند (شکل b۲). این چهار ژنوتیپ در استان اصفهان بازده اسانس بالای بین ۲/۵ تا ۳/۳ درصد داشتند. همچنین بازده اسانس‌ها در استان‌های مرکزی، قم، یزد و اردبیل بین ۱/۵ تا ۲/۵ درصد بود. در سایر استان‌ها بازده اسانس آنها بعضاً کمتر از ۱/۵ درصد بود. Mirza و همکاران (۲۰۱۵) بر روی بررسی کمی و کیفی اسانس گونه‌های آویشن کاشته شده در باغ گیاه‌شناسی ملی ایران، بیشینه بازده اسانس را در گونـه *Th. lancifolius* برابر ۱/۶۸ درصد گزارش کردند که هم‌راستا با نتیجه این تحقیق است. در حالی که Sadeghimanesh و همکاران (۲۰۲۴) در بررسی رویشگاهی و مزرعه‌ای، درصد اسانس این گونه را بین ۲ تا ۳ درصد گزارش نمودند که از این تحقیق بیشتر است.

برای گزینش همزمان عملکرد اسانس و پایداری ژنوتیپ‌ها، از نمایش خط مختصات میانگین محیط (AEC) که از محور مختصات می‌گذرد استفاده شد (شکل 3b). این ژنوتیپ‌ها را براساس عملکرد اسانس در محیط‌های مختلف به دو قسمت تقسیم کرد. ژنوتیپ‌های ۱، ۴، ۲۵، ۴۱، ۴۳، ۴۵ و ۴۸ در استان‌های اصفهان، خراسان، تهران، دماوند، زنجان و همدان و یزد عملکردهای بیشتری داشتند که از بین آنها ۴۱، ۴۵ و ۴۸ فاصله خط عمود کوتاه‌تری با خط AEC داشتند که نشان‌دهنده پایداری عمومی آنها به مناطق بیشتری است. میانگین کل عملکرد اسانس این سه ژنوتیپ در ۱۳ مکان به ترتیب ۲۱/۱۲، ۲۲/۲۵ و ۲۴/۱۰ کیلوگرم در هکتار بود که از لحاظ آماری تفاوت معنی‌دار با شاهد (۱۹/۱ کیلوگرم در هکتار) داشتند (جدول ۵). بیشترین عملکرد اسانس در این سه ژنوتیپ با ۲۵ تا ۶۰ کیلوگرم در هکتار در استان‌های اصفهان، قم، یزد و دماوند بدست آمد که با منابع منتشر شده همخوانی دارد (Akbarinia *et al.*, 2010; Sepahvand *et al.*, 2017; Sepahvand *et al.*, 2023).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج، تجزیه واریانس مرکب و تجزیه پایداری به روش GGE بای‌پلات، سه ژنوتیپ کد ۱ (فراهان)، ۴۵ (فریدونشهر) و ۴۸ (خرم آباد) به‌دلیل میانگین بالای عملکرد سرشاخه، بازده اسانس و عملکرد اسانس و محتوی تیمول (که در این مقاله اشاره نشده است) و پایداری عمومی عملکرد در مکان‌های متعدد به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر برای ارزیابی در طرح‌های تحقیقی ترویجی و تولید بذر پیشنهاد شدند.

Refferences

- Akbarinia, A., Sharifi Ashoorabadi, E. and Mirza. 2010. Study on drug yield, essential oil content and composition of *Thymus daenensis* Celak. Under cultivated conditions. The Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 26(2): 205-212 (In Persian).
- Bartlett MS. 1937. Properties of sufficiency and statistical tests. Proceedings of the Royal Society. Series A, Mathematical and Physical Sciences, 160: 268–282.
- Eberhart, SA., Russell, WA. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Science, 6: 36–40.
- Falconer, DS., Mackay, TFC. 1996. 'Introduction to quantitative genetics.' 4th edn. (Longman Inc.: London, UK).
- Gauch, HG. 1992. Statistical analysis of regional yield trials: AMMI analysis of factorial designs.' (Elsevier Science Publishers: Amsterdam, Netherlands).
- Jamzad, Z. 2012. Flora of Iran, vol. 76. Lamiaceae. Research Institute of Forests *and* Rangelands, pp.1066, Tehran, Iran (In Persian).
- Karimi, Z., Houshmand, S., Mohammad Khani, A. and Yousefzadeh, K. 2016. Investigating the effect of harvesting time on the quantity and quality of the essential oil of two species of medicinal plants, *Thymus armeniacus, Thymus lancifolius.* Eco-phytochemistry of Medicinal Plants, 5(1): 40-56.
- Mirza, M., Sharifi Ashoorabadi and Allahverdi Mamaghani, B. 2015. Study of quality and quantity of essential oil of Thyme species cultivated in National Botanic Garden of Iran, Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 31(5): 864-880 (In Persian).
- Moradi, R., Alizadeh, M.A., Hervan, E.M., Shanjani, P.S., Khaghani, S., Jafari, A.A. (2020). Variation and relationships of aerial yield, morphofagronomic traits, and essential oil composition in domestic populations of *Ziziphora tenuior* in Iran. Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus, 19(1), 119–130.
- Mozaffarian, M., 2007. A Dictionary of Iranian Plant Names, Farhang Moaser Press, Tehran, 671p. (In Persian).
- Pourmeidani, A., Maddah Arefi, H., Jafari, A.A., Torabi and Mirza, M. 2016. Stability analysis of essential oil yield in different populations of thyme (*Thymus kotschyanus*) in different regions of Iran using GGE biplot. Journal Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 24(2): 277-286. (In Persian).
- Rahimi Bigdeli, A. 2008. Effect of different growth stages and essential oil extraction methods on the quantity and quality of *Thymus kotchinus* essential oil. Master's thesis.Faculty of Science, Shahid Beheshti University. Tehran. Iran (In Persian).
- Sadeghimanesh, M., Jafarian-Jeloudar, Z., Ghorbani, J. and Azimi, R. 2024. Essential oil content and composition of Thymus lancifolius Celak. in habitat and field conditions. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 40(4): 701-7017. (In Persian).
- Safai, L., Sharifi Ashourabadi, A. and Afiuni, D. 2017. Study of environmental factors effects on Thymus daenensis quality and quantity in field and habitat conditions. Journal of Plant Ecophysiology, 9(29): 195-203.
- Sajjadi, S.E. and Khatamsaz, M., 2003. Composition of the essential oil of *Thymus daenensis* Celak. subsp. *lancifolius* (Celak.) Jalas. Journal of Essential Oil Research, 15: 34-35.
- Sepahvand, A., Khademi, K., Astereki, H. and Mohammadian, A., 2017. 'Effects of density on yield and yield components of thyme (*Thymus lancifolius* Celak.) under dry farming conditions of Lorestan province'. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 32(6): 988-997 (In Persian).
- Sepahvand, A., Shaabani, M., Mohammadian, A. and Yarahmadi, R. 2023. Effect of plant density on aerial dry matter and essential oil yield of two native Thyme species (*Thymus kotschyanus and T. daenensis*) under dryland farming in Lorestan province, Iran. Journal of Rangeland Science, 13(4): 132331 (1-8).
- Shamsi Mahmoudabadi, H. and Zarezadeh, A. Goshsabi, F. 2011, Investigation of the amount and percentage of essential oil of three species of *Thymus daenensis, Thymus fallax, and Thymus vulgaris* during flowering in the province of Yazd. National Conference on Agriculture Management. June 2011, Jahrom Azad University, Jahrom, Iran (In Persian).
- Vosough, A., Jafari, A.A., Karami, Safari, H. and Talebi, R. 2023. Herbage yield stability of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) genotypes across rain-fed environments. The Rangeland Journal 45(3):109-122.
- Vosough, A., Karami, E., Jafari, A.A., Safari, H. and Talebi, R. 2024. Evaluating the stability of forage yield in cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) populations under dryland farming using non-parametric statistics. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research 31(2), 220-239. (In Persian).
- Yan, W. 2001. GGE Biplot - A Windows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two-way data. Agronomy Journal, 93: 1111–1118.
- Yan, W. 2002. Singular value partitioning in biplot

analysis of multi-environment trial data. Agronomy Journal, 94: 990–996.
– Yan, W., Hunt, L.A., Sheng, Q., Szlavnics, Z. 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. Crop Science, 40(3): 597–605.
– Yan, W., Tinker, NA., 2006. Biplot analysis of multi-environment trial data: principles and applications. Canadian Journal of Plant Science, 86(3): 623–45.
– Zarezadeh, A., Arabzadeh, M.R. and Mirhosseini, A. 2012, Investigation of salinity stress on germination and early growth of four thyme species seedlings, Second National Conference on Seed Science and Technology, Mashhad, Iran. (In Persian).
– Zeinali, H. 2003. Study of mints in terms of morphological, phytochemical and cytogenetic traits, PhD thesis in plant breeding, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology., Isfahan, Iran (In Persian).