Research Article

Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research DOI: 10.22092/IJRFPBGR.2024.364379.1454

Vol. 31, No. 2, Page 290-304 (2024)

Effects of soil water deficit on morphological traits and essential oil compounds of some *Thymus daenensis* Celak populations

A. Pourmeidani[1*] and M. Mohebbikia[2]

1*- Assist. prof., Research Division of Natural Resources, Qom Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Qom, I. R. Iran, E-mail: abbas.pourmeidani@gmail.com

2- M.Sc. Graduate. Dept.Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran.

Received: 13.12.2023 Accepted: 15.02.2024

Abstract

Background and purpose:

Thymus daenensis Celak is a medicinal and aromatic species widely used in the health, pharmaceutical and food industries. Most of the country's needs are met through harvesting from natural areas. Therefore, expanding this species' cultivation in agricultural lands is necessary. Since a large area of these lands is exposed to drought stress, this research was conducted to evaluate the effect of different irrigation levels on the characteristics of its various populations at the Pardisan Agricultural Research Station in Qom and under greenhouse conditions.

Materials and methods:

This experiment was carried out as a two-factor factorial and in the form of a completely randomized design (CRD) in six replications (pots). The first factor included thirteen Denai thyme populations, and the second factor included irrigation levels at 80% (control), 60% and 40% of field capacity (FC). Twelve morphological and functional traits were measured with the appearance of flowering signs. For extracting the essential oil, the water distillation method was used by the Clevenger apparatus, according to the British Pharmacopoeia, for four hours. This has the highest efficiency in extracting essential oil. Variance analysis was performed, and the means were compared through Duncan's multiple range test. Also, the populations were entered into cluster analysis under two conditions: normal and irrigation at 40% of field capacity. To check essential oil quality, essential oil samples were diluted with dichloromethane and injected into the GC/MS. The corresponding chromatograms and mass spectra were obtained. The composition of the essential oils was identified using the compound inhibition index, examining the mass spectra of each compound and comparing them to standard compounds, and using the information in the mass spectrometer library. Quantitative calculations (determining the percentage of each compound) were done using GC's software.

Results:

The variance analysis of the data showed a significant difference between genotypes and drought stress levels for most of the investigated traits at an error probability level of 1 or 5%. Also, the interaction effect of drought stress × genotype was significant on all the measured traits except the shoot dry weight. A decrease in soil moisture showed a sharp decline in relative water content. The root length increased with the reduction of water in the soil and reached the maximum value in the field capacity of 60%. Decreasing soil moisture to 60% FC not only did not reduce biomass but also placed it at a higher level than 80% FC moisture in some genotypes. The highest yield of essential

Copyright: © 2024 by the authors. Published by Research Institute of Forests and Rangelands (http://ijrfpbgr.areeo.ac.ir//) .This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0),(http://creativecommons.org/licenses/by/4.0)

oil was observed in 60% FC irrigation. At irrigation levels of 80% FC, 60% FC and 40% FC, respectively, Khorramabad (L1), Faridoshar (IS3) and Unknown (F) populations had the highest essential oil yield. Cluster analysis classified the masses into three groups under stress conditions. Group I consisted of 7 populations. Daran (IS2), Arak (M2) and Gharachaman (E-A) in group II were identified with average values. Group III included unknown populations, Feridunshahr and Markazi. Khorramabad and Qazvin had higher levels of thymol than other treatments under mild stress and normal conditions. Thymol values decreased in most populations under severe stress conditions. The trend of carvacrol changes increased first and decreased with tension intensification.

Conclusion:

The type and percentage of essential oil compounds changed due to population type and irrigation level. Like most plants, Thyme Danai populations showed physiological and morphological reactions to drought stress conditions. Considering the efficiency of essential oil production and the percentage of important and influential compounds of thymol and carvacrol, Khorramabad, Qazvin, and Feridunshahr populations can be selected as superior populations under normal conditions and mild water stress. The relative stability of thymol and carvacrol compounds under irrigation conditions at 40% of crop capacity suggests that Qom and Urmia populations were candidates for further drought stress tests.

Keywords: Soil water deficit, essential oil, Field capacity, *Thymus daenensis.*

تأثیر سطوح مختلف رطوبت خاک بر صفات رشدی، عملکردی و ترکیبات اسانس برخی از جمعیت‌های آویشن دنایی ***Thymus daenensis* Celak**

عباس پورمیدانی[1*] و منیره محبی‌کیا[2]

*۱. نویسنده مسئول، استادیار، بخش تحقیقات جنگلها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قم، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، قم، ایران، پست‌الکترونیک: abbas.pourmeidani@gmail.com

۲- کارشناس ارشد اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۲۶

چکیده

سابقه و هدف:

آویشن دنایی (*Thymus daenensis* Celak) گونه‌ای دارویی و معطر است که در صنایع بهداشتی، دارویی و غذایی کاربرد فراوانی دارد. در حال حاضر بخش زیادی از نیاز به گیاهان دارویی کشور از طریق برداشت از عرصه‌های طبیعی تأمین می‌گردد. ازاین‌رو، گسترش کشت این گونه در اراضی زراعی ضروریست. از آنجا که سطح وسیعی از این اراضی در معرض تنش خشکی قرار دارند، این تحقیق به منظور ارزیابی اثر سطوح مختلف آبیاری بر خصوصیات جمعیت‌های مختلف آن در ایستگاه تحقیقات کشاورزی پردیسان قم در شرایط گلخانه انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل دو عاملی و در قالب طرح کاملاً تصادفی (CRD) در سه تکرار (هر تکرار ۶ گلدان) اجرا شد. فاکتور اول شامل ۱۳ جمعیت آویشن دنایی (۱۲ جمعیت از مناطق مشخص کشور و یک جمعیت ناشناخته) و فاکتور دوم شامل آبیاری در ۸۰ درصد (شاهد)، ۶۰ درصد و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی خاک (Field Capasity=FC) بود. با توجه به تعریف تیمارهای آبیاری، گلدان‌های هر تیمار پس از کاهش ۲۰ درصد از وزن هر گلدان آبیاری شدند. بدین منظور گلدان‌ها به‌صورت روزانه وزن شده و در صورت کمتر بودن وزن آنها از حد معین برای هر تیمار، میزان آب مورد نیاز به هر گلدان اضافه شد. با ظهور اولین نشانه‌های گلدهی، صفات مورفولوژیکی و عملکردی شامل طول اندام هوایی و ریشه، وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه اندازه‌گیری شد. برای استخراج اسانس از روش تقطیر با آب توسط دستگاه طرح کلونجر طبق فارماکوپه بریتانیا برای مدت سه ساعت که بالاترین بازده استخراج اسانس را دارد، استفاده شد. داده‌های جمع‌آوری شده تجزیه واریانس شدند و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. همچنین جمعیت‌ها در دو شرایط آبیاری ۸۰ درصد (شاهد) و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی خاک به روش وارد خوشه‌بندی شدند. کروماتوگرام‌ها و طیف‌های جرمی اسانس‌های به‌دست آمده، با استفاده از دستگاه‌های گاز کروماتوگرافی (GC) و گاز کروماتوگرافی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC/MS) بدست آمد. سپس با استفاده از شاخص بازداری ترکیبات، بررسی طیف‌های جرمی هر ترکیب و مقایسه با ترکیب‌های استاندارد و استفاده از اطلاعات موجود در کتابخانه دستگاه طیف‌سنج جرمی، ترکیب‌های تشکیل دهنده اسانس‌ها شناسایی شدند. محاسبات کمی (تعیین درصد هر ترکیب) به کمک نرم‌افزار دستگاه GC انجام شد.

نتایج

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، بین جمعیت‌ها و سطوح تنش خشکی برای بیشتر صفات تحت بررسی در سطح احتمال خطای ۱ یا ۵ درصد تفاوت معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل تنش خشکی در جمعیت بر تمامی صفات به‌جز وزن خشک اندام هوایی معنی‌دار بود. کاهش شدید محتوای نسبی آب

با کاهش رطوبت خاک مشهود بود. طول ریشه با کاهش آب در خاک افزایش و در ۶۰ درصد ظرفیت زراعی به حداکثر مقدار رسید. کاهش رطوبت خاک به ۶۰ درصد ظرفیت زراعی نه تنها ماده خشک تولیدی را کاهش نداد، بلکه آن را نسبت به رطوبت ۸۰ درصد ظرفیت زراعی در برخی از جمعیت‌ها افزایش داد. بیشترین بازده اسانس در آبیاری ۶۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد. در سطوح آبیاری در ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی به‌ترتیب جمعیت‌های خرم‌آباد با (۱/۳۲)، فریدونشهر با (۲/۰۳) و جمعیت ناشناخته با (۱/۶۶ درصد) بیشترین بازده اسانس را داشتند. تجزیه‌وتحلیل خوشه‌ای براساس میانگین کلیه صفات در شرایط تنش، جمعیت‌ها را در سه گروه طبقه‌بندی کرد. گروه اول از ۷ جمعیت تشکیل شد. جمعیت‌های داران، اراک و قره‌چمن در گروه دوم با مقادیر متوسط قرار گرفتند. گروه سوم شامل جمعیت‌های ناشناخته، فریدونشهر و مرکزی بودند. میزان تیمول در دو جمعیت خرم‌آباد و قزوین به ترتیب در شرایط تنش ملایم و شرایط نرمال بیش از سایر تیمارها بود. مقادیر تیمول در بیشتر جمعیت‌ها در شرایط تنش شدید کاهش یافت. روند تغییرات کارواکرول ابتدا افزایشی و با تشدید تنش کاهشی شد.

نتیجه‌گیری: در این تحقیق نوع و درصد ترکیبات اسانس تحت تأثیر نوع جمعیت و سطح آبیاری تغییر کرد. جمعیت‌های آویشن دنایی مانند بیشتر گیاهان به شرایط تنش خشکی واکنش فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی نشان دادند. با توجه به بازدهی تولید اسانس و درصد ترکیبات مهم و مؤثر تیمول و کارواکرول، جمعیت‌های خرم‌آباد، قزوین و فریدونشهر را می‌توان به عنوان جمعیت‌های برتر در شرایط نرمال و تنش ملایم آبی انتخاب کرد. همچنین با توجه به ثبات نسبی درصد ترکیبات تیمول و کارواکرول در شرایط آبیاری در ۴۰ درصد ظرفیت زراعی نسبت به شاهد، دو جمعیت قم و ارومیه را می‌توان برای آزمایش‌های بیشتر جهت تحمل به تنش خشکی کاندید کرد.

واژه‌های کلیدی: آب خاک، اسانس، ظرفیت زراعی، آویشن دنایی

مقدمه

آویشن دنایی (*Thymus daenensis*) متعلق به خانواده Lamiaceae و یکی از چهار گونه انحصاری ایران می‌باشد. این گونه در برخی مناطق کشور به‌ویژه استان‌های مرکزی و غربی پراکنش دارد. آویشن دنایی از نظر مورفولوژیک علفی و چندساله، دارای ساقه‌های متعدد صاف و بدون خمیدگی با ارتفاع ۳۰-۲۵ سانتی‌متر است. برگ‌ها کوچک و تخم‌مرغی، نوک‌تیز و به طول یک سانتی‌متر هستند. گل‌ها به صورت مجتمع و به رنگ سفید مایل به بنفش بوده و کاسه گل لوله-ای شکل و دندانه‌های نیم میلی‌متری در لبه آن قرار دارد. ساقه‌ها کرکدار تا صاف و قائده ساقه‌ها خشبی می‌گردد (Golparvar *et al*., 2018). این گونه دارای کاریوتیپ نامتقارن‌تر و کامل‌تر نسبت به گونه‌های دیگر آویشن و از لحاظ سطح پلوئیدی دیپلوئید 2n=2x= 30 است (Daftari & Safarnegad, 2010).

آویشن دنایی به عنوان یک گیاه دارویی و معطر با ارزش شناخته شده و تحقیقات فراوانی اثرهای ضدباکتریایی و آنتی‌کسیدانی قوی این گونه را نشان می‌دهد (Dauqan & Abdullah, 2017). در حال حاضر مراتع مرغوب مناطق مرتفع استان‌های آذربایجان، زنجان، لرستان و کهگیلویه و بویراحمد (دامنه‌های غربی رشته کوه زاگرس) منبع اصلی تهیه این گیاه می‌باشد. لزوم حفظ توده‌های طبیعی و ضرورت دستیابی به توده‌های برتر و یکنواخت برای استفاده در تولید داروهای گیاهی و افزایش کیفیت و پایداری ترکیبات اسانس، موجب گسترش کشت این گونه شده است.

ایران با متوسط بارندگی ۲۵۰ میلی‌متر در سال جزو منطقه خشک محسوب می‌شود و کمبود منابع آبی در بسیاری از مناطق یک نگرانی جدی است (آمارنامه هواشناسی، ۱۴۰۱). این شرایط نیاز به اتخاذ روش‌های مؤثر در مصرف صحیح آب در بخش کشاورزی را فزونی بخشیده است. روش‌هایی مانند کشت گیاهان مقاوم، شناخت ارتباط کمبود آب خاک و رشد محصولات در هر مرحله و بررسی واکنش‌های مورفولوژیکی در مقابله با تنش می‌تواند مفید باشد. امروزه با به‌دست آمدن اطلاعات بیشتر در مورد تحمل

گیاهان به تنش‌های محیطی و شناسایی سازوکارهای موجود در ژنوتیپ‌های متحمل، راه برای مدیریت تنش‌ها در تولید محصولات مختلف فراهم شده است (Makarova *et al*., 2013).

در گیاهان دارویی عوامل محیطی بر تولید و ترکیب اسانس تأثیر می‌گذارند (Mahmoud *et al*., 2018). عملکرد گیاهان دارویی زمانی مقرون به صرفه خواهد بود که مواد مؤثره بیشتر و پایداری تولید شود. بنابراین تحقیق در مورد چگونگی افزایش کمیت و کیفیت مواد مؤثره مورد توجه محققان قرار گرفته است. انتخاب ژنوتیپ گیاهی با نیاز آبی کمتر و متحمل به کم آبی خاک، علاوه بر کمک به مصرف بهینه آب، راه را برای گسترش کشت آن گونه فراهم می‌کند (Gaballah *et al*., 2021). مطالعات مختلف حکایت از واکنش متفاوت گیاهان دارویی به تنش کم آبیاری دارد. در بیشتر موارد به اثبات رسیده که کمبود رطوبت، گیاه را وادار به واکنش‌های مختلف مورفولوژیکی مانند کاهش سطح برگ، خزان زودرس، کاهش اندام هوایی، افزایش رشد ریشه، کاهش سرعت رشد، تجمع آنتی‌اکسیدانت و مواد محلول و فعالیت ژن‌های خاص تنش می‌کند (Bayati *et al*., 2020).

در تحقیقی به منظور بررسی تأثیر تنش خشکی بر برخی صفات زراعی ۱۲ اکوتیپ آویشن دنایی از مناطق مختلف ایران، آزمایشی در دو محیط تنش خشکی و بدون تنش انجام شد. در محیط تنش صفات طول برگ، سطح تاج پوشش و وزن تر اندام هوایی نسبت به شرایط بدون تنش کاهش نشان دادند. بر این اساس، صفات وزن تر و خشک اندام هوایی، تعداد روز تا اولین گلدهی و ۵۰٪ گلدهی صفات مرتبط با تحمل به خشکی بودند (Shahroudi *et al*., 2023).

در یک تحقیق گلخانه‌ای ۱۷ جمعیت آویشن کوهی *Thymus kotschyanus* تنوع بالایی را برای تحمل به خشکی نشان دادند و این گونه نسبت به تنش خشکی نیمه متحمل بود، به‌طوری‌که با افزایش تنش خشکی، طول و وزن اندام هوایی و محتوای نسبی آب برگ کاهش و برای طول ریشه، میزان و بازده اسانس در تنش خشکی مقادیر بالاتری مشاهده شد. بیشترین وزن اندام هوایی و بازده اسانس در تنش متوسط به‌دست آمده و در نهایت جمعیت‌های مناسب آویشن کوهی برای توسعه کشت در دیمزارها معرفی شدند (Pourmeidani *et al*., 2017).

Babalar و همکاران (۲۰۱۴) تنوع مورفولوژیکی و بازده اسانس ۱۰ جمعیت آویشن کوهی (*Thymus kotschyanus*) را بررسی کردند. صفات تعداد گل در گل-آذین، فاصله میان‌گره، وزن خشک و وزن تر بیشترین همبستگی را با بازده اسانس نشان دادند. در تحقیقی دیگر بیشترین عملکرد ماده خشک در آویشن باغی *Thymus vulgaris* در شرایط رطوبت خاک ۷۰ درصد مشاهده شد (Letchamo & Gosselin, 1995).

Khorrami و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که تولید اسانس و درصد ترکیب تیمول آویشن دنایی بیش از آویشن باغی است. در میان ۴۳ ترکیب شناسایی شده از روغن اسانس استحصال شده از اندام‌های هوایی گونه *Th.daenensis* جمع‌آوری شده از همدان، سه ترکیب تیمول (۷۳٪/۹)، کارواکرول (۶٪/۷) و پاراسیمن (۴٪/۶) بالاترین درصد را داشتند. در تحقیق دیگری ترکیبات عمده تشکیل دهنده اسانس دو گونه *Th. kotschyanus* و *Th. daenensis* توسط Nikavar و همکاران (۲۰۱۳) بررسی شد، ترکیبات اصلی شامل تیمول (۷۴/۷٪)، بتاکاریوفیلین (۳٪/۸)، کارواکرول (۳٪/۶) و سیمن (۶٪/۵) در گونه *Th. daenensis* و تیمول (۳۸٪/۶)، کارواکرول (۳۳٪/۹)، آلفا ترپینئول (۸٪/۲) و سیمن (۳٪/۷) در *Th. kotschyanus* می‌باشد. همچنین Bagci و همکاران (۲۰۰۴)، ترکیبات اسانس دو گونه *Th. haussknechtii* و *Th. kotschyanus* را از منطقه آنتالیای ترکیه بررسی کردند، ۷۸ ترکیب به ترتیب ۸۸٪ و ۹۱٪ از کل ترکیبات اسانس را تشکیل داد که به ترتیب ترکیب ۱و۸ سینئول (۲۱٪/۵) و تیمول (۴۷٪/۵) ترکیبات غالب اسانس را تشکیل دادند.

Sefidkon و همکاران (۲۰۰۵)، به مطالعه روی گونه *Th. eriocalyx* متعلق به نقاط مختلف ایران پرداختند، سه

ترکیب لینالول (۶۰/۴–۱/۸٪)، ژرانیول (۵۰/۵ –۱/۰٪) و تیمول (۵۸/۴ –۱/۶٪) بالاترین میزان را به خود اختصاص دادند. Lozine و Venskutonis (۲۰۰۵)، با بررسی عوامل محیطی بر روی *Th. Pulegiodis* چهار تیپ شیمیایی شامل ژرانیول/ ژرانیال، تیمول/لینالول، کارواکرول/گاماترپنین و تیمول/ کارواکرول/پاراسیمن را معرفی کرده و بیان داشتند که تغییرات در شرایط محیطی می‌تواند روی ترکیبات شیمیایی اسانس تأثیرگذار باشد.

برداشت گیاه از زیستگاه‌های طبیعی می‌تواند باعث نابودی بخش زیادی از ژرم‌پلاسم ارزشمند شده و جامعه را از فواید آنان در تولید ارقام اصلاحی با کمیت و کیفیت بالاتر محروم کند. از سویی لازمه کشت صنعتی، همگنی ویژگی‌های فیتوشیمیایی و مورفوفنولوژیکی جمعیت مورد نظر است که این ویژگی در جمعیت‌های طبیعی و وحشی صدق نمی‌کند. با توجه به اهمیت اقتصادی، دارویی و صنعتی آویشن دنایی، بررسی تأثیر تنش خشکی بر خصوصیات رشدی و فیتوشیمیایی آن حائز اهمیت است. بنابراین اهداف این تحقیق شامل شناخت تأثیر سطوح آبیاری بر صفات مهم مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی جمعیت‌های مختلف این گونه و مطالعه تنوع ژنتیکی بین جمعیت‌های آن در کشور به منظور معرفی جمعیت‌های برتر بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل دو عاملی و در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار (هر تکرار ۶ گلدان) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی قم اجرا شد. فاکتور اول شامل ۱۳ جمعیت آویشن دنایی (جدول ۱) و فاکتور دوم شامل سطوح آبیاری در ۸۰ درصد (شاهد)، ۶۰ درصد و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی خاک (Field Capasity=FC) بود.

در این آزمایش از گلدان‌های چهار کیلویی محتوای خاک لومی – شنی استفاده شد. برای تعیین میزان آب مورد نیاز هر گلدان در هر بار آبیاری، در ابتدای آزمایش ظرفیت زراعی خاک استفاده شده در گلدان‌ها مشخص گردید. برای انجام این کار از روش وزنی استفاده شد، بدین‌صورت که نمونه‌ای از خاک را در دستگاه آون و در دمای ۱۰۵°C به مدت ۲۴ ساعت خشک کرده و بعد با ریختن سه کیلوگرم از خاک کاملاً خشک در گلدان به تدریج به آن آب اضافه شد. پس از اشباع کامل و شروع خروج آب از انتهای گلدان، اضافه کردن آب قطع و پس از سپری شدن زمان هشت ساعت و خروج آب‌های اضافی، گلدان دوباره وزن گردید. این وزن برابر با وزن خاک در حالت ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی در نظر گرفته شد که برابر با ۳۹۸۳ گرم بود. به عبارت دیگر، ظرفیت زراعی خاک آزمایشی برابر با ۲۴/۷ درصد بود. این عدد از نسبت ۹۸۳ (وزن آب در ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی) بر ۳۹۸۳ (وزن گلدان در ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی) بدست آمد.

پس از کاشت بذرها، گلدان‌ها در شرایط گلخانه با دمای ۲±۲۴°C در روز و ۲±°C ۱۵ در شب قرار گرفتند. تا زمان استقرار اولیه نهال، همه گلدان‌ها در حد ظرفیت زراعی آبیاری شدند. با توجه به تعریف تیمارهای آبیاری، گلدان‌های هر تیمار پس از کاهش ۲۰ درصد از وزن هر گلدان آبیاری شدند. به عبارت دیگر، گلدان‌های هر تیمار به‌ترتیب با رسیدن رطوبت خاک به ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی آبیاری شدند. بدین منظور گلدان‌ها به‌صورت روزانه وزن شده و در صورت کمتر بودن وزن گلدان‌ها از حد معین برای هر تیمار، میزان آب مورد نیاز به هر گلدان اضافه شد. پس از اعمال تیمارهای آبیاری و با ظهور اولین نشانه‌های گلدهی (دو ماه پس از اعمال تیمارها)، اندازه‌گیری صفات رشدی مانند طول اندام هوایی انجام و برای اندازه‌گیری سایر صفات، بوته‌ها از گلدان خارج و کاملاً شستشو شدند. پس از اندازه‌گیری طول و وزن تر ریشه و اندام هوایی، بوته‌ها در پاکت‌های کاغذی قرار داده شدند تا صفات مختلف ازجمله درصد و ترکیب اسانس در مراحل بعدی اندازه‌گیری و تعیین شود.

با ظهور اولین نشانه‌های گلدهی برای استخراج اسانس از کل اندام هوایی، از روش تقطیر با آب با دستگاه کلونجر طبق فارماکوپه بریتانیا به مدت سه ساعت استفاده شد

(British pharmacopoeia, 1988). ابتدا ماده گیاهی در سایه خشک شده خرد و بعد ۱۰۰ گرم از پودر گیاه خشک شده، به مدت سه ساعت اسانس‌گیری شد. اسانس توسط سرنگ جمع‌آوری و آبگیری با سولفات سدیم بدون آب انجام و بازده اسانس نمونه‌ها به روش حجمی نسبت به وزن خشک محاسبه گردید.

به منظور بررسی کیفی اسانس، نمونه‌های اسانس با دی-کلرومتان با نسبت ۱:۱۰ رقیق شده و به دستگاه GC/MS تزریق و کروماتوگرام‌ها و طیف‌های جرمی مربوط بدست آمد. سپس با استفاده از شاخص بازداری ترکیبات، بررسی طیف‌های جرمی هر ترکیب و مقایسه با ترکیب‌های استاندارد و استفاده از اطلاعات موجود در کتابخانه دستگاه طیف‌سنج جرمی، ترکیب‌های تشکیل دهنده اسانس‌ها شناسایی شدند. محاسبات کمی (تعیین درصد هر ترکیب) به کمک دستگاه GC و به روش نرمال کردن سطح و نادیده گرفتن ضرایب پاسخ (Response factor) مربوط به ترکیبات انجام شد.

محتوای نسبی آب برگ به روش Ritchie و همکاران (۱۹۹۰) انجام شد. وزن تر، وزن اشباع (۲۴ ساعت در دمای چهار درجه سانتی‌گراد در آب مقطر) و وزن خشک (۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه درون آون) آن اندازه‌گیری شده و با قرار دادن اعداد حاصل در فرمول زیرمحتوی نسبی آب برگ (RWC) بدست آمد (DW: وزن خشک، FW: وزن تر، SW: وزن اشباع).

$$RWC = \frac{FW-DW}{SW-DW} * 100$$

تجزیه واریانس با کمک نرم‌افزار آماری MSTATC و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. همچنین جمعیت‌ها به روش ماتریس فاصله پیرسون و با استفاده از نرم‌افزار R خوشه‌بندی (روش وارد) شدند.

جدول ۱- مشخصات محل جمع‌آوری جمعیت‌های آویشن دنایی

Table 1. Information on the habitats of the *Thymus daenensis* populations

No.	Origin province	County	Abbre.	Sample ID.	Altitude (m a.s.l.)	longitude	latitude
1	West Azerbaijan	Urmia	W-A	-	1920	37°29'	44°45'
2	Unknown	Unknown	F	-	-	-	-
3	East Azerbaijan	Qara Cheman	E-A	-	1500	37°41'	46°59'
4	Qom	Qom	Q	15656	1965	34°05'	49°24'
5	Qazvin	Qazvin	Qz	20088	1500	36°26'	50°07'
6	Isfahan	Fereidan	Is1	10122	2300	33°13'	50°56'
7	Isfahan	Daran	Is2	18209	2500	32°98'	50°39'
8	Isfahan	Fereydun shahr	Is3	14077	2490	32°92'	50°11'
9	Markazi	Markazi	M1	13611	1965	34°05'	49°24'
10	Markazi	Arak	M2	15656	2404	34°11'	49°29'
11	Lorestan	Khoramabad	L1	1110	1900	33°25'	48°40'
12	Lorestan	Aleshtar	L2	14269	1750	33°80'	48°40'
13	Zanjan	Zanjan	Z	-	1638	36°73'	48°40'

نتایج

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها

داده‌ها نشان داد، بین جمعیت‌ها و سطوح تنش خشکی برای صفات محتوای نسبی آب برگ، طول ریشه، وزن خشک ریشه، طول اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، نسبت طول ریشه به اندام هوایی، وزن ریشه نسبت به وزن اندام هوایی و بازده اسانس، همچنین اثر متقابل تنش خشکی در جمعیت بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده به‌جز وزن خشک اندام هوایی معنی‌دار بود (جدول ۲) که نشان می‌دهد جمعیت‌ها برای این پارامترها نسبت به سطوح خشکی واکنش متفاوتی نشان دادند.

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات تحت بررسی حاصل از اثر سطوح تنش خشکی بر ۱۳ جمعیت آویشن دنایی

Table 3. Analysis of variance of the studied traits obtained from the effect of water stress levels in 13 popuations of *Thymus daenensis*

Sources	DF	MS								
		Shoot Length	Root Length	Shoot dry weight	Root dry weight	RSL	RSW	RWC	DM%	Oil%
Water Stress (S)		0.4**	178.84**	0.26**	0.06**	2.09**	0.2^{0**}	1076.5**	21.84**	0.15**
Genotype (G)		0.17**	100.83**	0.13*	0.02**	0.44**	0.10**	298.66**	14.7**	0.03**
S x G		0.03**	44.71**	0.07	0.009**	0.13*	0.01**	515.18**	2.71**	0.07**
Error		0.02	17.07	0.062	0.002	0.07	0.008	13.39	1.92	0.003
CV (%)		4.76	16.46	19.26	7.1	19.42	18.25	4.94	16.4	9.95

RWC=Relative leaf water content, RSL=Root Shoot length ratio, RSW= Root Shoot weight ratio

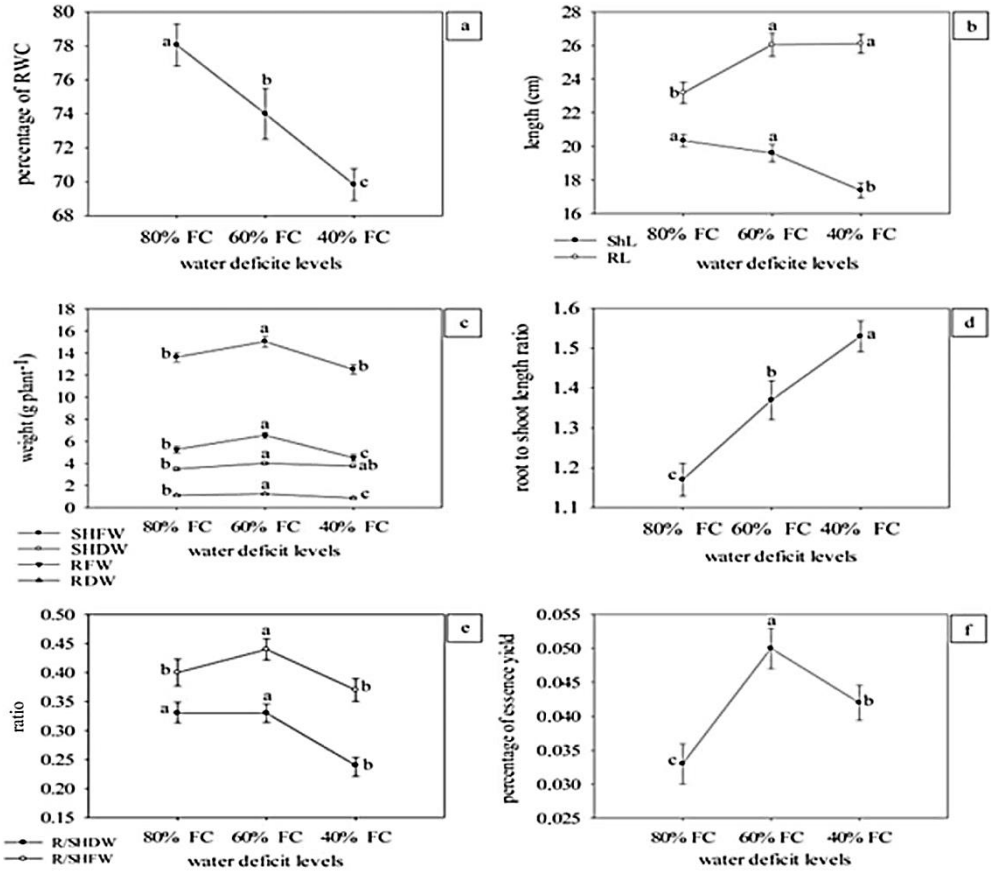
* and **: significant at 5% and 1% probability levels, respectively

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

کاهش شدید محتوای نسبی آب در دو مرحله کاهش رطوبت خاک کاملاً مشهود بود (شکل ۱a). واکنش جمعیت-های مختلف در سطوح مختلف آب خاک نشان داد، در ۸۰٪ ظرفیت زراعی، جمعیت‌های مرکزی و فریدونشهر به ترتیب دارای بیشترین و کمترین سطح محتوای نسبی آب برگ بود. در حالی که در تنش ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی جمعیت‌های قره‌چمن و فریدونشهر بالاترین سطح محتوای نسبی آب برگ را داشتند (جدول ۳). همانطور که در شکل ۱b مشاهده می‌شود، طول ریشه با کاهش آب در خاک افزایش یافته و در ظرفیت زراعی ۶۰٪ به حداکثر مقدار رسیده است. تفاوت معنی‌داری بین مقادیر ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی وجود نداشت. از سویی وزن خشک ریشه ابتدا با کاهش سطح آب خاک به ۶۰ درصد ظرفیت زراعی افزایش و بعد با افزایش تنش آبی به ۴۰ درصد ظرفیت زراعی کاهش نشان داد (شکل ۱c). در شرایط نرمال، فریدونشهر بیشترین میانگین طول و وزن خشک ریشه را داشت (جدول ۳).

طول اندام هوایی در تنش ملایم ۶۰ درصد ظرفیت زراعی تغییر محسوسی نکرد (شکل ۱b)، در حالی که افزایش تنش آبی خاک به ۴۰ درصد ظرفیت زراعی طول ساقه گیاه را به‌طور قابل توجهی کاهش داد. همچنین وزن تر و خشک اندام هوایی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سطح آب خاک قرار گرفت. به‌طوری‌که حداکثر عملکرد زیست جمعیت گیاهی در ۶۰ درصد ظرفیت زراعی بدست آمد و با کاهش رطوبت خاک به ۴۰ درصد کاهش یافت. به‌عبارتی کاهش رطوبت خاک به ۶۰ درصد ظرفیت زراعی نه‌تنها بیوماس را کاهش نداد، بلکه آن را نسبت به رطوبت ۸۰ درصد ظرفیت زراعی در برخی از جمعیت‌ها در سطح بالاتری قرار داد. در شرایط آبیاری نرمال، جمعیت فریدونشهر دارای بالاترین میانگین طول ساقه بود. با کاهش سطح آب خاک از ۸۰ به ۶۰ درصد ظرفیت زراعی افزایش جزئی و با کاهش به ۴۰ درصد ظرفیت زراعی کاهش قابل توجهی در طول ساقه در همه جمعیت‌ها مشاهده شد. تنها استثناء جمعیت ناشناخته بود که بدون تغییر در طول ساقه تحت شرایط مختلف آب خاک باقی ماند.

کمترین نسبت طول ریشه به اندام هوایی در جمعیت‌های مرکزی و قره‌چمن در ۸۰ درصد ظرفیت زراعی و بیشترین مقدار در جمعیت‌های فریدن و زنجان مشاهده شد. مقدار نسبت طول ریشه به اندام هوایی در برخی از جمعیت‌ها مانند قزوین با کاهش سطح آب خاک افزایش یافت (جدول ۳). کمترین بازده اسانس در شرایط آبیاری نرمال و بیشترین میزان در آبیاری ۶۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد (شکل ۱f). در سطوح آبیاری در ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی به‌ترتیب جمعیت‌های خرم‌آباد با (۱/۳۲)، فریدونشهر با (۲/۰۳) و جمعیت ناشناخته با (۱/۶۶) درصد بیشترین بازده اسانس را داشتند (جدول ۳).



شکل ۱. تأثیر سطوح مختلف آب خاک بر میانگین و (اشتباه استاندارد) صفات تحت بررسی جمعیت‌های آویشن دنایی

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار براساس آزمون دانکن است.

Figure 1. The effects of soil water deficit levels on the means±SE of traits of *Th. daenensis*.
SHFW=Shoot fresh weight, SHDW=Shoot dry weight, RFW=Root fresh weight, RDW=Root dry weight
SHL=Shoot length, RL=Root length, RWC=Relative leaf water content, RSL=Root Shoot length ratio,
RSDW= Root Shoot dry weight ratio, RSFW= Root Shoot fresh weight ratio,
Means followed by the same letter are not significantly different based on Duncan test

تجزیه خوشه‌ای

تجزیه‌وتحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی دو طرفه براساس میانگین کلیه صفات به روش وارد در شرایط آبیاری نرمال و آبیاری در ۴۰ درصد ظرفیت زراعی در شکل ۲ ارائه شده است. در شرایط نرمال جمعیت‌ها در سه گروه طبقه‌بندی شدند (شکل ۲a). گروه I شامل ۵ جمعیت ارومیه، الشتر و قره‌چمن با مقادیر متوسط همه صفات و جمعیت ناشناخته و فریدن دارای میانگین خصوصیات ساقه و ریشه و دارای مقادیر متوسط تا زیاد محتوای نسبی آب برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی و بازده اسانس بودند. گروه II شامل جمعیت‌های قزوین، خرم‌آباد و مرکزی بیان متوسطی از تمام صفات اندازه‌گیری شده را نشان دادند. گروه III شامل جمعیت‌های قم، زنجان، داران، اراک و فریدونشهر با مقادیر متوسط تا کم محتوای نسبی آب برگ، وزن خشک و تر و بازده اسانس و مقادیر متوسط تا زیاد طول ساقه و ویژگی-های ریشه مشخص شدند. در شرایط تنش ۴۰ درصد ظرفیت زراعی، ۱۳ جمعیت آویشن دنایی در سه گروه اصلی قرار گرفتند (شکل ۲b). گروه اول از ۷ جمعیت تشکیل شد.

پیبشتر جمعیت‌ها در این گروه دارای مقادیر متوسط تا زیاد خصوصیات ریشه و مقادیر متوسط تا پایین طول ساقه، محتوای نسبی آب برگ و بازده اسانس بودند. جمعیت‌های داران، اراک و قره‌چمن در گروه دوم قرار گرفتند و با مقادیر متوسط بازده اسانس، وزن تر و خشک اندام هوایی و مقادیر متوسط تا زیاد محتوای نسبی آب برگ و طول اندام هوایی مشخص شدند. گروه سوم شامل جمعیت‌های ناشناخته، فریدونشهر و مرکزی مقادیر متوسط تا بالای طول اندام هوایی، محتوای نسبی آب برگ و بازده اسانس داشتند.

جدول ۳. مقایسه میانگین صفات در جمعیت‌های آویشن دنایی در سطوح مختلف تنش آبی (ظرفیت زراعی)

Table 3. Means of genotypes in different soil water deficit levels of studied traits (FC=Field capacity)

Genotype	Origin	Shoot length (cm)			Root length (cm)			Relative water content (%)		
Abbre.		0.80FC	0.60FC	0.40FC	0.80FC	0.60FC	0.40FC	0.80FC	0.60FC	0.40FC
WA	Urmia	21.62 ab	17.14 e	15.40 d	25.4 ab	27.4 abc	21.5 de	84.4 cde	71.2 cd	69.8 bc
F	Unknown	16.50 d	18.48 de	17.44 c	18.8 d	20.2 e	20.6 e	84.4 cde	64.6 de	66.0 cd
EA	Qara Cheman	22.26 ab	19.98 d	16.98 cd	23.4 bc	21.4 de	24.9 cde	78.4 def	92.0 a	75.0 b
Q	Qom	20.02bcd	18.26 de	15.84 d	22.3 bc	30.8 a	28.7 a-d	71.2 fg	85.8 b	61.6 d
Qz	Qazvin	17.60 cd	16.50 e	15.18 d	19.3 cd	24.7 b-e	30.6 a-c	76.8 ef	66.2 de	67.8 cd
Is1	Fereidan	16.06 d	16.94 e	18.78 bc	22.4 bc	26.8 abc	32.4 a	83.4 cde	83.2 bc	54.0 e
Is2	Daran	21.96 ab	20.36 cd	18.26 bc	25.6 ab	29.2 ab	30.5 abc	76.6 ef	90.4 ab	71.6 bc
Is3	Fereydunshahr	23.48 ab	27.72 a	19.22 bc	29.1 a	31.7 a	23.7 cde	60.6 h	70.4 d	88.0 a
M1	Markazi	21.70 ab	20.26 cd	20.24 ab	19.5 cd	20.4 de	24.5 cde	96.0 a	73.2 cd	67.0 cd
M2	Arak	23.12 ab	24.20 b	20.34 ab	24.6 bc	24.5 b-e	26.3 b-e	68.2 g	60.4 e	74.8 b
L1	Khoramabad	18.62 cd	18.18 de	15.98 d	19.8 cd	25.2 bcd	25.5 b-e	80.2 de	65.0 de	73.2 hc
L2	Aleshtar	21.48 ab	16.86 e	15.10 d	25.4 ab	28.2 abc	21.9 de	88.2 bc	73.6 cd	71.2 bc
Z	Zanjan	20.10bcd	20.02 cd	17.16 c	25.7 ab	27.8 abc	28.3 a-d	66.4 gh	66.0 de	67.8 cd

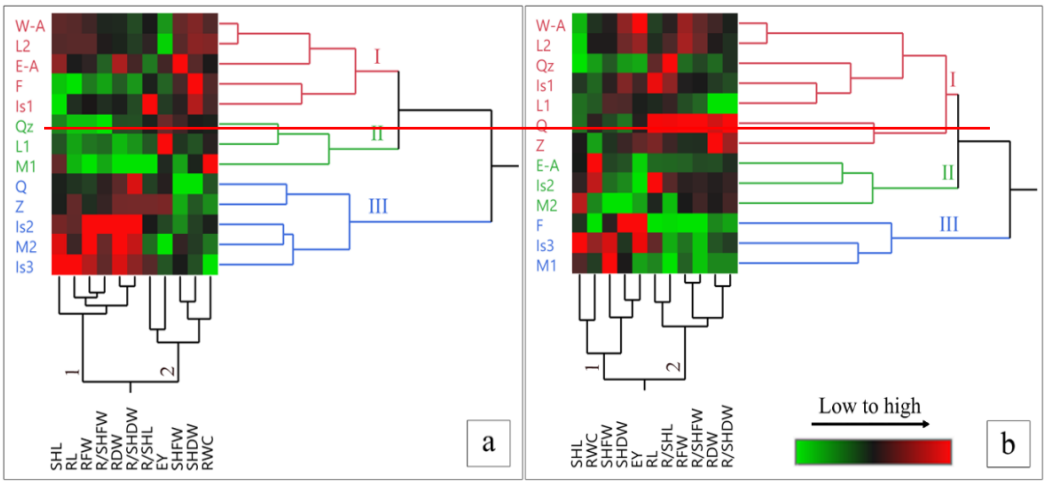
ادامه جدول ۳.

Continue Table 3.

Genotype	Origin	Root Shoot length ratio			Root Shoot weight ratio			Oil %		
Abbre.		0.80FC	0.60FC	0.40FC	0.80FC	0.60FC	0.40FC	0.80FC	0.60FC	0.40FC
WA	Urmia	1.17 bc	1.58 ab	1.40 b-f	0.27 g-m	0.34 bcd	0.22 cd	0.39 g	1.54 bc	0.99 de
F	Unknown	1.15 bc	1.10 c	1.19 f	0.20 j-m	0.16 e	0.22 cd	0.47 fg	0.86 de	1.66 a
EA	Qara Cheman	1.06 cd	1.10 c	1.49 bcd	0.38 b-i	0.33 bcd	0.19 de	0.83 cde	0.56 fg	0.64 fg
Q	Qom	1.12 bc	1.71 a	1.82 ab	0.46 a-d	0.57 a	0.39 a	0.72 de	1.56 c	0.35 h
Qz	Qazvin	1.15 bc	1.52 ab	2.04 a	0.27 g-m	0.21 de	0.32 b	0.96 bc	0.83 de	0.47 g
Is1	Fereidan	1.43 ab	1.57 ab	1.73 bcd	0.28 f-m	0.25 cd	0.23 cd	0.55 ef	0.54 fg	1.49 b
Is2	Daran	1.17 bc	1.44 b	1.70 bcd	0.48 a-c	0.43 ab	0.23 cd	0.53 ef	0.50 g	0.65 fg
Is3	Fereydunshahr	1.26 ab	1.15 c	1.24 ef	0.43 a-f	0.33 cd	0.18 de	0.50 ef	2.03 a	0.45 g
M1	Markazi	0.98 d	1.03 c	1.24 ef	0.18 k-m	0.28 cd	0.14 e	0.60 e	0.60 efg	0.73 fg
M2	Arak	1.07 cd	1.03 c	1.32 def	0.45 a-e	0.38 bcd	0.30 b	0.29 h	0.66 ef	0.66 fg
L1	Khoramabad	1.09 cd	1.43 b	1.60 b-e	0.23 i-m	0.19 de	0.16 e	1.32 a	0.68 ef	1.12 cd
L2	Aleshtar	1.21 bc	1.67 a	1.44 b-f	0.29 f-m	0.34 bcd	0.19 de	0.30 h	1.40 bc	0.89 de
Z	Zanjan	1.30 ab	1.40 b	1.66 bcd	0.41 b-g	0.50 ab	0.33 b	1.01 b	1.32 c	0.82 e

Means followed by the same letter are not significantly different based on Duncan test

حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون دانکن، تفاوت معنی‌داری باهم ندارند



شکل ۲. تجزیه خوشه‌ای جمعیت‌های آویشن دنایی در شرایط آبیاری ۸۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی

Figure 2. Clusters analysis of *Th. daenensis* populations. a: normal condition, b: stress condition. SHFW=Shoot fresh weight, SHDW=Shoot dry weight, RFW=Root fresh weight, RDW=Root dry weight SHL=Shoot length, RL=Root length, RWC=Relative leaf water content, RSL=Root Shoot length ratio, RSDW= Root Shoot dry weight ratio, RSFW= Root Shoot fresh weight ratio,

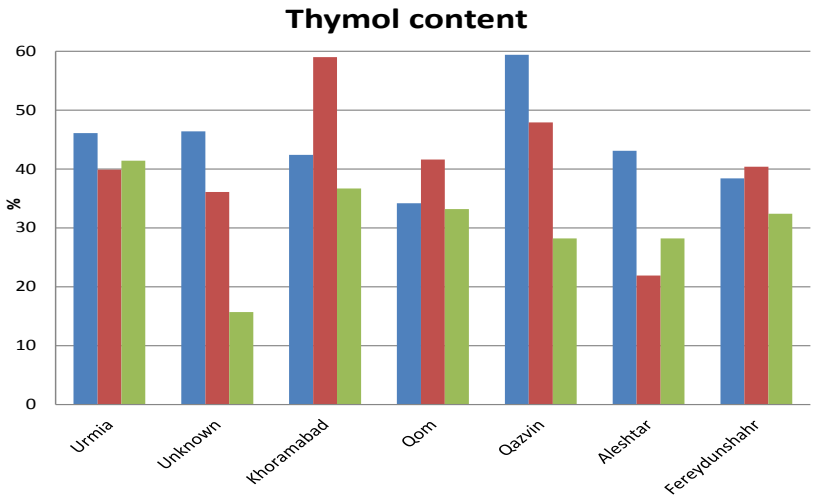
جدول ۴. درصد برخی ترکیبات موجود در اسانس جمعیت‌های برتر آویشن دنایی در تیمارهای مختلف آبیاری (ظرفیت زراعی)

Table 4. The percentage of different compounds in the essential oil of the superior extensions of *Thymus daenensis* in different water deficit levels (field capacity).

Population		α-Pinene	p-cymen	linanene	1,8-cineole	γ-Terpinen	Linalool	borneol	thymol	carvacrol
		Kovats index								
		940	1027	1033	1035	1062	1100	1167	1292	1301
Urmia	0.80FC	3.3	5.4	2.9	2.1	5.3	4.3	5.1	46.1	3.3
	0.60FC	2.7	4.3	1.7	3.2	6.2	5.1	3.1	39.9	4.4
	0.40FC	2.4	7.3	0.5	3.6	8.4	2.2	2.6	41.4	4.2
Unknown	0.80FC	1.8	3.3	2.1	3.4	5	4.7	5.2	46.4	5.5
	0.60FC	-	6.1	2.4	2.9	2.2	6.1	3.4	36.1	9.5
	0.40FC	2.8	6.3	1.6	3.9	9.5	2.6	-	15.7	1.4
Khoramabad	0.80FC	2.9	9.3	3.4	2.3	9.3	3.5	3.9	42.4	3.3
	0.60FC	1.9	4.3	1.3	4.5	5.1	4.3	1.1	61.7	8.4
	0.40FC	2.1	9.3	0.8	3.1	6.2	2.7	-	36.7	1.2
Qom	0.80FC	2.2	4.2	3.2	0.8	6	5.1	2.8	34.2	3.3
	0.60FC	1.7	9.5	2.5	1.5	4.3	6.7	1.6	41.6	7.5
	0.40FC	-	6.3	1.1	1.2	2.1	2.1	1.8	33.2	2.5
Qazvin	0.80FC	2.1	4.1	4.1	1.4	-	2.8	3.6	59.4	9
	0.60FC	1.1	-	2.8	2.3	-	3.1	2.6	47.9	9.2
	0.40FC	2.3	2.1	3.3	2.9	6.8	-	3.1	28.2	2.2
Aleshtar	0.80FC	1.1	1.4	4.5	2.7	3.2	1.7	4.9	43.1	4.3
	0.60FC	1.9	1.2	2.5	3.3	6.8	5.9	3.1	21.9	4.5
	0.40FC	2.6	1.7	4.2	2.8	4.4	1.9	1.9	28.2	8.2
Fereydunshahr	0.80FC	2.4	-	1.2	5.3	5.1	4.3	1.3	38.4	7.4
	0.60FC	1.8	-	1.4	2.1	5.2	3.7	1.7	40.4	2.4
	0.40FC	1.9	3.3	2.2	2.6	-	2.1	3.7	32.4	1.3

صفات فیتوشیمیایی

درصد ترکیبات مختلف موجود در اسانس جمعیت‌های مختلف آویشن دنایی در تیمارهای مختلف آبیاری در جدول ۴ آمده است. از بین ترکیب‌های شیمیایی موجود در اسانس، نه ترکیب بررسی شدند. در بین جمعیت‌های تحت بررسی، بیشترین درصد لینالول در جمعیت‌های الشتر و قم در آبیاری در ۶۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد. از نظر تیمول، بیشترین مقدار در جمعیت خرم‌آباد و در آبیاری ۶۰ درصد ظرفیت زراعی به میزان ۶۱/۷ درصد و پس از آن در جمعیت قزوین و در آبیاری نرمال به میزان ۵۹/۴ درصد مشاهده شد (شکل ۳). ترکیبات linonene، 1,8-cineole، thymol و carvacrol در کلیه جمعیت‌ها و سطوح آبیاری مشاهده شدند. همچنین بیشترین میزان کارواکرول در جمعیت‌های ناشناخته و قزوین در تیمار آبیاری در ۶۰ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب به میزان ۹/۵ و ۹/۲ درصد به ثبت رسید. تغییر مقادیر α-Pinene در سطوح مختلف آبیاری روند ثابتی نداشت. میزان linanene در کلیه تیمارها کم بود. مقادیر 1,8-cineole و γ-Terpinen در سطوح آبیاری در ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی در بیشتر جمعیت‌ها نسبت به شرایط نرمال افزایش داشت. مقادیر borneol، thymol و Linalool در بیشتر جمعیت‌ها در شرایط تنش نسبت به نرمال روند کاهشی داشتند. همچنین روند تغییر درصد کارواکرول در بیشتر جمعیت‌ها در تنش ملایم ابتدا افزایشی و با تشدید تنش کاهشی شد.



شکل ۳. تأثیر سطوح مختلف آب خاک بر میانگین درصد تیمول در جمعیت‌های آویشن دنایی

Figure 3. The effects of soil water deficit levels on thymol contents of *Th. daenensis* populations.

بحث

براساس نتایج تجزیه واریانس، تمامی صفات مورد بررسی تحت تأثیر میزان آب خاک قرار گرفتند. آبیاری با ۸۰ درصد ظرفیت زراعی نسبت به آبیاری ۶۰ درصد ظرفیت زراعی نمی‌تواند در رشد و عملکرد آویشن دنایی مؤثر باشد. تنها سه صفت ارتفاع بوته، نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی و محتوای نسبی آب برگ در ۸۰ درصد ظرفیت زراعی میانگین بالاتری از سایر تیمارهای آبیاری داشتند. نتایج این آزمایش نشان داد، محتوای نسبی آب برگ به موازات مقدار آب آبیاری تغییر می‌کند. این نتایج با گزارش Zhang و همکاران (2017) در گونه *Stellaria dichotoma* مطابقت داشت.

نسبت طول ریشه به اندام هوایی با کاهش میزان آبیاری به‌طور قابل توجهی افزایش یافت، زیرا در شرایط کم آبی رشد اندام هوایی از رشد ریشه حساس‌تر است (Sharp & LeNoble, 2002). همچنین بیشترین مقدار

اسانس در تیمار آبیاری در ۶۰ درصد ظرفیت زراعی بدست آمد که مشابه نتایج Babaei و همکاران (۲۰۱۰) بود. آنان نشان دادند، بازده اسانس گیاهان دارویی به میزان قابل توجهی در رطوبت ۵۵ درصد ظرفیت زراعی افزایش می‌یابد. اما با کاهش رطوبت به ۴۰ درصد ظرفیت زراعی، محتوای اسانس و عملکرد ماده خشک و تر کاهش یافت. براساس مقادیر به‌دست‌آمده از میانگین جمعیت‌ها، بیشترین مقدار اسانس (۲/۰۳) متعلق به جمعیت فریدونشهر تحت تنش ملایم (۶۰ درصد ظرفیت زراعی) بود. جمعیت‌های ناشناخته و فریدن نیز در شرایط ۴۰ درصد ظرفیت زراعی بازده اسانس خوبی داشتند. بنابراین جمعیت فریدونشهر در تنش خفیف و دو جمعیت ناشناخته و فریدن، تنها در تنش شدید آبی می‌توانند ظرفیت مناسبی برای ادامه تحقیقات در نظر گرفته شوند. از آنجا که براساس نتایج تجزیه خوشه‌ای در شرایط آبیاری در ۴۰ درصد ظرفیت زراعی، دو جمعیت ناشناخته و فریدن متعلق به دو گروه مجزا بودند، ازاین‌رو امکان استفاده از پدیده هتروزیس در پایه‌های حاصل از تلاقی این دو جمعیت می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. همچنین با توجه به ویژگی‌های جمعیت‌های تشکیل دهنده گروه I تجزیه خوشه‌ای جمعیت‌ها در شرایط نرمال، می‌توان آنان را برای تولید یک رقم سینتتیک در نظر گرفت. در میان جمعیت‌های دارای درصد اسانس بالا، جمعیت زنجان کمترین نوسان را در سطوح مختلف آبیاری داشت (۱/۰۱، ۱/۳۲ و ۰/۸۲ درصد به ترتیب در ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی). این ویژگی جمعیت زنجان را از سایر جمعیت‌ها متمایز می کند.

هر چند میزان تیمول در دو جمعیت خرم‌آباد و قزوین به ترتیب در شرایط تنش ملایم و شرایط نرمال بیش از سایر تیمارها بود، اما درصد این ترکیب مهم در این دو جمعیت در شرایط تنش شدید به شدت کاهش یافت که نشان از حساسیت این دو جمعیت به تنش خشکی بود. این موضوع در جمعیت ناشناخته نیز مشاهده شد، به‌طوری‌که با کاهش آب در دسترس و افزایش تنش، میزان تیمول به شدت کاهش یافت. کمترین تغییرات در میزان تیمول در شرایط مختلف آبیاری در جمعیت‌های ارومیه و فریدونشهر مشاهده شد، به‌طوری‌که درصد تیمول در این جمعیت‌ها در هر سه شرایط آبیاری به یکدیگر نزدیک بود. میزان تیمول در شرایط نرمال و آبیاری در ۴۰ درصد ظرفیت زراعی در جمعیت قم تقریباً به یک اندازه (به ترتیب ۳۴/۲ و ۳۳/۲ درصد) بود.

نتایج این تحقیق نشان داد، میزان و نوع ترکیبات اسانس آویشن دنایی تحت تـأثیر نوع جمعیت و سطح آبیاری تغییر کرده اسـت. همچنین میزان دو ترکیب مهم تیمول و کارواکرول در شرایط تنش ملایم بیش از آبیاری نرمال بود. این نتایج در بررسی سایر محققان در مورد تأثیر سطوح مختلف آبیاری در این گونه قبلاً گزارش شده است (Aflakian et al., 2012 & Shahroudi et al., 2023). در سایر گونه‌های آویشن نیز گزارش‌های مشابهی در مورد بالاتر بودن میزان تیمول و کارواکرول در شرایط تنش ملایم نسبت به شرایط آبیاری نرمال گزارش شده است (Pourmeidani et al., 2017 & Babalar et al., 2014 & Babaei 2010). واکنش‌های متفاوت ناشی از تأثیر عوامل ژنتیکی و محیطی هستند که موجب تنوع زیادی در نوع و مقدار ترکیب‌های تشکیل دهنده اسانس می‌شوند (Lebaschy & Sharifi abadi, 2004).

نتیجه‌گیری

در نهایت بـا توجه به بازدهی تولید اسانس و درصد ترکیبات مهم و مؤثر مانند تیمول و کراواکرول، جمعیت‌های خرم‌آباد، قزوین و فریدونشهر به عنوان جمعیت‌های برتر در شرایط نرمال و تنش ملایم آبی انتخاب شدند. همچنین در دو جمعیت قم و ارومیه درصد ترکیبات تیمول و کارواکرول در شرایط آبیاری در ۴۰ درصد ظرفیت زراعی کاهش زیادی نسبت به آبیاری در شرایط نرمال نداشت، ازاین‌رو می‌توان این دو جمعیت را برای آزمایش‌های بیشتر برای تحمل به شرایط تنش خشکی کاندید کرد. با توجه به اهمیت دو ترکیب تیمول و

کارواکرول در آویشن دنایی، موضوع بالا بودن نسبی این دو ترکیب در آبیاری در ۶۰ درصد ظرفیت زراعی در بیشتر جمعیت‌ها می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

References

- Aflakian S., Zeinali H., Enteshary Sh. and Kaveh Sh. 2012. Study of yield and yield components in 11 ecotype of *Thymus daenensis* Celak. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 28(2): 187-197. (In Persian).
- Araghi AM., Nemati SH., Shoor M., Arani MA., Moshtaghi N.2019. Influence of water stress on agro-morphological traits and essential oil content among Iranian genotypes of *Mentha longifolia*. Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences 89, 1219-1230.
- Babaei K., Dehaghi MA., Sanavi SAMM., Jabbari R. 2010. Water deficit effect on morphology, prolin content and thymol percentage of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 26, 239-251. (In Persian).
- Babalar M., Khosh Sokhon F. and Pourmidani A. 2014. Evaluation of morphological diversity and essential oil yield in some populations of mountain thyme (*Thymus kotschyanus* Boiss. & Hohen.). Journal of Horticultural Sciences of Iran. 44 (2): 119-128.
- Bagci E., and Hüsnü K., Başer C. 2004. Study of the essential oils of *Thymus haussknechtii* Velen and *Thymus kotschyanus* Boiss. et Hohen var. kotschyanus (Lamiaceae) taxa from the eastern Anatolian region in Turkey. Flavour and Fragrance Journal. 20 (2): 199- 202
- Bayati P., Karimmojeni A. and Razmjoo J. 2020. Changes in essential oil yield and fatty acid contents in black cumin (*Nigella sativa* L.) genotypes in response to drought stress. Industrial Crops and Products, Vol. 155, 180-193.
- Commision BP. 1988. British Pharmacopoeia. Her Majesty's Stationery Office, london.
- Daftari Z., and Safarnejad A. (2010). Karyotypic investigation of four species of thyme (*T. fedtschenkoi, T. daenensis, T. lancifolius) (Thymus spp and T. pubescens*). Genetic research and improvement of pasture and forest plants of Iran, 19(2 (38 series)), 241-250.
- Dauqan EM and Abdullah A. 2017. Medicinal and Functional Values of Thyme (*Thymus vulgaris* L.) Herb. Journal of Applied Biology & Biotechnology 5, 017-022.
- Gaballah MM., Metwally AM., Skalicky M., Hassan MM., Brestic M., El Sabagh A., Fayed AM. 2021. Genetic diversity of selected rice genotypes under water stress conditions. Plants 10, 27.
- Golparvar A., Ghasemi Pirbaluti A., Zainali H. and Hadipanah A. (2018). The effect of different harvesting times on quantitative (morphological) and qualitative characteristics of *Thymus daenensis* in Isfahan region. Herbal Medicines, 2(4), 245-254.
- Khorrami M., Alizadeh A., Norozenjad M. and Rahmani R. 2018. Review and comparison of the constituent compounds of Thymus aenensis Celak. Subsp. Daenensis and garden thyme Thymus vulgaris L. National conference of new ideas in agriculture. Islamic Azad University Isfahan Pp. 26-31. (In Persian).
- Lebaschy MH. and Ashoorabadi ES. 2004. Growth indices of some medicinal plants under different water stresses. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research 20, 249-261. (In Persian).
- Letchamo W. and Gosselin A. 1995. Effects of HPS supplemental lighting and soil water levels on growth, essential oil content and composition of two thyme (*Thymus vulgaris* L.) clonal selections. Canadian Journal Plant Science 75, 231-238.
- Lozine, K. and Venskutonis P.R. 2005. Influence of environmental and genetic factors on the stability of essential oil composition of *Thymus pulegioides*. Biochemical Systematics and Ecology. 33: 517- 525.
- Makarova N.V., Tsichonova, V.L. and Ughivenko, V.V., Research method for introduction of medicinal plants in to culture. 2013. Inform. Bull. CBNIT Lekarstvennuh Rasteniovod. VILP, Moscow. 3, pp.32.
- Mahmoud AA., Gendy A., Said-Al Ahl H., Grulova D., Astatkie T., Abdelrazik T. 2018. Impacts of harvest time and water stress on the growth and essential oil components of horehound (*Marrubium vulgare*). Scientia Horticulturae 232, 139-144.
- Meteorological statistics, 1401. National Meteorological Organization.
- Nik-Avar B., Mojab F. and Dolatabadi R. 2013. Investigating the constituents of the essential oil of the flowering branches of Denai thyme. Journal of medicinal plants. 13(4).
- Pourmeidani A., Jafari A., Mirza M. 2017. Studying Drought Tolerance in *Thymus kotschyanus* Accessions for Cultivation in Dryland Farming and Low Efficient Grassland. Journal of Rangeland Science. 7(4): 331-340.
- Ritchie, S. W and H. T. Nguyen. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science, 30: 105-111.
- Sefidkon F., Kalvandi R. Atri M. and Barazandeh M. 2005. Essential oil variability of *Thymus eriocalyx* (Ronniger) Jalas. Flavour and Fragrance Journal. 20(5): 521-524.

– Shahroudi E., Zarinkamar F. and Rezayian M. Putrescin modulates metabolic and physiological characteristics of *Thymus daenensis* under drought stress. 2023. Scientia Horticulturae. 321(1). 213-222.
– Sharp RE. and LeNoble ME.2002. ABA, ethylene and the control of shoot and root growth under water stress. Journal of experimental botany 53, 33-37.
– Zhang W., Cao Z., Xie Z., Lang D., Zhou L., Chu Y., Zhao Q., Zhang X., Zhao Y. 2017. Effect of water stress on roots biomass and secondary metabolites in the medicinal plant *Stellaria dichotoma* L. var. lanceolata Bge. Scientia Horticulturae 224, 280-285.