Eco-phytochemical of Medicinal Plants
Print ISSN: 2322-3235
Online ISSN: 2783-4697
Islamic Azad University Gorgan Branch
Iranian Society of Medical Plants

The Effect of Nitrogen and Cutting on the Yield, Quality and the Composition of Thyme Essential Oil (*Thymus vulgaris* L.)

Yasin Norouzi[1], Mokhtar Ghobadi[1*], Mohsen Saeidi[1], Hasan Rezadoost[2], Danial Kahrizi[1,3], Hulya Dogan[4]

[1] Department of Plant Production and Genetics, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran, Email: ghobadi.m@razi.ac.ir
[2] Medicinal Plants and Drugs Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
[3] Agricultural Biotechnology Department, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
[4] Department of Plant and Animal Production, Vocational School of Technical Science, Yozgat Bozok University, Yozgat, Turkey

Article type:
Research article

Article history
Received: 2024-4-14
Revised: 2024-5-20
Accepted: 2024-5-22

Keywords
Plant Nutrition
Thymol
Harvest Time
Medicinal Plant
Effective Substance

Abstract

Thyme essential oil is important due to its use in the pharmaceutical, food and cosmetic industries. Many factors including nutrition, harvest time and environmental conditions can influence thyme quality and yield. To investigate the effect of nitrogen levels and harvest time on the quality and yield and chemical composition of thyme essential oil, a factorial experiment was conducted based on RCBD with three replications at Razi University in three consecutive years of 2018-2020. The first factor included amount of nitrogen fertilizer (0, 50 and 100 kg N ha^{-1}) and the second factor included the time of harvest (late Jun. and Sep. during flowering). The results showed that the quality and yield as well as chemical composition of essential oil were affected by nitrogen, cutting and year. Nitrogen increased several characteristics, including plant height, number of lateral branches, leaf, stem and total dry weights, stem diameter, percentage and yield of essential oil ($p \leq 0.01$). Also, the amount of these traits in the second cutting was higher than the first cutting. The highest value of all investigated traits was obtained in the interaction treatment of second cutting×100 kg N ha^{-1}×the third year. The most chemical compounds of the essential oil include thymol (41-61.25%), γ-terpinene (11.10 - 23.60%), p-cymen (10.63-23.07%), carvacrol (3.40-4.63%), α-terpinene (1.42-3.06%), and α-Phellandrene (1.02-1.97%) respectively. Nitrogen increased all the chemical compounds of the essential oil. The concentration of carvacrol, α-terpinen and γ-terpinene, p-cymene and α-Phellandrene decreased with increasing nitrogen from 50 to 100 kg ha^{-1}. Overall, the application of nitrogen in the second cutting had a significant effect on increasing the yield and quality of thyme. Also, the percentage of chemical compounds in thyme essential oil changed according to the level of nitrogen consumption and harvest time during the three years of the experiment.

Cite this article as: Norouzi, Y., Ghobadi, M., Saeidi, M., Rezadoost, H., Kahrizi, D., Dogan, H. (2024). The Effect of Nitrogen and Cutting on the Yield, Quality and the Composition of Thyme Essential Oil (*Thymus vulgaris* L.). *Eco-phytochemical of Medicinal Plants.*, 12(2): 27-44.

©The author(s)
Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch

اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی
شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۳۲۳۵
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۴۶۹۷
دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان
انجمن گیاهان دارویی ایران ثبت ۱۸۹۶۳

تاثیر کاربرد نیتروژن و چین برداشت بر عملکرد، کیفیت و ترکیبات اسانس آویشن (*Thymus vulgaris* L.)

یاسین نوروزی[۱]، مختار قبادی[۱*]، محسن سعیدی[۱]، حسن رضادوست[۲]، دانیال کهریزی[۱و۳]، هولیا دوگان[٤]

[۱] گروه تولید و ژنتیک گیاهی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران، رایانامه: ghobadi.m@razi.ac.ir

[۲] پژوهشکده گیاهان دارویی و مواد اولیه دارویی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

[۳] گروه بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

[٤] گروه تولیدات گیاهی و دامی، دانشگاه یوزگات، یوزگات، ترکیه.

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۳/۱/۲٦
تاریخ بازنگری: ۱٤۰۳/۲/۳۱
تاریخ پذیرش: **۱٤۰۳/۳/۲**

واژه‌های کلیدی:
تغذیه گیاهی
تیمول
زمان برداشت
گیاه دارویی
ماده مؤثره

چکیده

اسانس گیاه آویشن به‌دلیل کاربرد در صنایع دارویی، غذایی و آرایشی دارای اهمیت زیادی است. عوامل زیادی از جمله تغذیه، زمان برداشت و شرایط محیطی می‌توانند بر عملکرد و کیفیت آویشن تاثیر بگذارند. به‌منظور بررسی تاثیر مقادیر نیتروژن و چین برداشت بر عملکرد، کیفیت و ترکیبات شیمیایی اسانس آویشن، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دانشگاه رازی در سه سال متوالی ۱۳۹۹-۱۳۹۷ اجرا گردید. فاکتور اول شامل سطوح مختلف کود نیتروژن (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص) و فاکتور دوم شامل چین برداشت (اواخر خرداد و شهریور در زمان گلدهی) بود. نتایج نشان داد عملکرد، کیفیت و نیز ترکیبات شیمیایی اسانس آویشن تحت تأثیر کود نیتروژن، چین برداشت و سال قرار گرفت. کاربرد نیتروژن صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، وزن خشک برگ، ساقه و کل، قطر ساقه، درصد و عملکرد اسانس را افزایش داد ($P \leq$ ۰/۰۱). همچنین، مقدار این صفات در چین دوم نسبت به چین اول بیشتر بود. بیشترین مقدار تمام صفات مورد بررسی در تیمار اثر متقابل چین دوم × کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن × سال سوم آزمایش بدست آمد. بیشترین ترکیبات شیمیایی اسانس به ترتیب شامل تیمول (٤۱ تا ٦۱/۲۵ درصد)، گاماترپینن (۱۱/۱۰ تا ۲۳/٦۰ درصد)، پی‌سیمن (۱۰/٦۳ تا ۲۳/۰۷ درصد)، کارواکرول (۳/٤۰ تا ٤/٦۳ درصد)، آلفاترپینن (۱/٤۲ تا ۳/۰٦ درصد) و آلفافلندرین (۱/۰۲ تا ۱/۹۷ درصد) بود. کاربرد نیتروژن باعث افزایش تمام ترکیبات شیمیایی اسانس شد. غلظت کارواکرول، آلفاترپینن، گاماترپینن پی‌سیمن و آلفا فلندرین با افزایش نیتروژن از ۵۰ به ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کاهش یافتند. به طور کلی، کاربرد نیتروژن در چین دوم تأثیر معنی‌داری بر افزایش عملکرد و کیفیت آویشن داشت. همچنین، متناسب با سطح نیتروژن مصرفی و چین برداشت در طی سه سال آزمایش، درصد ترکیبات شیمیایی موجود در اسانس آویشن تغییر یافت.

استناد: نوروزی، یاسین؛ قبادی، مختار؛ سعیدی، محسن؛ رضادوست، حسن؛ کهریزی، دانیال؛ دوگان، هولیا. (۱٤۰۳). تاثیر کاربرد نیتروژن و چین برداشت بر عملکرد، کیفیت و ترکیبات اسانس آویشن (*Thymus vulgaris* L.). *فصلنامه اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی*، ۱۲ (۲)، ٤٤-۲۷.

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

مدیریت مزرعه می‌تواند بر عملکرد ماده خشک و کیفیت فیتوشیمیایی گونه‌های گیاهی مانند آویشن تأثیر بگذارد. از این عوامل می‌توان به تغذیه، زمان برداشت و شرایط محیطی اشاره کرد (Amani et al., 2022؛ Kesraoui et al., 2023؛ Machiani et al., 2021؛ Najar et al., 2022). استفاده صحیح و مناسب از عناصر غذایی در مراحل رشد گیاهان دارویی برای افزایش عملکرد ماده خشک و تأثیرگذاری بر کمیت و کیفیت مواد مؤثر ضروری است. کشاورزان از طریق تامین مواد مغذی ضروری در مقادیر مناسب و در زمان مناسب، می‌توانند رشد گیاه را بهینه کنند، تولید گیاهان دارویی را افزایش دهند و غلظت ترکیبات زیست فعال را بهبود بخشند (Ahmadi et al., 2020؛ Shahrajabian et al., 2022؛ da Cunha Honorato et al., 2024). نیتروژن یکی از عناصر ضروری است که نقش مهمی در ارتقاء فرآیندهای فیزیولوژیکی و متابولیک لازم برای رشد و نمو گیاه دارد (Ye et al., 2022؛ Chen et al., 2018). فراهمی نیتروژن از طریق تأثیر بر توسعه سطح برگ، تثبیت کربن، افزایش غدد ترشحی اسانس و افزایش میزان ATP و NADPH موجب افزایش بیوسنتز ترکیبات ترپنوئیدی و تجمع اسانس می‌شود (Seif Sahandi et al., 2019).

گیاهان جنس تیموس[1] به‌دلیل تولید اسانس، عمدتاً برای جنبه‌های شیمیایی، دارویی و تجاری به طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته‌اند (Tisserand and Young, 2013; El Ansari et al., 2019). گونه‌های این جنس به دلیل داشتن عطر و طعم دلپذیر و ترکیبات فعال زیستی از اهمیت زیادی برخوردار هستند، و به عنوان یک منبع دارویی، چاشنی و طعم دهنده به شمار می‌روند (Bistgani et al., 2018; Tohidi et al., 2019). به طور خاص، آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.) گیاهی چند ساله، بومی منطقه مدیترانه، دارای برگ‌های کوچک و معطر و ساقه محکم می‌باشد. آویشن در صنایع پزشکی، آرایشی و بهداشتی و غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. خاصیت دارویی آویشن به دلیل وجود ترکیبات فعال مانند تیمول و کارواکرول در اسانس است که دارای ویژگی‌های قابل توجه ضد باکتریایی، آنتی‌اکسیدان و ضد التهابی هستند (Gupta et al., 2024).

مدیریت زمان برداشت نیز به‌دلیل تأثیر بر درصد و عملکرد اسانس آویشن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. انجام برداشت‌های متعدد در یک فصل رشد نیازمند بررسی دقیق زمان برداشت و اطمینان از تغذیه مناسب برای تسهیل رشد مجدد گیاه است. این رویکرد استراتژیک برای مدیریت زمان برداشت جهت بهینه‌سازی تولید اسانس و عملکرد ماده خشک گیاه در کشت آویشن بسیار مهم است (Salehi et al., 2014؛ Badi et al., 2004). مطالعات نشان داده است که مراحل فنولوژیکی و چین‌های برداشت در سال‌های مختلف می‌تواند بر ترکیبات شیمیایی اسانس (Pourabdal et al., 2021)، عملکرد و ترکیبات شیمیایی اسانس (McGimpsey et al., 1994) و صفات ارتفاع بوته، عملکرد خشک برگ، درصد و عملکرد اسانس (Katar and Katar, 2020) تاثیر بگذارد. همچنین، نتایج مطالعه‌ای نشان داد که درصد اسانس گیاه ریحان در برداشت دوم و سوم نسبت به برداشت اول بیشتر بود (Turkmen, 2021).

مطالعات محدودی درباره تأثیر تعداد دفعات برداشت و سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد کمی و کیفی آویشن انجام شده است. همچنین، در این مطالعات برهمکنش زمان برداشت و نیتروژن مورد بررسی قرار نگرفته است. علاوه بر این، تأثیر چین برداشت و سطوح نیتروژن در شرایط آب و هوایی سال‌های مختلف می‌تواند بر عملکرد و کیفیت

1. Thymus

محصول آویشن متفاوت باشد. لذا، این مطالعه با هدف بررسی تاثیر سطوح مختلف کود نیتروژن و چین برداشت بر عملکرد کمی و کیفی و ترکیبات شیمیایی اسانس آویشن تحت شرایط آب و هوایی شهرستان کرمانشاه انجام شد.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی محل اجرای آزمایش: این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی و آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهان زراعی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی در سه سال متوالی ١٣٩٧، ١٣٩٨ و ١٣٩٩ اجرا گردید. مختصات جغرافیایی محل اجرای آزمایش شامل طول جغرافیایی ٤٧ درجه و ٩ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ٣٤ درجه و ٢١ دقیقه شمالی و ١٣١٩ متر ارتفاع از سطح دریا می‌باشد. پس از آماده‌سازی اولیه زمین، به‌منظور بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، نمونه‌برداری از عمق ٣٠-٠ سانتی‌متری خاک در سال اول انجام گرفت که نتایج آن در جدول (١) ارائه شده است. همچنین، اطلاعات هواشناسی منطقه در زمان اجرای آزمایش به‌صورت خلاصه در جدول (٢) آورده شده است.

جدول ١: نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در سال اول.

بافت خاک	کربنات کلسیم (%)	pH	کربن آلی (%)	نیتروژن (%)	فسفر (mg/kg)	پتاسیم (mg/kg)	منگنز (mg/kg)	آهن (mg/kg)	روی (mg/kg)	مس (mg/kg)
رسی- سیلتی	٢٨	٧/٨	٠/٩٩	٠/٠٩	١٨	٣٦٠	١٤	٤/٥	٠/٤٨	١/٨

جدول ٢: اطلاعات هواشناسی منطقه در مدت زمان اجرای آزمایش

پارامترهای هواشناسی	سال	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	میانگین
دما (سانتی‌گراد)	١٣٩٧	١٤/ ٩	١٥/ ٩	٢٣/ ٩	٣٠/ ٦	٣١/ ٣	٢٧/ ١	٢٤
	١٣٩٨	١٠/ ٤	١٦/ ٧	٢٦	٢٩/ ٩	٣١/ ١	٢٦/ ٣	٢٣/٤
	١٣٩٩	١١/٥٠	١٧/٧٧	٢٥/٢٧	٢٨/٨٩	٢٩/٦٤	٢٦/٠٩	٢٣/٣
متوسط رطوبت (درصد)	١٣٩٧	٤٧	٦٤	٣٣	١٦	١٧	١٧	٣٢/٣
	١٣٩٨	٦٥	٥١	٢٩	١٧	١٨	١٨	٣٣
	١٣٩٩	٥٥/٢٣	٣٩/٩٧	١٣/٥٢	١٣/٤٨	١٣/٢٩	١٢/٠٦	٢٤/٦
بارندگی (میلی‌متر)	١٣٩٧	٦٣/ ٤	١٦٩	٥/ ٢	٠	٠	٠	٣٩/٦
	١٣٩٨	١٩٤/ ٨	١٧/ ٥	٠	٠	٠	٠	٣٥/٤
	١٣٩٩	٨٨/١٣	٣٨/٨٦	٠	٠	٠	٠	٢١/٢
ساعات آفتابی	١٣٩٧	٢٠٦/٧٠	١٩٣/٨٠	٣١٧/٣٠	٣٦٢/٤٠	٣٣٣/٦٠	٣١٣/٦٠	٢٨٨
	١٣٩٨	١٦٠/٤٠	٢٨٠/٢٠	٣٣٨/٦٠	٣٦٧/٣٠	٣٢٦/٦٠	٣٢٦/٧٠	٣٠٠
	١٣٩٩	١٩٥/٤٠	٢٦١/١٠	٣٣٧/٨٠	٣٣٩/٦٠	٣٣٩	٣٣٨	٣٠١

طرح آزمایشی: این آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول شامل سطوح مختلف کود نیتروژن از منبع اوره شامل عدم کاربرد کود نیتروژن (شاهد)، ١٠٨ و ٢١٦ کیلوگرم کود اوره (معادل ٥٠ و ١٠٠ کیلوگرم نیتروژن خالص)، و فاکتور دوم شامل دو

چین برداشت (اواخر خرداد و شهریور در زمان گلدهی) بود. مقدار کود نیتروژن بر اساس نتایج آزمون خاک انجام گرفت.

آماده‌سازی زمین و اعمال تیمارها: هر کرت شامل شش ردیف کاشت به فاصله ٤٠ سانتی‌متر و به طول سه متر بود. فاصله بین دو بوته بر روی خطوط کاشت ٢٥ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. کشت نشاها در اوایل اردیبهشت‌ماه سال ١٣٩٧ و از طریق انتقال نشاهای کشت‌شده در خزانه انجام گرفت. تیمارهای کود نیتروژن به صورت خاکی (٥٠ درصد در دو هفته بعد از انتقال نشا و ٥٠ درصد در شروع گلدهی) به مصرف گیاه رسید. کود نیتروژنه در فاصله حدود ٢ تا ٥ سانتیمتری بوته‌ها روی سطح خاک پاشیده شد و جهت جلوگیری از تصعید کود و یا ایجاد سوختگی و همچنین اطمینان از حل شدن کود، بلافاصله به صورت سبک آبیاری انجام گرفت. آبیاری مزرعه متناسب با شرایط محیط و مرحله رشدی گیاه، در ابتدا به‌صورت نشتی و سپس به‌صورت بارانی بود. وجین علف‌های هرز در طی فصل رشد به‌صورت دستی انجام شد.

اندازه‌گیری صفات زراعی: جهت مطالعه صفات مورد بررسی، نمونه‌برداری در مرحله ٥٠ درصد گلدهی (کد ٦٥ از مقیاس BBCH) (Meier, 2018) انجام گرفت. ارتفاع گیاه از سطح خاک تا انتهای بلندترین ساقه با خط‌کش اندازه‌گیری شد. قطر ساقه از ساقه اصلی و در ارتفاع حدود ١٠ سانتی‌متری بالای سطح خاک و با کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد. تعداد شاخه جانبی به‌صورت تصادفی از پنج بوته خطوط میانی انجام گرفت. جهت اندازه‌گیری وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه و وزن خشک کل، سه مترمربع از هر کرت برداشت شد. آویشن برداشت‌شده در هوای آزاد و سایه‌خشک گردید و وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد.

استخراج و اندازه‌گیری اسانس: اسانس‌گیری از برگ‌های خشک‌شده آویشن در سایه، به روش تقطیر با آب و با دستگاه کلونجر انجام گرفت. ٣٠ گرم از برگ‌های خشک توزین شد، سپس نیم لیتر آب به آن اضافه شد. بعد از جوشاندن (دمای ١٠٠-٧٠ درجه سانتی‌گراد) ماده خشک در آب به مدت سه ساعت، اسانس به‌دست‌آمده با استفاده از مقدار مناسب سولفات سدیم (یک دهم وزن اسانس به‌دست‌آمده) خشک گردید. سپس وزن خالص اسانس برای هر نمونه تعیین شد (Omidbeigi, 2000). عملکرد اسانس از طریق رابطه (١) محاسبه شد.

رابطه (١)

$$\text{عملکرد اسانس} = \frac{\text{عملکرد ماده خشک} \times \text{درصد اسانس}}{100}$$

اندازه‌گیری متابولیت‌های ثانویه: جهت تعیین خصوصیات کیفی اسانس آویشن و آنالیز آن، از دستگاه‌های گاز کروماتوگرافی متصل به آشکارسازهای یونیزاسیون شعله (GC-FID[1]) و طیف سنج جرمی (GC/MS[2]) استفاده شد. جهت تشخیص درصد ترکیبات ثانویه گیاه آویشن، از دستگاه گاز کروماتوگرافی مدل ترایس (Trace) شرکت ترموفینیگان (ThermoQuest-Finnigan) مجهز به ستون نوع استیبل واکس (Stabil Wax-DA) به طول ٣٠ متر و قطر داخلی ٠/٣٢ میلی‌متر و ضخامت لایه نازک ٠/٢٥ میکرومتر استفاده شد. دمای قسمت تزریق و آشکارساز به ترتیب ٢٥٠ و ٢٦٠ درجه سانتی‌گراد بود. آشکارساز مورد استفاده از نوع FID[3]، با مقدار جریان هوای ٣٥٠ میلی‌متر بر دقیقه و جریان هیدروژن ٣٥ میلی‌متر بر دقیقه بود. از گاز نیتروژن با سرعت جریان حجمی ١/١ میلی‌متر بر دقیقه به عنوان گاز

1. Gaschromatographie - Flammenionisationsdetektor
2. Gas chromatography–mass spectrometry
3. Flammenionisationsdetektor

حامل استفاده شد. شناسایی ترکیبات با استفاده از پارامترهای مختلف از قبیل زمان و شاخص بازداری، مطالعه طیف‌های جرمی و مقایسه این طیف‌ها با ترکیبات استاندارد انجام شد.

آنالیز آماری: به‌منظور تجزیه واریانس داده‌ها، ابتدا نرمال بودن آن‌ها (به‌روش آزمون کلموگروف – اسمیرنوف) مورد بررسی قرار گرفت. سپس، یکنواختی خطاهای آزمایشی با استفاده از آزمون بارتلت در طول سه سال آزمایش ارزیابی شد. پس از تأیید یکنواختی خطاها، تجزیه مرکب داده‌ها در سه سال با استفاده از نرم‌افزار SAS ver. 9 انجام شد. در تجزیه مرکب و با استفاده از امید ریاضی میانگین مربعات، سال به‌عنوان اثر تصادفی و چین برداشت و نیتروژن به‌عنوان اثرات ثابت در نظر گرفته شدند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر سال بر صفات ارتفاع بوته، وزن خشک برگ، ساقه و کل، قطر ساقه، درصد و عملکرد اسانس در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر چین برداشت در سطح احتمال پنج درصد بر قطر ساقه آویشن معنی دار شد. همچنین، اثر نیتروژن بر روی تمام صفات مورد بررسی در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد. اثر متقابل سال × چین برداشت بر روی صفات وزن خشک برگ، ساقه و کل، درصد و عملکرد اسانس در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. اثر متقابل سال × نیتروژن بر عملکرد اسانس در سطح احتمال پنج درصد و اثر متقابل چین برداشت×نیتروژن بر روی وزن خشک ساقه در سطح احتمال یک درصد و بر روی تعداد شاخه فرعی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳).

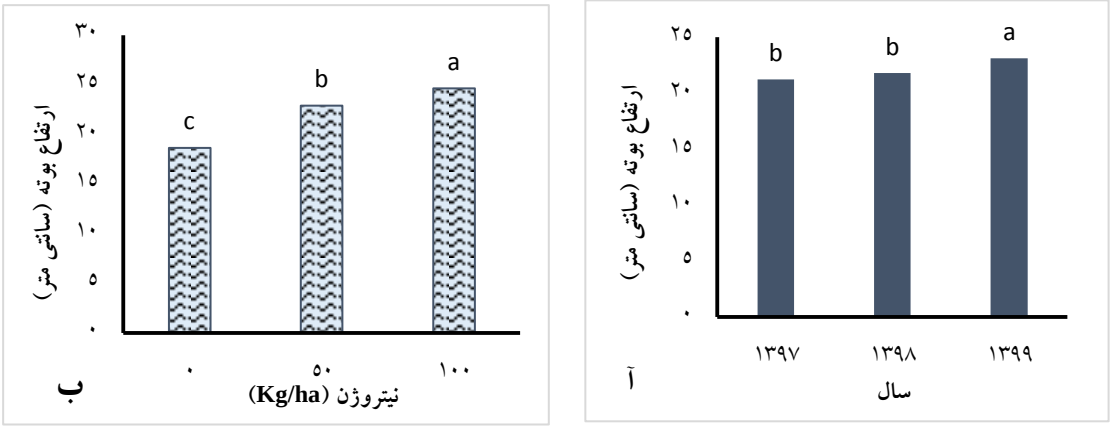
جدول ۳: تجزیه واریانس مرکب اثرات سال، چین برداشت و نیتروژن از نظر برخی صفات مورد بررسی در گیاه آویشن

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		ارتفاع بوته	تعداد شاخه فرعی	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک کل	قطر ساقه	درصد اسانس	عملکرد اسانس
سال (Y)	٢	١٧/٦١**	١٩/٤٢^{ns}	٣٨١٩٧٣/٦٧**	٣٤٥٠٤١/٢١**	١٤٥٢٩٥٣/٦٦**	٠/٢٢**	١/١٧**	١١٠٤/٦٢**
بلوک(سال)	٦	١/٦٣^{ns}	٤/٠٥^{ns}	٢٣٦١٩٢/١٧**	٢٢٠٠١٤/٠٥**	٩٠٧٧٨٦/٨٣**	٠/٠٥^{ns}	٠/٠٤*	١٣٥/٦٦**
چین‌برداشت (A)	١	٤/٩٤^{ns}	٤٥/٢٦^{ns}	١٤٧٩٨٧/٠٥^{ns}	٢٠٢٣٩٨/٥٥^{ns}	٦٩٦٥٢٠/٦٥^{ns}	٠/٤٥*	٣/٩٤^{ns}	٢٩٤٤/٨٢^{ns}
نیتروژن (B	٢	١٧١/٥٥**	٩٢/٩٩**	٢٨٦٢٦٩٩/٧٢**	٢٥٤٧٤١٢/٨٢**	١٠٨١١٠٠٧/٨٢**	٠/٢٢**	٠/٤٤**	٢٠٥٦/٣٥**
Y×A	٢	٥/٠٣^{ns}	١١/٣٠^{ns}	٢٣٤١٠٠/١٣**	١٧٢٥١٣/٥٧**	٨٠٨٤٨٢/٩١**	٠/٠١^{ns}	٠/٩٣**	٩٨٥/٠٥**
Y×B	٤	٠/١٨^{ns}	٠/٩٤^{ns}	٦٦٥٥/٩٥^{ns}	١٧٩٣/٨٢^{ns}	١٤١٣٤/٧٨^{ns}	٠/٠٠٦^{ns}	٠/٠٢^{ns}	٤٥/٧٧*
A× B	٢	٣/٧٣^{ns}	٤/٣٠*	٣٠٩٤٢/٩١^{ns}	٥٢٦٨٢/٩٨**	١٥٧٨٥٥/٥٩^{ns}	٠/٠٠٧ns	٠/٠١^{ns}	٦٥/٠٣^{ns}
Y×A×B	٤	٠/٧٦^{ns}	٠/٦٥^{ns}	١٢٦٤٨/٤٥^{ns}	٤١٤٢/٢٠^{ns}	٢٦٨٠١/٠٧^{ns}	٠/٠١^{ns}	٠/٠٠٨^{ns}	٣٠/٥٠^{ns}
خطا	٣٠	٢/٤٧	٦/٨٥	٣٨٠٤٠/٨٩	٣٤٦٢٠/٣٤	١٤٢٩٠١/٩٢	٠/٠٣	٠/٠١	١٦/٠٥
ضریب‌تغییرات(درصد)		٧/١٣	١٢/٧٦	٧/٩١	٧/٩٥	٧/٨٦	١٠/٢٣	٦/٨٢	٨/٧٥

ns، * و** به ترتیب: بدون اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ارتفاع بوته: مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که ارتفاع بوته در سال‌های مختلف آزمایش متفاوت بود. به‌طوری‌که بیشترین (۲۳/۱۰ سانتی‌متر) و کمترین (۲۱/۲۱ سانتی‌متر) ارتفاع بوته به ترتیب در سال

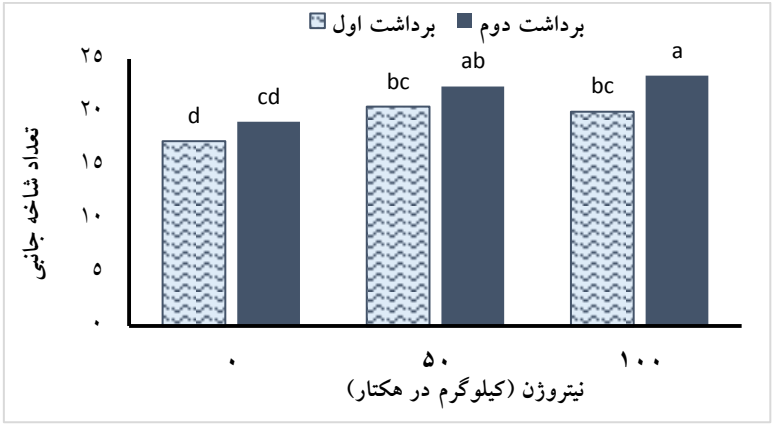
۱۳۹۹ و ۱۳۹۷ به‌دست آمد (شکل ۱، آ). همچنین، بین سال ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ از نظر ارتفاع بوته، تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۱،آ). با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی در هکتار، ارتفاع بوته آویشن افزایش یافت. بیشترین ارتفاع بوته (۲٤/٦۱ سانتی‌متر) با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد که در مقایسه با شاهد (۱۸/٦۱ سانتی‌متر) حدود ۳۳ درصد افزایش نشان داد (شکل ۱، ب).



شکل ۱: مقایسه میانگین ارتفاع بوته آویشن در سال‌ها (آ) و سطوح نیتروژن (ب).

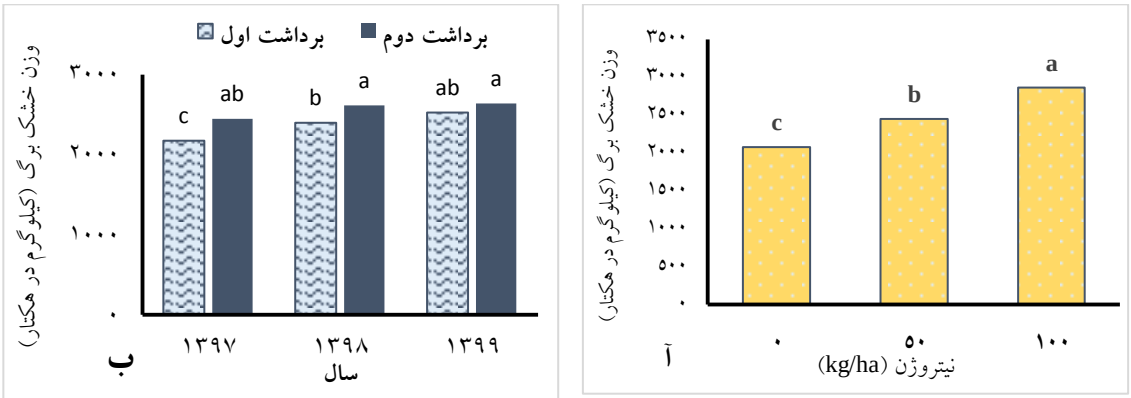
تعداد شاخه جانبی: کاربرد نیتروژن باعث افزایش معنی‌دار تعداد شاخه جانبی آویشن شد. با این حال، از نظر آماری تفاوت معنی‌داری بین دو سطح نیتروژن مصرفی (۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) از نظر تاثیر تعداد شاخه جانبی مشاهده نشد. کاربرد نیتروژن در چین‌های برداشت، تأثیر متفاوتی بر تعداد شاخه جانبی آویشن بر جا گذاشت. تعداد شاخه جانبی در چین دوم بیشتر از چین اول بود. نتایج نشان داد که در هر دو چین، کاربرد نیتروژن نسبت به شاهد تعداد شاخه جانبی را افزایش داد. به طور کلی، بیشترین تعداد شاخه جانبی (۲۳/٤٤) با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در چین دوم حاصل شد که در مقایسه با کمترین تعداد شاخه جانبی (۱۷/۳۳) به‌دست آمده در چین اول و عدم کاربرد کود نیتروژن، حدود ۳۵ درصد افزایش نشان داد (شکل ۲).

زن خشک برگ، ساقه و کل: کاربرد کود نیتروژن در مقایسه با شاهد (عدم کاربرد کود نیتروژن) عملکرد وزن خشک برگ را به شکل معنی‌داری افزایش داد. به‌طوری‌که کاربرد ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب ۱۸ و ۳۷/۹ درصد، عملکرد وزن خشک برگ را نسبت به شاهد افزایش دادند (شکل ۳، آ). مقدار وزن خشک برگ در چین اول و دوم طی سه سال آزمایش متفاوت بود (شکل ۳، ب). در هر سه سال آزمایش، مقدار وزن خشک برگ در چین دوم بیشتر از چین اول بود. در هر دو چین برداشت، به ترتیب بیشترین عملکرد وزن خشک برگ در سال‌های ۱۳۹۹، ۱۳۹۸ و ۱۳۹۷ به‌دست‌آمد. به طور کلی، بیشترین وزن خشک برگ مربوط به چین دوم سال ۱۳۹۹ با وزن ۲٦۳٤ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۳، ب).

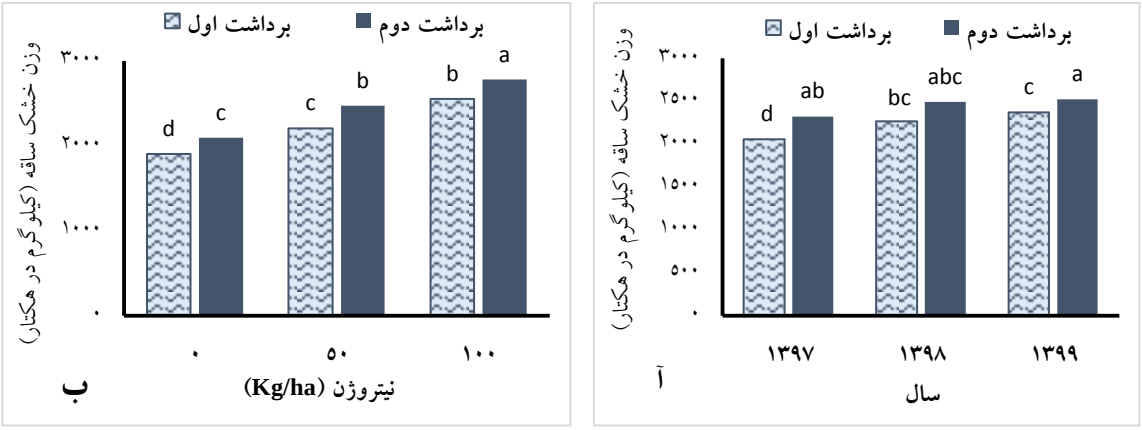


شکل ۲: مقایسه میانگین اثر متقابل چین برداشت×سطوح نیتروژن از نظر تعداد شاخه جانبی.

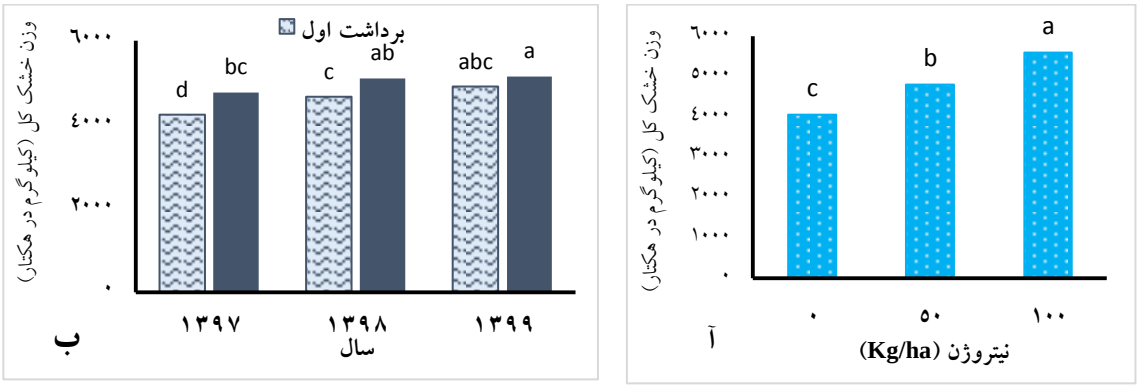
عملکرد وزن خشک ساقه در چین اول و دوم طی سه سال آزمایش متفاوت بود (شکل ٤، آ). در هر سه سال آزمایش، عملکرد وزن خشک ساقه در چین دوم بیشتر از چین اول بود. بیشترین عملکرد وزن خشک ساقه (۲۵۲۳ کیلوگرم) مربوط به چین دوم در سال سوم آزمایش (۱۳۹۹) بود (شکل ٤، آ). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل نیتروژن×چین نشان داد که کاربرد کود نیتروژن در هر دو چین باعث افزایش عملکرد وزن خشک ساقه شد (شکل ٤، ب). به‌طوری‌که، کاربرد ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در مقایسه با شاهد، به ترتیب در چین اول ۱۵/۱٦ و ۳۵/۵ درصد و چین دوم ۱۸ و ۳۲/۵ درصد وزن خشک ساقه را افزایش دادند (شکل ٤، ب). وزن خشک کل با افزایش مقدار کود نیتروژن، افزایش یافت. کاربرد ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب ۱۸ و ۳۷/۸ درصد وزن خشک کل اندام هوایی را افزایش دادند (شکل ۵، آ). وزن خشک کل اندام هوایی در طی سه سال آزمایش، در چین دوم بیشتر از چین اول بود (شکل ۵، ب). بیشترین وزن خشک کل (۵۱۷۵ کیلوگرم در هکتار) در چین دوم سال سوم آزمایش تولید شد که در مقایسه با کمترین وزن خشک کل (٤۲۳۲/۸ کیلوگرم در هکتار)، حدود ۲۲ درصد افزایش نشان داد (شکل ۵، ب).



شکل ۳: مقایسه میانگین اثر ساده سطوح نیتروژن (آ) و اثر متقابل سال×چین برداشت (ب) از نظر وزن خشک برگ.



شکل ٤: مقایسه میانگین اثر متقابل سال×چین برداشت (آ) و اثر متقابل نیتروژن×چین برداشت (ب) از نظر وزن خشک ساقه.



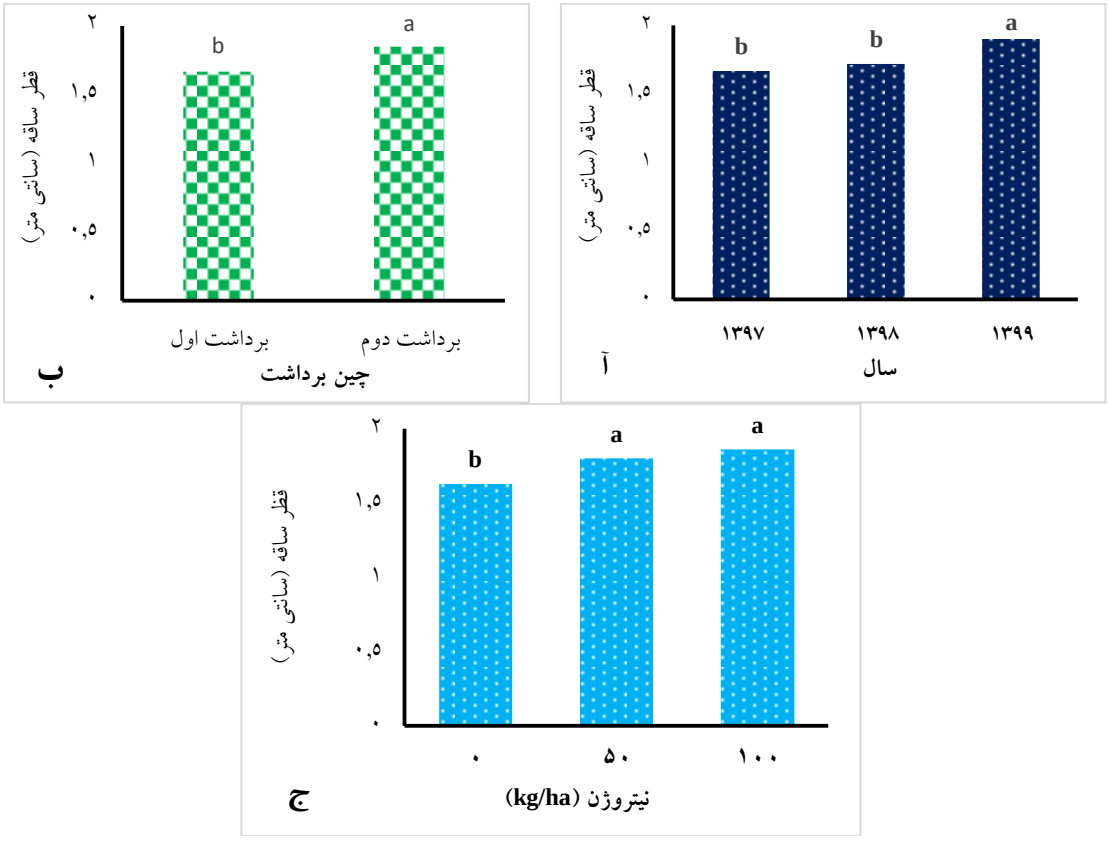
شکل ٥: مقایسه میانگین اثر ساده نیتروژن (آ) و اثر متقابل سال×چین برداشت (ب) از نظر وزن خشک کل.

قطر ساقه: قطر ساقه تحت تاثیر سال، چین و سطوح نیتروژن متفاوت بود. بیشترین قطر ساقه (١/٩ سانتی‌متر) در سال سوم آزمایش (١٣٩٩) حاصل شد. همچنین، بین سال ١٣٩٧ و ١٣٩٨ از نظر قطر ساقه تفاوت آماری معنی داری مشاهده نشد (شکل ٦، آ). قطر ساقه در چین اول (١/٦٧ سانتی‌متر) نسبت به چین دوم (١/٨٥ سانتی‌متر)، حدود ١١ درصد بیشتر بود (شکل ٦، ب). کاربرد نیتروژن باعث افزایش قطر ساقه شد. کاربرد ٥٠ و ١٠٠ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در مقایسه با شاهد، به ترتیب ١٠/٤ و ٤١/١ درصد قطر ساقه را افزایش دادند (شکل ٦، ج). همچنین، از نظر قطر ساقه، بین تیمارهای ٥٠ و ١٠٠ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تفاوت آماری معنی‌داری وجود نداشت (شکل ٦، ج).

درصد و عملکرد اسانس: کاربرد نیتروژن به شکل معنی‌داری، درصد اسانس گیاه آویشن را افزایش داد. به طوری‌که، محتوای اسانس با کاربرد ٥٠ و ١٠٠ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب ١٥/٣ و ١٨/٤ درصد افزایش یافت (شکل ٧، آ). درصد اسانس در سال‌های مختلف آزمایش تحت تاثیر چین برداشت متغیر بود. در هر سه سال آزمایش، درصد اسانس در چین دوم نسبت به چین اول بیشتر بود. چین دوم در سال سوم آزمایش (١٣٩٩) در مقایسه با سال‌های دیگر، حاوی درصد اسانس بیشتری بود (شکل ٧، ب).

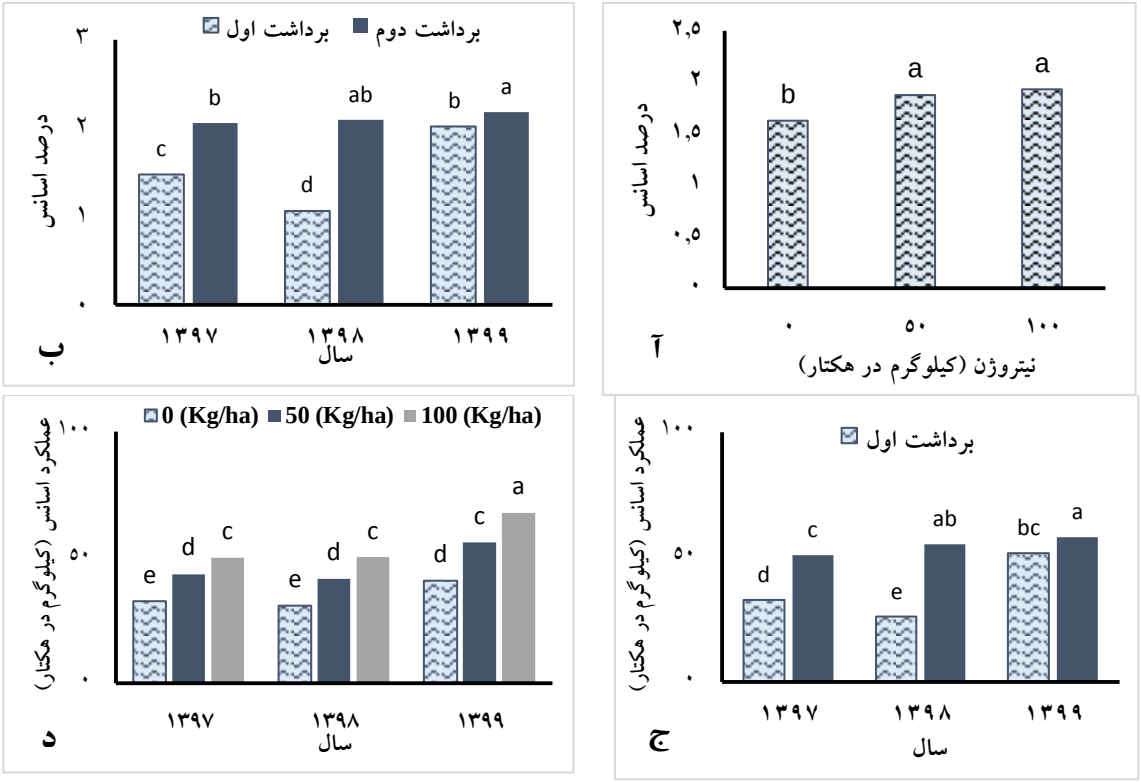
عملکرد اسانس تحت تأثیر سطوح نیتروژن و چین برداشت قرار گرفت (شکل‌های ٧، ج، د). عملکرد اسانس در هر سه سال آزمایش در چین دوم نسبت به چین اول بیشتر بود. به طور کلی، بیشترین عملکرد

اسانس (۵۷/۹۵ کیلوگرم در هکتار) در چین دوم سال ۱۳۹۹ حاصل شد که نسبت به کمترین عملکرد اسانس (۲۶/۱٤ کیلوگرم در هکتار) تولید شده در چین اول سال ۱۳۹۸، حدود ۱۲۲ درصد افزایش نشان داد (شکل ۷. ج). در هر سه سال آزمایش، با افزایش مقدار نیتروژن، عملکرد اسانس به شکل معنی‌داری افزایش یافت. بین سطوح نیتروژن در هر سه سال آزمایش، بیشترین عملکرد اسانس با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن به دست آمد. همچنین، بین سال‌های آزمایش، بیشترین عملکرد اسانس در سال سوم آزمایش (۱۳۹۹) حاصل شد (شکل ۷. د). به طور کلی، بیشترین عملکرد اسانس (۶۷/۷۱ کیلوگرم) با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در سال سوم آزمایش (۱۳۹۹) تولید شد که در مقایسه با کمترین عملکرد اسانس (۳۰/۷۷ کیلوگرم در هکتار)، حدود ۱۲۰ درصد افزایش نشان داد (شکل ۷. د).



شکل ٦: مقایسه میانگین سال (آ)، چین برداشت (ب) و سطوح نیتروژن (ج) از نظر قطر ساقه گیاه آویشن.

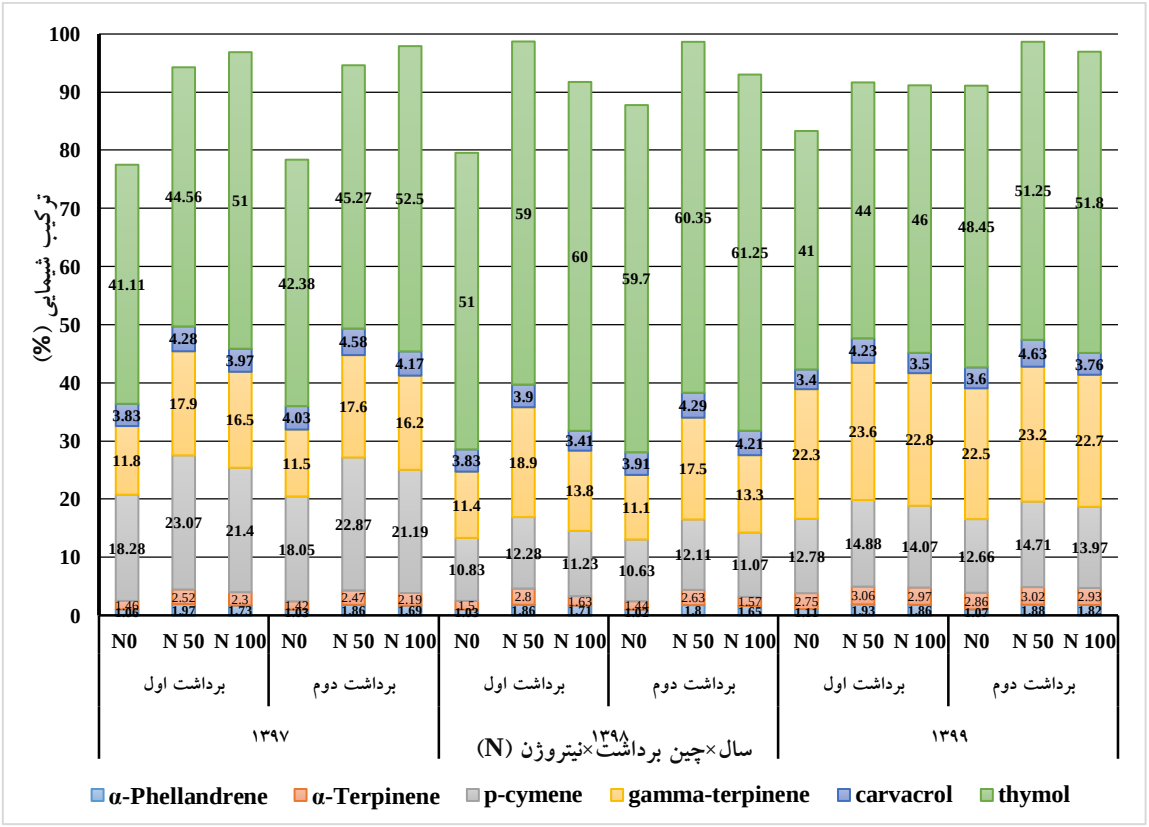
آنالیز کیفی اسانس آویشن: بررسی حاصل از آنالیز کیفی اسانس آویشن با استفاده از روش کروماتوگرافی گازی نشان داد که به ترتیب بیشترین ترکیبات شیمیایی موجود در اسانس مربوط به Thymol (٤١ تا ٦١/٢٥ درصد)، γ-terpinene (١١/١٠ تا ٢٣/٦٠ درصد)، p-cymene (١٠/٦٣ تا ٢٣/٠٧ درصد)، Carvacrol (٣/٤٠ تا ٤/٦٣ درصد)، α-Terpinene (١/٤٢ تا ٣/٠٦ درصد) و α-Phellandrene (١/٠٢ تا ١/٩٧ درصد) بود. درصد تیمول (Thymol)، گاماترپینن (γ-terpinene)، پی‌سیمن (p-cymene)، کارواکرول (Carvacrol)، آلفاترپینن (α-Terpinene) و آلفافلندرین (α-Phellandrene) تحت تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و چین برداشت در سال‌های آزمایش متغیر بود (شکل ۸).



شکل ۷: مقایسه میانگین اثر نیتروژن (آ) و سال×چین برداشت (ب) بر درصد اسانس و اثرات متقابل سال×چین برداشت (ج) و سال×سطوح نیتروژن (د) بر عملکرد اسانس گیاه آویشن.

نتایج نشان داد که در هر سه سال آزمایش، با افزایش کود نیتروژن، درصد تیمول افزایش معنی‌داری یافت. همچنین، در هر سه سال آزمایش، تحت تأثیر کاربرد نیتروژن، بیشترین درصد تیمول در چین دوم حاصل شد. بعلاوه، بیشترین درصد تیمول در سال دوم (۱۳۹۸) آزمایش به‌دست آمد. به‌طور کلی، بیشترین مقدار تیمول (٦١/٢٥ درصد) در چین دوم، سال ۱۳۹۸ با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد که در مقایسه با کمترین مقدار تیمول (٤١ درصد)، حدود ٤٩ درصد افزایش نشان داد (شکل ۸).

در هر سه سال آزمایش، درصد کارواکرول و آلفافلندرین تحت تاثیر کاربرد ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار افزایش یافتند. بیشترین میزان کارواکرول در چین دوم به دست آمد. این در حالی بود که در هر سه سال آزمایش، غلظت آلفافلندرین در چین اول بیشتر بود. با افزایش کود نیتروژن از ۵۰ به ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، درصد کارواکرول و آلفافلندرین کاهش یافتند. به طور کلی، بیشترین مقدار کارواکرول (٤/٦٣ درصد) در چین دوم و سال ۱۳۹۹ با کاربرد ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد که در مقایسه با کمترین مقدار کارواکرول (٣/٤٠ درصد)، حدود ٣٦ درصد افزایش نشان داد. اما، بیشترین غلظت آلفافلندرین (۱/۹۷ درصد) با کاربرد ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در چین اول سال ۱۳۹۷ حاصل شد که نسبت به کمترین غلظت آلفافلندرین (۱/۰۲ درصد)، ۹۳/۱۷ درصد افزایش نشان داد (شکل ۸).



شکل ۸: تاثیر سطوح مختلف نیتروژن و چین برداشت بر ترکیب شیمیایی اسانس گیاه آویشن در طی سه سال متوالی.

کاربرد ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هر دو چین، باعث افزایش گاماترپینن، پی‌سیمن و آلفاترپینن شدند. البته، با افزایش مقدار نیتروژن از ۵۰ به ۱۰۰ کیلوگرم در هر دو چین و هر سه سال آزمایش، میزان این سه ترکیب به صورت جزئی کاهش یافتند (شکل ۸). نتایج نشان داد که در هر سه سال آزمایش، درصد گاماترپینن، پی‌سیمن و آلفاترپینن در چین اول نسبت به چین دوم بیشتر بود. همچنین، در بین سال‌های آزمایش، تحت تأثیر کاربرد نیتروژن و چین برداشت، بیشترین درصد گاماترپینن و آلفاترپینن در سال ۱۳۹۹ و بیشترین درصد پی‌سیمن در سال ۱۳۹۷ حاصل شد. به طور کلی، بیشترین غلظت گاماترپینن (۲۳/٦ درصد)، آلفاترپینن (۳/۰٦ درصد) و پی‌سیمن (۲۳/۰۷ درصد) در چین اول سال ۱۳۹۹ (گاماترپینن و آلفاترپینن) و سال ۱۳۹۷ (پی‌سیمن) با کاربرد ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد که در مقایسه با کمترین درصد گاماترپینن (۱۱/۱ درصد)، آلفاترپینن (۱/٤۲ درصد) و پی‌سیمن (۱۰/٦۳ درصد) به ترتیب حدود ۱۱۲، ۱۱۵ و ۱۱۷ درصد افزایش نشان داد (شکل ۸).

بحث

در گیاهان دارویی، رشد و ترکیب شیمیایی اسانس‌ها به عوامل متعددی به ویژه استفاده از کود بستگی دارد. استفاده از کود، نقش مهمی در افزایش کمیت و کیفیت گیاهان دارویی دارد (da Cunha Honorato et al., 2024). نتایج این پژوهش نشان داد که سطوح مختلف کود نیتروژن و چین برداشت بر روی صفات تعداد شاخه فرعی ($P \leq ۰/۰۵$) و ماده خشک ساقه ($P \leq ۰/۰۱$) معنی‌دار بود. که باعث

افزایش این صفات بویژه در چین دوم برداشت شد. همچنین، با وجود اینکه اثر متقابل نیتروژن و چین برداشت تفاوت آماری معنی‌داری بر روی اکثر صفات مورد بررسی نداشتند. اما، مشاهدات نشان داد که بیشترین مقدار ارتفاع بوته، وزن خشک اندام هوایی، قطر ساقه، درصد و عملکرد اسانس در چین دوم و با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در سال ۱۳۹۹ به‌دست آمد. این تغییرات را می‌توان به شرایط محیطی و نقش نیتروژن در افزایش توانایی گیاه برای جذب بهتر منابع محیطی نسبت داد. **داده‌های هواشناسی (جدول ۲) نشان داد که در سال سوم آزمایش، دما نسبت به سال‌های گذشته افزایش یافته بود. این افزایش دما به همراه کاهش رطوبت و بارندگی و همچنین، افزایش ساعات آفتابی، احتمالاً منجر به افزایش تنش و در نتیجه افزایش درصد اسانس در گیاه شده است.** مطالعات زیادی تایید کرده‌اند که نیتروژن به صورت مستقیم و غیر مستقیم بر افزایش درصد و عملکرد اسانس گیاه موثر است.

گزارش شده است که کود نیتروژن با افزایش رشد و نمو گیاه، که در نتیجه آن سطح برگ و پیکره رویشی بیشتری تولید می‌شود، باعث افزایش بازده فتوسنتزی گیاه و تولید پیش ماده‌های اولیه بیوسنتز اسانس می‌گردد. بنابراین، می‌توان انتظار داشت که کاربرد نیتروژن، میزان اسانس گیاه را افزایش دهد (Ashraf et al., 2005). با افزایش سطح برگ، تعداد غدد ترشح کننده اسانس (Kokkini et al., 2005)، فتوسنتز و تثبیت CO_2 افزایش می‌باشد، که پیش ماده بیشتری برای بیوسنتز ترپنوئیدها فراهم می‌سازد (Ormeno and Fernandez., 2012). در مطالعات دیگری نتایج نشان داد که با افزایش مقدار نیتروژن، وزن خشک کل، قطر و ارتفاع ساقه، درصد و عملکرد اسانس آویشن (*Thymus vulgaris* L.)، ارتفاع و درصد اسانس بادرشبی (*Dracocephalum moldavica*)، عملکرد رویشی گیاه و عملکرد اسانس مرزنجوش (*Origanum vulgare* L.)، درصد، عملکرد اسانس و ترکیبات اسانس نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.)، زیست توده و عملکرد اسانس آویشن دنائی (*Thymus daenensis* Celak) و درصد اسانس گیاه مرزه تابستانه (*satureja hortensis* L. افزایش یافتند (Habibi and Fotokian, 2012؛ Jabbari et al., 2011؛ Soroori et al, 2013؛ Sotiropoulou and Karamanos, 2010؛ Mehrafarin *et al.*, 2011؛ Emami Bistgania et al., 2018؛ Pavelaa et al., 2018؛ Mehrabani et al.,2015).

در این مطالعه، همچنین اثر سطوح مختلف نیتروژن و چین برداشت بر ترکیبات شیمیایی اسانس آویشن باغی در طول سه سال آزمایش بررسی شد. به‌طور کلی، ۲۸ ترکیب در اسانس آویشن شناسایی شد که تیمول، گاماترپینن، پی‌سیمن، کارواکرول، آلفاترپینن و آلفافلندرین به‌عنوان ترکیبات اصلی و با فراوانی بیشتر از یک درصد شناخته شدند. نیتروژن تأثیر متفاوتی بر درصد ترکیبات مختلف اسانس در سال‌های مختلف داشت. به‌طور مثال، بیشترین میزان تیمول (٦١/٢٥ درصد) در سال دوم (١٣٩٨) و در چین دوم با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن به‌دست آمد. این نشان می‌دهد که شرایط محیطی این سال، از جمله دمای پایین‌تر و رطوبت نسبی بالاتر، همراه با افزایش میزان نیتروژن، شرایط مطلوبی برای تولید تیمول فراهم کرده است. از سوی دیگر، گاماترپینن و کارواکرول در هر سه سال آزمایش در چین دوم با نیتروژن بیشتر تولید شدند، اما با افزایش کود نیتروژن از ۵۰ به ۱۰۰ کیلوگرم، مقادیر این دو ترکیب کمی کاهش یافت. این نتایج احتمالاً ناشی از کاهش رطوبت و بارندگی و افزایش ساعات آفتابی در سال سوم (١٣٩٩) است، که ممکن است باعث استرس به

گیاه شده و منجر بـه تغییـر در مسـیرهای متـابولیکی تولیـد ایـن ترکیبـات گـردد. میـزان پـی‌سـیمن و آلفافلنـدرین در سـال اول (۱۳۹۷) و بـا کـاربرد ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در چین اول به بیشترین مقدار خـود رسیدند. این نتایج می‌تواند به دلیـل شـرایط محیطـی مساعد این سال، از جمله بارندگی نسبتاً بالا در بهار و دمای مناسب باشد که رشد اولیه گیاه و توسـعه بهتـر غدد ترشح‌کننده اسانس را تسهیل کرده است. به طـور کلی، داده‌های هواشناسی نشان می‌دهند کـه تغییـرات دما، رطوبت، بارندگی و ساعات آفتابی در سـال‌هـای مختلف تأثیر مستقیمی بر ترکیبـات شـیمیایی اسـانس آویشن دارند. به‌عنوان مثال، دمـای نسـبتاً پـایین‌تـر و رطوبت بالاتر در سال ۱۳۹۸ منجر به افـزایش تیمـول شد، در حالی که دمای بالاتر و رطوبـت پـایین‌تـر در سال ۱۳۹۹ باعث افـزایش کـارواکرول و گامـاترپینن گردید. این نتایج نشان مـی‌دهـد کـه مـدیریت دقیـق شرایط محیطی و مصرف بهینه نیتروژن مـی‌توانـد بـه بهبود کیفیت و کمیت اسانس آویشن کمک کند.

گزارش شده است که عواملی مانند گونـه و سـن گیاه (Venskutonis, 1997)، فصل برداشت (Gomes et al,2019؛ Satyal et al., 2016؛ Lemos et al., 2017؛ Roeber et al., 2021؛ da Cunha Honorato et al., 2023)، مرحله رشد (Li et al., 2016c؛ Patra et al., 2013؛ Hadipanah et al., 2011)، نوع سلول و شرایط محیطی (Patra et al.,2013) می‌توانند بر روی محتوای متابولیت‌های ثانویه گیاهان دارویی تأثیرگـذار باشند. همچنین، مرحله رشد گیاه در زمان برداشت بر ترکیب شیمیایی اسانس آویشن تأثیر گذاشـت و ایـن تفاوت‌ها را می‌توان به تغییرات فصلی دمـا و رطوبـت مرتبط دانست (Lemos et al., 2017). در یک مطالعـه دو ساله با بررسی داده‌های هواشناسی بـر عملکـرد و ترکیبات اسانس *Thymus piperella* L. نتایج حاکی از افزایش تدریجی نسبت کارواکرول با توجه بـه مـدت تابش نور خورشید و افزایش دما بود. کاهش همزمـان در مقدار پی‌سیمن در همان مرحلـه مشـاهده شـد، در حالی کـه تـرپینن تکامـل مشـابهی را بـا آنچـه بـرای کارواکرول مشاهده شد اما با مقادیر کمتـر نشـان داد. تغییرات قابل توجهی در نسبت‌های نسبی کـارواکرول و پیش سازهای متابولیک آن گاماترپینن و پـی‌سـیمن پیدا شد. از سوی دیگر، هنگـام بررسـی تغییـرات در ترکیبات شیمیایی اسانس با داده‌هـای بارنـدگی، تـأثیر شدیدی از رطوبت بر تکامل ترکیب شیمیایی مشاهده شد (Llorens-Molina et al., 2022). در یک مطالعه، آویشن برداشت‌شده در بهار دارای مقـادیر بیشـتری از گاماترپینن، تیمـول و کـارواکرول بـود، در حـالی کـه نمونه‌هـای برداشـت‌شـده در پـاییز بیشـترین مقـادیر بورنئول و پی‌سیمن را نشان دادند. آنها گزارش کردند که فصل برداشت و شرایط خشک کـردن بـر کیفیـت اسانس تأثیر گذار بود (Tohidi-Nejad et al., 2023). در هر دو فصل برداشت، تیمول جزء اصلی اسـانس و مقدار آن در بهار بیشتر از پاییز بود. برخلاف تیمول و گاماترپینن، میزان پی‌سیمن در پـاییز نسـبت بـه بهـار بیشتر بود. یکی از دلایل احتمالی این امر ممکن است به دلیل واکنش‌های آنزیمـی ناشـی از دماهـای بـالاتر باشد که منجر به تبدیل پی‌سیمن به تیمـول مـی‌شـود (Tohidi-Nejad et al., 2023). در مقایسه، آنزیمی که مسئول تبدیل گاماترپینن به پی‌سیمن است، در دماهای بالاتر فعالیـت کمتـری دارد (Poulose and Croteau, 1978). در یـک مطالعـه بـر روی گیـاه *Thymus daenensis* گـزارش شـد کـه سـطوح تیمـول و کـارواکرول در دماهـای بـالاتر افـزایش یافتنـد (Rahimmalek and Goli, 2013).

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج این مطالعه نشان داد که سطوح مختلف نیتروژن و زمان برداشت به‌طور معنی‌داری بر عملکرد و کیفیت آویشن تأثیرگذار بودند. افزایش سطح نیتروژن به‌ویژه در مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش (P≤ ۰/۰۱) صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های جانبی، وزن خشک برگ و ساقه شد. همچنین، عملکرد اسانس نیز تحت تأثیر مثبت نیتروژن قرار گرفت و با مصرف بیشتر نیتروژن، به‌ویژه در چین دوم، به‌طور قابل توجهی افزایش یافت. همچنین، نتایج این مطالعه نشان داد که ترکیبات شیمیایی اسانس آویشن تحت تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و زمان برداشت در سال‌های آزمایش با شرایط محیطی متغیر قرار گرفت. بیشترین میزان تیمول در سال ۱۳۹۸ با دمای پایین‌تر و رطوبت بالاتر به‌دست آمد، در حالی که در سال ۱۳۹۹ با دمای بالاتر و رطوبت پایین‌تر، مقادیر بیشتری از کارواکرول و گاماترپینن تولید شد. به‌طور کلی، مدیریت دقیق شرایط محیطی و مصرف بهینه نیتروژن می‌تواند به بهبود کیفیت و کمیت اسانس آویشن کمک کند.

References

Ahmadi, F., Samadi, A., and Rahimi, A. 2020. Improving growth properties and phytochemical compounds of *Echinacea purpurea* (L.) medicinal plant using novel nitrogen slow release fertilizer under greenhouse conditions. *Scientific reports*, 10(1), 13842.

Amani Machiani, M., Javanmard, A., Ostadi, A., and Alizadeh, K. 2023. Improvement in Essential Oil Quantity and Quality of Thyme (*Thymus vulgaris* L.) by Integrative Application of Chitosan Nanoparticles and Arbuscular Mycorrhizal Fungi under Water Stress Conditions. Plants, 12(7), 1422.

Ashraf, M., Ali, Q. and Rha, E.S. 2005. The effect of applied nitrogen on the growth and nutrient concentration of Kalonji (*Nigella sativa*). Australian Journal of Experimental Agriculture. 45(4): 459- 463.

Badi, H. N., Yazdani, D., Ali, S. M., and Nazari, F. 2004. Effects of spacing and harvesting time on herbage yield and quality/quantity of oil in thyme, *Thymus vulgaris* L. Industrial crops and products, 19(3), 231-236.

Chen, C.T., Lee, C.L., and Yeh, D.M. 2018. Effects of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, or magnesium deficiency on growth and photosynthesis of Eustoma. Hort Science, *53*(6), 795-798.

da Cunha Honorato, A., Nohara, G.A., de Assis, R. M., Maciel, J. F., de Carvalho, A. A., Pinto, J.E., and Bertolucci, S.K. 2023. Colored shade nets and different harvest times alter the growth, antioxidant status, and quantitative attributes of glandular trichomes and essential oil of *Thymus vulgaris* L. Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants, 35, 100474.

da Cunha Honorato, A., de Assis, R.M.A., Maciel, J.F.A., Nohara, G.A., de Carvalho, A.A., Pinto, J.E.B P., and Bertolucci, S.K.V. 2024. Fertilization with different manure sources and doses provides quantitative-qualitative gains in the production of *Thymus vulgaris* L. South African Journal of Botany, 164, 345-355.

El Ansari, Z. N., El Mihyaoui, A., Boussaoudi, I., Benkaddour, R., Hamdoun, O., Tahiri, H., and Lamarti, A. 2019. Effect of macronutrients, cytokinins and auxins, on in vitro organogenesis of *Thymus vulgaris* L. American Journal of Plant Sciences, 10(09), 1482. 10.4236/ajps.2019.109105

Emami Bistgania Z., Siadata S.A., Bakhshandeha A., Ghasemi Pirbaloutib A., Hashemic M., Maggid F., and Morshedloo M.R. 2018. Application of combined fertilizers improves

biomass, essential oil yield, aroma profile, and antioxidant properties of *Thymus daenensis* Celak. Journal Industrial Crops & Products. 121: 434-440.

Gomes, A.F., Almeida, M.P., Leite, M.F., Schwaiger, S., Stuppner, H., Halabalaki, M., Amaral, J.G., and David, J.M. 2019. Seasonal variation in the chemical composition of two chemotypes of Lippia alba. Food Chemistry. 273, 186-193.

Gupta, N., Bhattacharya, S., Dutta, A., Tauchen, J., Landa, P., Urbanová, K., and Leuner, O. 2024. Synthetic polyploidization induces enhanced phytochemical profile and biological activities in Thymus vulgaris L. essential oil. Scientific Reports, *14*(1), 5608.

Habibi, H., and Fotokian, M.H. 2012. Effect of nitrogen fertilizer on morphological traites essential oil percentage and yield in two wild and agronomical sp. of thyme. Journal of crop production Research. 4 (1): 1-10.

Hadipanah, A., Golparvar, A.R., Ghasemi Pirbalouti, A., and Zaynali, H. 2011. Determine optimum of harvest time on the quantity/quality of essential oil and thymol of thyme (*Thymus vulgaris* L.) in Isfahan. Journal of Medicinal Herbs, 2(1), 23-32.

Jabbari R., Dehaghi M.A., Sanavi A.M.M., and Agahi K. 2011. Nitrogen and iron fertilization methods affecting essential oil and chemical composition of thyme (*Thymus vulgaris* L.) Advances in Environmental Biology, 5(2): 433-438.

Katar, N., and Katar, D. 2020. The effect of different harvest times on yield and quality of lemon thyme (*Thymus citriodorus* L.) in Eskişehir ecological conditions.

Kesraoui, S., Andrés, M. F., Berrocal-Lobo, M., Soudani, S., and Gonzalez-Coloma, A. 2022. Direct and indirect effects of essential oils for sustainable crop protection. *Plants*, *11*(16), 2144. https://doi.org/10.3390/plants11162144

Kokkini, S., Karousou, D., and Vokou, D. 2005. Pattern of geographic variation of Organum trichumes and essential oil content in sweet basil. JEOR, 28, 209-17.

Lemos, M.F., Lemos, M.F., Pacheco, H.P., Guimarães, A.C., Fronza, M., Endringer, D.C., and Scherer, R. 2017. Seasonal variation affects the composition and antibacterial and antioxidant activities of Thymus vulgaris. Industrial Crops and Products, 95, 543-548.

Li, Y.Q., Kong, D.X., Lin, X.M., Xie, Z.H., Bai, M., Huang, S.S., Nian, H., and Wu, H., 2016c. Quality evaluation for essential oil of *Cinnamomum verum* leaves at different growth stages based on GC–MS, FTIR and microscopy. Food Anal. Method. 9(1), 202–212.

Llorens-Molina, J.A., Vacas, S., Escrivá, N., and Verdeguer, M. 2022. Seasonal variation of *Thymus piperella* L. essential oil composition. Relationship among γ-terpinene, p-cymene and carvacrol. Journal of Essential Oil Research, 34(6), 502-513.

McGimpsey, J.A., Douglas, M.H., Van Klink, J.W., Beauregard, D.A., and Perry, N.B. 1994. Seasonal variation in essential oil yield and composition from naturalized *Thymus vulgaris* L. in New Zealand. Flavour and Fragrance Journal, 9(6), 347-352.

Mehrabani, M., Mahdavi Meymand, Z., Khandani Zadeh, B., and Hasan Abdi, N. 2015. The Nitrogen fertilizer and harvesting time effects on quality and quantity of essential oil and total phenolic in *satureja hortensis* L. in kermanclimate .Eco-phytochemical journal of medical plants, 2(4 (8)), 1-11.

Mehrafarin, A., Naghdi Badi, H., Poorhadi, M., Hadavi, E., Qavami, N., and Kadkhoda, Z. 2011. Phytochemical and agronomical response of peppermint (*Mentha piperita* L.) to bio-fertilizers and urea fertilizer application. Journal of Medicinal Plants 4(40): 107-118. [In Persian with English abstract].

Meier, U. 2018. Growth stages of mono- and dicotyledonous plants. BBCH Monograph. Julius Kuhn-Institute (JKI). Quedlinburg, Germany. https://doi.org/10.5073/20180906-074619

Najar, B., Pistelli, L., Ferri, B., Angelini, L.G., and Tavarini, S. 2021. Crop yield and essential oil composition of two *Thymus vulgaris* chemotypes along three years of organic cultivation in a hilly area of central Italy. Molecules, 26(16), 5109.

Omidbeigi, R. 2000. Production and processing of medicinal plants. Volume I, Second Edition, Tarahan Publication, 424 pp. (in Persian).

Ormeño, E., and Fernandez, C. 2012. Effect of soil nutrient on production and diversity of volatile terpenoids from plants. Current bioactive compounds, 8(1), 71-79.

Patra, B., Schluttenhofer, C., Wu, Y.M., Pattanaik, S., and Ling Y. 2013. Transcriptional regulation of secondary metabolite biosynthesis in plants. BBA-Gene Regul Mech. 1829(11), 1236–1247.

Pavelaa R., Žabkaa M., Vrchotováb N., and Tříska J. 2018. Effect of foliar nutrition on the essential oil yield of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). Journal Industrial Crops & Products. 112: 762-765.

Poulose, A. J., and Croteau, R. 1978. Biosynthesis of aromatic monoterpenes: Conversion of γ-terpinene to p-cymene and thymol in *Thymus vulgaris* L. Archives of Biochemistry and Biophysics, 187(2), 307-314.

Pourabdal, R., Pourakbar, L., Rahimi, A., and Tukmechi, A. 2021. Effects of cuts and different phenological stages on antibacterial and antioxidant activities and chemical attributes of garden thyme (*Thymus vulgaris* L.) essential oil. Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences, 31(3), 663-677.

Rahimmalek, M., and Goli, S.A.H. 2013. Evaluation of six drying treatments with respect to essential oil yield, composition and color characteristics of *Thymys daenensis* subsp. daenensis. Celak leaves. Industrial Crops and Products, 42, 613-619.

Roeber, V. M., Bajaj, I., Rohde, M., Schmülling, T., and Cortleven, A. 2021. Light acts as a stressor and influences abiotic and biotic stress responses in plants. Plant, Cell & Environment, 44(3), 645-664.

Salehi, S., Golparvar, A. R., and Hadipanah, A. 2014. Effect of harvest time on yield and quality of *Thymus vulgaris* L. essential oil in Isfahan province, Iran. Agriculturae Conspectus Scientificus, 79(2), 115-118.

Satyal, P., Murray, B.L., McFeeters, R.L., and Setzer, W.N. 2016. Essential oil characterization of *Thymus vulgaris* from various geographical locations. *Foods*, *5*(4), 70.

Seif Sahandi, M., Naghdi Badi, H., Mehrafarin, A., Khalighi-Sigaroodi, F., and Sharifi, M. 2019. Changes in essential oil content and composition of peppermint (*Mentha piperita* L.) in responses to nitrogen application. Journal of Medicinal Plants, 18(72), 81-97.

Shahrajabian, M. H., Sun, W., and Cheng, Q. 2022. Foliar application of nutrients on medicinal and aromatic plants, the sustainable approaches for higher and better production. Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences, 11(1), 1-10.

Soroori, S., Moghaddam, M., and Hashemi Moghaddam, H. 2013. Effect of N fertilizer of different levels and cultivated density on yield and essential oil content on Moldavian dragonhead. Journal of Crops Improvement, 15(4), 179-194.

Sotiropoulou, D.E., and Karamanos, A.J. 2010. Field studies of nitrogen application on growth and yield of Greek oregano (*Origanum vulgare* ssp. hirtum (Link) Ietswaart). Industrial Crops and Products, 32(3), 450-457.

Tisserand, R. and Young, R. 2013. Essential oil safety: a guide for health care professionals. Elsevier Health Sciences.

Tohidi, B., Rahimmalek, M., and Trindade, H. 2019. Review on essential oil, extracts composition, molecular and phytochemical properties of Thymus species in Iran. Industrial Crops and Products, *134*, 89-99.

Tohidi-Nejad, Z., Khajoei-Nejad, G., Tohidi-Nejad, E., and Ghanbari, J. 2023. Essential oil production, chemical composition, bioactive compounds, and antioxidant activity of *Thymus vulgaris* as affected by harvesting season and drying conditions.p 1-18. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3189637/v1

Türkmen, M. 2021. The effect of different Phenological periods and harvest times on the essential oil ratio and components of basil genotypes. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 24(1), 94-109.

Venskutonis, P.R. 1997. Effect of drying on the volatile constituents of thyme (*Thymus vulgaris* L.) and sage (*Salvia officinalis* L.). Food chemistry, 59(2), 219-227.

Ye, J.Y., Tian, W.H., and Jin, C.W. 2022. Nitrogen in plants: From nutrition to the modulation of abiotic stress adaptation. Stress Biology, *2*(1), 4.