Archive of SID.ir

Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 52, No 3, Autumn 2021 (663-675)
DOI: 10.22059/ijhs.2021.308165.1837

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۵۲، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۴۰۰ (ص ۶۷۵-۶۶۳)

نشریه پژوهشی:

اثر رژیم‌های مختلف آبیاری و کوددهی بر عملکرد و ترکیبات اسانس نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.)

حسین ابراهیمی اسبورزی[۱]، سید علی محمد مدرس ثانوی[۲*]، ابوالفضل باغبانی آرانی[۳] و رضوان کرمی برزآباد[۳]
۱ و ۲. دانشجوی کارشناسی ارشد و استاد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۳. استادیار، گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۵/۲۸- تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۱٤)

چکیده
به‌منظور بررسی اثرات تنش کم‌آبی و انواع کودهای نیتروژن بر عملکرد ماده خشک و اسانس و ترکیبات آن در گیاه نعناع فلفلی، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه تربیت مدرس در سال ۱۳۹۷ اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل سه رژیم آبیاری (آبیاری در حد ظرفیت مزرعه و به‌ترتیب بعد از تخلیه ۲۵، ٤۰ و ۵۵ درصد آب قابل استفاده در منطقه ریشه) به‌عنوان عامل اصلی و شش تیمار کودی بر اساس نیتروژن موردنیاز گیاه به‌عنوان عامل فرعی بودند. نتایج نشان داد بالاترین عملکرد ماده خشک و اسانس (۷٤ و ۳۱۵۸/۳۳ کیلوگرم در هکتار) در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۲۵ درصد رطوبت قابل استفاده خاک و با کود اوره حاصل گردید و تنش کم‌آبی شدید سبب کاهش ٤٤ درصدی عملکرد ماده خشک و اسانس گردید. در این تحقیق ۳٦ ترکیب در اسانس شناسایی گردید که بیشترین درصد مربوط به ترکیبات منتول، منتون، منتوفوران، پیپریتون و منتول استات بود. تنش کم‌آبی (آبیاری بعد از تخلیه ٤۰ و ۵۵ درصد رطوبت قابل استفاده خاک)، سبب افزایش کیفیت اسانس (افزایش منتول و منتون و کاهش منتوفوران و پولگون) گردید. همچنین کاربرد همه انواع کود نیتروژن، علاوه بر افزایش کیفیت اسانس سبب افزایش عملکرد اسانس نیز گردید. در مجموع می‌توان نتیجه گرفت تنش آبی متوسط همراه با کاربرد کود نیتروژن (خصوصا اوره به‌تنهایی و یا به‌صورت تلفیقی با ورمی‌کمپوست)، سبب افزایش کیفیت اسانس نعناع فلفلی گردیده است. افزایش کیفیت اسانس در اثر تنش کم‌آبی، باعث کاهش عملکرد اسانس گردید.

واژه‌های کلیدی: آزوکمپوست، اجزای اسانس، اوره، تنش خشکی، ورمی‌کمپوست.

Effect of different irrigation regimes and fertilization on essential oil yield and composition of peppermint essential oil (*Mentha piperita* L.)

Hosein Ebrahimi-Sborezi[1], Seyed Ali Mohammad Modarres-Sanavy[2*], Abolfazl Baghbani-Arani[3] and Rezvan Karami Borz- Abad[3]
1, 2. M.Sc. Student and Professor, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
3. Assistant Professor, Department of Agriculture Science, Payame Noor University, Tehran, Iran
(Received: Aug. 18, 2020- Accepted: Jan. 03, 2020)

ABSTRACT
In order to investigate the effects of water deficit and nitrogen fertilizers on peppermint's essential oil yield and its compounds, the current experiment was conducted in Research Field of Tarbiat Modares University in 2018, based on split with three replications. The experimental treatments consisted of three irrigation regimes (respectively after depleting 25, 40 and 55% of available water in root growth zone) as the main factor and six fertilizer treatments based on nitrogen requirement as sub-factors. The results showed that the highest essential oil yield was obtained under normal irrigation conditions with urea, while severe water deficit stress caused a reduction of 44% in dry matter and essential oil yield. In this study, 36 compounds were identified in essential oil. The most important components of essential oil were menthol, menthon, menthofuran, piperitone and menthol acetate. Water deficit increased the quality of essential oil (increased menthol and menthon and decreased menthofuran and polygon). In this regard, the use of nitrogen fertilizer increased both the quality and yield of essential oil. In general, it can be concluded that moderate water deficit accompanied with nitrogen fertilizer (urea alone or in combination with vermicompost) might increase the quality of peppermint's essential oil. Increasing essential oil quality caused by water deficit, reduced quantitative essential oil yield.

Keywords: Azocompost, drought stress, essential oil composition, urea, vermicompost.

* Corresponding author E-mail: modaresa@modares.ac.ir

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

مقدمه

نعناع فلفلی (Peppermint) با نام علمی *Mentha piperita* L. مهمترین گیاه دارویی تیره نعناعیان (Lamiaceae) است که مقدار مصرف سالانه اسانس آن در جهان به حدود ۷۰۰۰ تن می‌رسد (Kazem Alvandi *et al*., 2010; Keshavarz *et al*., 2020). اسانس این گیاه یکی از معروف‌ترین و رایج‌ترین اسانس‌های مورد استفاده است و این به‌دلیل ترکیب‌های اصلی آن یعنی منتول و منتون می‌باشد که خاصیت ضد میکروبی دارند (Seif Sahandi *et al*., 2019). خانواده نعناعیان با انتشار و توزیع جهانی از قطب شمال تا جنوب به‌طور گسترده در بسیاری از کشورها عمدتاً به‌عنوان گیاهان دارویی با ارزش کشت می‌شوند (Kheiry *et al*., 2017; Keshavarz *et al*., 2018). گستردگی کشت آن در جهان، این گیاه را با تنش‌های غیرزنده از جمله تنش کم‌آبی در طول فصل رشد مواجه خواهد کرد. از طرفی، کمیت و کیفیت مواد مؤثره گیاهان دارویی علاوه بر ژنوتیپ، تحت تأثیر عوامل محیطی نیز قرار می‌گیرد (Baghbani- Arani *et al*., 2017; Kheiry *et al*., 2017). از این‌رو روش‌هایی که بتواند تولید و افزایش ترکیب‌های ثانویه را در گیاهان دارویی موجب گردد در حال گسترش می‌باشند. در تحقیقی گزارش گردید که عملکرد اندام هوایی و اسانس گیاه نعناع فلفلی به مقدار زیادی تحت تاثیر حاصلخیزی خاک و مسائل بهزراعی (مدیریت آب و مواد غذایی خصوصا نیتروژن) قرار دارد (Keshavarz *et al*., 2020). همچنین در این راستا گزارش گردید که محتوای اسانس و ترکیبات آن در نعناع فلفلی تحت تاثیر عوامل داخلی (ژنتیکی) و بیرونی (آب و هوا، منطقه و زمان کشت، کوددهی و سن گیاه و زمان برداشت) قرار دارد و دامنه تغییرات میزان اسانس آن گسترده (بین ۰/۱ – ۴ درصد) است و بیشترین محتوای اسانس را منتول (منتول و منتون)، پولگون- منتول و لینالول تشکیل می‌دهد (Fejér *et al*., 2017).

براساس گزارش فائو حدود ۹۰ درصد از کشور ایران در نواحی خشک و نیمه‌خشک قرار دارد (Daneshmand *et al*., 2009). در این شرایط نحوه جذب عناصر غذایی و انجام فرایندهای متابولیسمی گیاهان متفاوت بوده و می‌تواند سبب کاهش رشد گردیده که میزان این کاهش، همواره با تغییرات مهمی در خصوصیات کیفی گیاهان همراه است (Keshavarz *et al*., 2020). بهبود تولیدات گیاهی در شرایط تنش، مدیریت خوب نهاده‌هایی از قبیل آب و مواد غذایی، مقدار و نوع آن‌ها و اطلاع از مراحل فیزیولوژیکی مهم و مکانیسم‌های دفاعی گیاه را ضروری می‌سازد. تنش آبی به‌طور قابل ملاحظه‌ای متابولیسم گیاهان را تغییر داده و باعث کاهش رشد و فتوسنتز (تغییر در محتوای کلروفیل و رنگیزه‌های فتوسنتزی به همراه تجمع گونه‌های فعال اکسیژن و خسارت به دستگاه فتوسنتزی) و در نهایت کاهش عملکرد گیاهان می‌شود (Baghbani- Arani *et al*., 2017). افزایش بسیاری از متابولیت‌های ثانویه و اجزای اسانس در زمان تنش، نشان دهنده نقش حفاظتی این ترکیبات به‌عنوان عوامل آنتی‌اکسیدانتی می‌باشند که در تحقیقات مختلف به افزایش مقدار منتون و کل سزکوئی ترپن‌ها در گیاه نعناع (*Mentha spicata* L.) (Charles *et al*., 1990) و درصد اسانس در گیاه نعناع سبز (*Mentha pulegium L.*) تحت تنش کم‌آبی (Hassanpour *et al*., 2014) اشاره شده است. در چنین وضعیتی مدیریت مؤثر مصرف آب در کشاورزی یک ضرورت اساسی است. یکی دیگر از اثرات تنش کم‌آبی، تغییرات قابل ملاحظه در قابلیت دسترسی به عناصر غذایی مختلف در خاک می‌باشد و از طرف دیگر گیاهی که خوب تغذیه شده باشد مقاومت بهتری به تنش کم‌آبی خواهد داشت (Sheteawi & Tawfik, 2007).

نیتروژن مهمترین عنصرغذایی موردنیاز گیاهان است. فراهمی نیتروژن با 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 در نعناع فلفلی می‌شود. اثر مثبت کودهای شیمیایی نیتروژنه بر عملکرد کمی و کیفی نعناع فلفلی توسط محققین گزارش شده‌است (Abyar *et al*., 2017; Keshavarz *et al*., 2018; Seif Sahandi *et al*., 2019). در تحقیقی گزارش گردیده که کاربرد نیتروژن موجب افزایش میزان اسانس نعناع فلفلی شد و کمبود

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

آن، موجب کاهش میزان پروتئین‌های محلول، درصد اسانس و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و میزان پولگون شد. همچنین مصرف ۷۵ کیلوگرم اوره در هکتار در زراعت نعناع فلفلی به‌دلیل افزایش میزان اسانس و کاهش میزان پولگون و عدم تاثیر معنی‌داری بر میزان منتول و منتون توصیه می‌شود (Seif Sahandi *et al.*, 2019). کیفیت اسانس نعناع فلفلی بر اساس میزان غلظت منتول، منتون، پولگون و منتوفوران تعیین می‌شود به‌طوری‌که هرچه درصد منتول و منتون بالاتر و غلظت‌های پولگون و منتوفوران پایین‌تر باشد، اسانس دارای کیفیت بالاتری خواهد بود (Rios-Estepa *et al.*, 2008).

در تحقیقی گزارش گردیده که در میان عوامل موثر بر رشد گیاه نعناع، نوع و مقدار کودها (به‌ویژه نیتروژن) اثرات قابل ملاحظه‌تری بر عملکرد کمی و کیفی اسانس گیاه داشت به‌گونه‌ای‌که به‌ترتیب بیشترین میزان ارتفاع گیاه و منتول در تیمارهای ۱۰۰ درصد کود شیمیایی و تیمار تلفیقی کود آلی و شیمیایی مشاهده گردید (Izhar *et al.*, 2015). در این راستا، استفاده از تکنیک‌های زراعی از جمله کاربرد کودهای آلی یا تقویت شرایط بیولوژیک خاک ممکن است در کاهش اثرات تنش کم‌آبی و استفاده‌ی کمتر از کودهای شیمیایی در راستای کشاورزی پایدار و سلامت تغذیه انسان مؤثر باشند (Baghbani- Arani *et al.*, 2017). به همین دلیل، رویکرد جهانی در تولید گیاهان دارویی به سمت کشاورزی پایدار و بکارگیری روش‌های مدیریتی آن می‌باشد (Yousefzadeh *et al.*, 2016). یکی از این روش‌ها بکارگیری کودهای آلی از جمله ورمی‌کمپوست و آزوکمپوست به منظور ارتقاء عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی می‌باشد. ورمی‌کمپوست و آزوکمپوست (آزولا) با افزایش جمعیت و فعالیت ریزجانداران مفید خاک در جهت فراهم آوردن و آزاد کردن تدریجی عناصرغذایی موردنیاز گیاه مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم و عناصر ریزمغذی عمل نموده و با بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و جذب و نگهداری آب در خاک، باعث افزایش کارایی فتوسنتز، رشد و عملکرد کمی (Arancon *et al.*, 2004) و کیفی گیاهان از جمله گیاه نعناع فلفلی (Abyar *et al.*, 2017) می‌گردد. محققان نشان داده‌اند که گیاه نعناع فلفلی در آبیاری مناسب و تغذیه کافی بیشترین عملکرد بیولوژیک و اسانس را تولید خواهد کرد (Abyar *et al.*, 2017; Rostami *et al.*, 2018). در تحقیقی Keshavarz *et al.* (2020) روی نعناع فلفلی گزارش کرده‌اند که بیشترین ارتفاع گیاه، وزن خشک اندام هوایی و عملکرد اسانس در شرایط آبیاری مطلوب و کاربرد ۱۴ تن ورمی‌کمپوست بدست آمد در حالی‌که بیشترین درصد اسانس و میزان فلاونوئیدها در کم‌آبیاری متوسط با ۱۴ تن ورمی‌کمپوست حاصل شد.

با توجه به اهمیت دارویی و اقتصادی گیاه نعناع فلفلی و لزوم صرفه‌جویی در مصرف آب در کشور، هدف از این تحقیق، یافتن تلفیق مناسبی از نهاده‌ها (کود و آب)، جهت دستیابی به بیشترین رشد کمی و کیفی اسانس به همراه کاهش مصرف و افزایش کارایی مصرف کودهای شیمیایی در راستای کشاورزی پایدار می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس واقع در کیلومتر ۱۶ اتوبان تهران _ کرج در مختصات جغرافیایی ۵۱ درجه و ۴۳ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۸ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۱۲۷۵ متر از سطح دریا در سال زراعی ۱۳۹۷ انجام گردید. بر اساس آمار هواشناسی نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی (چیتگر) در دانشکده کشاورزی، این منطقه با ۲۴۲ میلی‌متر بارندگی سالانه دارای رژیم آب و هوایی نیمه‌خشک بوده و متوسط درجه حرارت سالیانه آن ۲۲ درجه سانتی‌گراد است.

تیمارهای آزمایشی شامل سه رژیم آبیاری (آبیاری تا حد ظرفیت مزرعه و به‌ترتیب بعد از تخلیه ۲۵، ۴۰ و ۵۵ درصد آب قابل استفاده در منطقه ریشه (بدون تنش کم‌آبی، تنش متوسط و شدید آبی) به‌عنوان عامل اصلی و شش تیمار کودی بر اساس نیتروژن موردنیاز گیاه نعناع فلفلی (به‌ترتیب بدون کود، ۱۰۰ درصد کود اوره، ۱۰۰ درصد ورمی‌کمپوست، ۱۰۰ درصد آزوکمپوست، ۵۰ درصد کود اوره + ۵۰ درصد ورمی‌کمپوست و ۵۰ درصد

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

کود اوره + ۵۰ درصد آزوکمپوست) به‌عنوان عامل فرعی بودند. تهیه نشاها از سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور و کاشت در تاریخ اول اردیبهشت ۱۳۹۷ شروع و اولین چین در تاریخ ۲۵ خرداد صورت گرفت. هر کرت دارای شش ردیف کاشت به فاصله‌ی ردیف ۲۰ سانتی‌متر، فاصله‌ی بین هر بوته ۲۰ سانتی‌متر و به طول ۲ متر بود. علاوه بر این بین هر کرت با کرت مجاور که از نظر سطح دریافت کودی متفاوت بودند، ۰/۵ متر به صورت نکاشت در نظر گرفته شد. قبل از اجرای این پژوهش از خاک مزرعه به عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری نمونه‌گیری و پس از هوا خشک نمودن و عبور از الک ۲ میلی‌متری برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن اندازه‌گیری گردید که نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است. اعمال تنش کم آبیاری بعد از مرحله استقرار (کشت و مستقر شدن نشا) در کرت‌های مربوطه به وسیله دستگاه رطوبت‌سنج زمانی (TDR) و محاسبه میزان پتانسیل آب خاک توسط منحنی رطوبتی خاک به وسیله‌ی دستگاه صفحات فشاری برای پتانسیل‌های مختلف اعمال گردید. قبل از شروع آزمایش از منحنی‌های کالیبراسیون برای تعیین رابطه بین مقدار عددی ارائه شده توسط دستگاه TDR و مقدار حجمی رطوبت خاک استفاده شد. همچنین برای تعیین و کنترل مقدار آب آبیاری از لوله های مجهز به کنتور استفاده گردید. مبنای تعیین مقدار موردنیاز کود ورمی‌کمپوست و آزوکمپوست عبارت از درصد نیتروژن خاک و کودها (جدول ۱)، مقدار کود نیتروژن لازم برای نعناع فلفلی برابر با ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار (Omid Beigi,2009) و مقدار آزادسازی نیتروژن کود کمپوست‌ها (۳۰٪) بود (Bahrami & Sber Hamishegi, 2015). بر این اساس به‌ترتیب مقدار موردنیاز کود ورمی‌کمپوست و آزوکمپوست (۲۲/۱۴ و ۲۰/۰۳ تن در هکتار) و کود اوره (۱۴۷ کیلوگرم در هکتار) تعیین گردید. کودهای آلی قبل از کشت در عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک (عمق توسعه ریشه) مخلوط و کودشیمیایی (اوره) بعد از استقرار گیاه و قبل از اعمال تنش کم‌آبی به زمین داده شد. آبیاری (با آب چاه) با نوار تیپ صورت گرفت که میزان حجم مصرفی در این آزمایش به‌ترتیب در تیمارهای بدون تنش، کم آبیاری متوسط و کم آبیاری شدید ۲۳۰۰، ۱۸۰۰ و ۱۳۰۰ مترمکعب در هکتار می‌باشد. مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام شد. زمان برداشت گیاه نعناع فلفلی برای اندازه‌گیری عملکرد اسانس و اندازه‌گیری اسانس در زمان ده درصد گل‌دهی در ۵۰ درصد از کرت‌ها انجام گرفت و نمونه‌های گیاهی با توجه به اثر حاشیه‌ای از وسط هر کرت و از فاصله پنج سانتی‌متری سطح خاک برداشت و پس از وزن شدن به اتاق خشک‌کن منتقل شدند. پس از خشک شدن نمونه‌ها به صورت سایه خشک و در دمای اتاق ۱۸ تا ۲۲ درجه سانتی‌گراد وزن خشک هر کرت توسط ترازو دقیق آزمایشگاهی به منظور اندازه‌گیری عملکرد اسانس (حاصلضرب ماده خشک در درصد اسانس) انجام گرفت. سپس از هرکرت به اندازه ۵۰ گرم نمونه برگ خشک با ترازو وزن و جدا شدند و سپس اسانس‌گیری به روش تقطیر با آب مقطر با استفاده از دستگاه کلونجر به مدت ۳ ساعت انجام گرفت (Omid Beigi, 1997). برای تجزیه اسانس از دستگاه کروماتوگرافی گازی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC/MS)، با مشخصات مدل Hewlett-Packard 6890 دارای انجکتور splitless و ستون موئینه به طول ۳۰ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت فیلم ۲۵ میلی‌متر مدل DB-WAX (Agilent/J and W Scientific, Folsom, CA, USA) استفاده شد. دتکتور از نوع یونیزه اشعه با حرارت ۲۱۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد که در آن گاز هیدروژن و هوا با سرعت ۴۰ میلی‌لیتر بر دقیقه عبور داده می‌شود. دمای اولیه در ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ دقیقه نگه داشته شده و سپس با تغییرات ۱۰ درجه سانتی‌گراد در دقیقه به ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد رسیده و پس از ۱ دقیقه با تغییرات ۴ درجه سانتی‌گراد در دقیقه به ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد رسیده به مدت ۲ دقیقه نگه داشته شده و سپس با تغییرات ۲ درجه سانتی‌گراد در دقیقه به ۲۱۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. از هلیم فوق خالص با سرعت عبور ۱ میلی‌لیتر در دقیقه به‌عنوان گاز حامل استفاده شد. پیک‌های خروجی براساس زمان بازداری با نمونه‌های استاندارد مقایسه و تعیین هویت شده و براساس سطح زیر منحنی تعیین غلظت گردید (Yang, 2005).

در نهایت داده‌های حاصل از آزمایش با نرم‌افزار آماری SAS 9.2 تجزیه شدند. مقایسه میانگین صفات به روش آزمون LSD در سطح پنج درصد انجام گرفت.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در منطقه اجرای آزمایش و ورمی‌کمپوست و آزوکمپوست مورد استفاده.
Table 1. Physical and chemical properties of soil in the test area and vermicompost and azocompost used

	Soil Texture	EC (dS m^{-1})	pH	Organic carbon (%)	Total N (%)	C/N	Available P (mg kg^{-1})	Available K (mg kg^{-1})	Fe (mg kg^{-1})	Zn (mg kg^{-1})	PWP (%)	FC (%)
Soil	Sandy Loam	1.43	7.4	1.4	0.14	0.099	27.6	520	8.40	1.14	9.26	16.45
Vermicompost	-	2.25	7.97	-	1.393	22.304	16450	14650	7445	164	-	-
Azocompost	-	3.1	5.7	21.45	1.54	13.93	5700	23700	8920	34.5	-	-

نتایج و بحث

وزن خشک کل

تجزیه واریانس نشان داد که وزن خشک کل نعناع فلفلی تحت تاثیر اثرات ساده رژیم آبیاری و کود نیتروژن و برهمکنش بین آنها در سطح یک درصد قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین وزن خشک کل گیاه در شرایط بدون تنش کم‌آبی با ۱۰۰ درصد کود اوره (۳۱۵۸/۳۳ کیلوگرم در هکتار) حاصل گردید که با تیمار بدون تنش کم‌آبی و به همراه کود ورمی‌کمپوست (۲۸۴۱/۶۶ کیلوگرم در هکتار) اختلاف آماری معنی‌داری نداشتند و کمترین عملکرد وزن خشک در تیمار کم‌آبیاری شدید به همراه کاربرد کود اوره با عملکرد وزن خشک (۹۷۹/۲۰ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد به‌گونه‌ای‌که نتایج حاکی از کاهش بیش از ۴۳ درصدی وزن خشک کل گیاه در تیمار تنش کم‌آبی شدید نسبت به شاهد (بدون تنش کم‌آبی) بود (جدول ۳). همچنین با توجه به جدول مقایسه میانگین‌ها در کم آبیاری شدید، بیشترین عملکرد وزن خشک در تیمار کاربرد ورمی‌کمپوست با عملکرد (۱۷۴۰ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد. در مطابقت با نتایج این تحقیق، Abyar *et al.* (2017) گزارش کردند که تنش خشکی سبب کاهش رشد رویشی (ارتفاع، فاصله میانگره و وزن‌تر و خشک) گیاه نعناع فلفلی گردید. آن‌ها با توجه به معنی‌دار شدن اثر برهمکنش خشکی و کود ورمی‌کمپوست بر وزن‌تر و خشک گیاه، نشان دادند که به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار آن‌ها در تیمارهای بدون تنش آبی با بالاترین میزان ورمی‌کمپوست و تیمار تنش شدید کم‌آبی و عدم مصرف ورمی‌کمپوست حاصل گردید و بیان داشتند که ارتفاع بوته، وزن‌تر و خشک سرشاخه‌های گلدار نعناع فلفلی مانند هر اندام رویشی یا زایشی دیگر شدیداً تحت تأثیر عناصرغذایی و آب قرار می‌گیرد. خواص فیزیکی و شیمیایی هیومیک اسید موجود در ورمی‌کمپوست، از طریق افزایش ظرفیت نگهداری عناصرغذایی و افزایش هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد و همچنین افزایش فعالیت ریزجانداران باعث افزایش عناصرغذایی ازجمله نیتروژن گیاه گردیده و سبب افزایش کارایی فتوسنتز و تولید ماده خشک گیاهان می‌گردد (Arancon *et al.*, 2004; Baghbani-Arani *et al.*, 2017; Abyar *et al.*, 2017).

عملکرد اسانس

در این مطالعه، عملکرد اسانس نعناع فلفلی تحت تأثیر رژیم آبیاری و کود نیتروژن و برهمکنش آن‌ها قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد به‌ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد اسانس در تیمارهای بدون تنش آبی با کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی و تیمار تنش شدید کم‌آبی بدون کود نیتروژن مشاهده گردید به‌گونه‌ای‌که تنش کم‌آبی شدید نسبت به تنش آبی متوسط و بدون تنش به‌ترتیب، سبب کاهش ۵۱/۹۱ و ۴۳/۷۸ درصدی عملکرد اسانس گردید (جدول ۳). همچنین نتایج این جدول حاکی از آن است که در شرایط بدون تنش آبی، تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی، تیمار برتر بود در حالی‌که در شرایط تنش کم‌آبی متوسط و شدید، تیمار ۱۰۰ درصد کود ورمی‌کمپوست بالاترین عملکرد اسانس را تولید نمود (جدول ۳).

عواملی مانند تنش‌های زنده از قبیل آفات و بیماری‌ها و تنش‌های غیرزنده از قبیل کمبود آب و موادغذایی بر عملکرد اسانس و اجزاء آن در گیاهان دارویی مؤثر است (Leicacha *et al.*, 2010). در تحقیقی روی گیاه نعناع فلفلی گزارش گردید با افزایش تنش کم‌آبی، میزان عملکرد و ماده خشک کاهش یافت (بدلیل کاهش رشد و توسعه سلول‌ها خصوصا در ساقه و برگ و کاهش جذب مواد غذایی و متعاقب آن کاهش سطح برگ و ظرفیت کل فتوسنتزی کاهش می‌یابد) ولی تا حدودی درصد اسانس گیاه افزایش می‌یابد و همچنین بالاترین میزان ماده خشک و عملکرد اسانس در شرایط آبیاری مطلوب با

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

کود اوره بدست آمد و مصرف کود ورمی‌کمپوست تاثیر بیشتری بر گیاه نعناع فلفلی بویژه در شرایط تنش کم‌آبی نسبت به کود شیمیایی داشته و (به‌علت بالابردن ظرفیت نگهداری آب در خاک) توانست تا حدی اثرات منفی تنش کم‌آبی را جبران نماید (Keshavarz *et al*., 2020) که در مطابقت کامل با نتایج این تحقیق است.

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر رژیم آبیاری و کوددهی بر صفات وزن خشک، عملکرد اسانس و ترکیبات اسانس نعناع فلفلی.

Table 2. Results of variance analysis effect of irrigation regime and fertilization on dry matter, essential oil yield and composition of peppermint.

Source of variation	df	Mean of squares									
		Dry matter	Essential oil yield	Menthone	Menthol	Menthofuran	Piperitone	Menthyl acetate	β-pinene	α-phellandrene	Eucalyptol
Block	2	254853.1	1.36	0.073	0.074	0.092	0.054	0.072	0.167	0.090	0.107
I	2	5223914.9**	1674.91**	19.055**	69.119**	28.232**	8.728**	3.072**	0.902**	0.263	3.198**
B×I	4	144795	2.78	0.058	0.051	0.042	0.063	0.049	0.022	0.053	0.034
F	5	1105551.4**	1031.47**	32.420**	54.941**	21.663**	11.395**	11.298**	1.071**	0.228	0.118
F×I	10	749458.5**	390.15**	2.017**	2.746**	1.162**	0.483**	3.582**	0.51**	0.337*	0.476**
Sub error	10	48786.9	2.74	0.131	0.126	0.125	0.126	0.124	0.141	0.131	0.127
C.V. (%)	-	11.6	3.83	2.46	2.36	4.99	6.21	11.26	14.71	19.42	18.03

I: Irrigation regime, F: Fertilization — I: رژیم آبیاری، F: کوددهی

*, **: Significantly differnece at 5% and 1% probability level, respectively — * و **: به‌ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ادامه جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر رژیم آبیاری و کوددهی بر ترکیبات اسانس نعناع فلفلی.

Continued table 2. Results of variance analysis effect of irrigation regime and fertilization on essential oil compositions of peppermint.

Source of variation	df	Mean of squares								
		Gama-Terpinene	Isomenthone	Carvone	Pulegone	β-Caryophyllen	α-pinene	Camphene	Sabinene	1-octanol-3-ol
Block	2	0.197	0.0973	0.117	0.072	0.135	0.085	0.095	0.103	0.154
I	2	0.654**	1.811**	0.026	0.625*	0.367*	0.11	0.485*	0.591*	0.345
B×I	4	0.022	0.072	0.032	0.052	0.038	0.044	0.038	0.056	0.096
F	5	0.22	1.253**	0.098	0.439	0.878**	0.547**	0.523**	0.937**	0.378**
F×I	10	0.439*	1.506**	0.473**	0.673**	0.596**	0.194	0.321*	0.657**	0.314**
Sub error	10	0.151	0.143	0.129	0.125	0.141	0.125	0.124	0.141	0.038
C.V. (%)	-	18.65	16.51	18.81	17.44	21.02	18.51	19.78	18.53	15.65

I: Irrigation regime, F: Fertilization — I: رژیم آبیاری، F: کوددهی

*, **: Significantly differnece at 5% and 1% probability level, respectively — * و **: به‌ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ادامه جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر رژیم آبیاری و کوددهی بر ترکیبات اسانس نعناع فلفلی.

Continued table 2. Results of variance analysis effect of irrigation regime and fertilization on essential oil compositions of peppermint.

Source of variation	df	Mean of squares								
		Myrcene	α-Terpinene	β-Ocymene	1,8-cineole	Limonene	Para-Cymene	Neomenthol	Isopulegole	Linalool
Block	2	0.153	0.09	0.152	0.051	0.09	0.11	0.13	0.085	0.086
I	2	0.396	0.264	0.037	0.56*	0.125	2.667**	2.926**	0.472*	0.021
B×I	4	0.094	0.053	0.1	0.073	0.064	0.096	0.027	0.058	0.046
F	5	0.581**	0.228	0.206**	0.56**	0.2	0.211	7.41**	0.229	0.342*
F×I	10	0.483**	0.337*	0.373**	0.574**	0.409*	0.611**	2.036**	0.315*	0.509**
Sub error	10	0.034	0.131	0.035	0.13	0.138	0.1	0.131	0.132	0.126
C.V. (%)	-	12.40	19.42	15.33	20.82	17.98	25.05	14.73	19.29	16.34

I: Irrigation regime, F: Fertilization — I: رژیم آبیاری، F: کوددهی

*, **: Significantly differnece at 5% and 1% probability level, respectively — * و **: به‌ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ادامه جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر رژیم آبیاری و کوددهی بر ترکیبات اسانس نعناع فلفلی.

Continued table 2. Results of variance analysis effect of irrigation regime and fertilization on essential oil compositions of peppermint.

Source of variation	df	Mean of squares									
		Dihydrocarvone	Myrtenal	Dihydrocarvyl acetate	α-Humulen	β-Bourbonene	Carvacrol	Borneol	δ-Cadinen	Germacren D	α-Murrolene
Block	2	0.177	0.039	0.198	0.159	0.252	0.129	0.106	0.102	0.066	0.093
I	2	0.549*	1.361*	0.452	2.698**	1.028*	1.569**	0.141	0.634	0.662*	0.431*
B×I	4	0.049	0.08	0.088	0.089	0.09	0.027	0.033	0.1	0.054	0.028
F	5	0.48**	0.195	0.173**	0.177**	0.835**	0.83**	0.415*	0.422**	0.528**	0.188**
F×I	10	0.995**	0.411**	0.544**	0.233**	0.147**	0.586**	0.369*	0.403**	0.854**	0.229**
Sub error	10	0.043	0.131	0.041	0.036	0.039	0.126	0.126	0.031	0.125	0.042
C.V. (%)	-	14.91	20.59	13.852	15.96	13.62	22.49	20.18	19.19	21.02	23.61

I: Irrigation regime, F: Fertilization — I: رژیم آبیاری، F: کوددهی

*, **: Significantly differnece at 5% and 1% probability level, respectively — * و **: به‌ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و کوددهی بر عملکرد اسانس و ترکیبات اسانس نعناع فلفلی.

Table 3. Mean comparison interaction effect of irrigation regime and fertilization on essential oil yield and composition of peppermint.

Irrigation regime	Fertilization	Dry matter (kg.ha)	Essential oil yield (kg.ha)	Menthone (%)	Menthol (%)	Menthofuran (%)	Piperitone (%)	Menthyl acetate (%)	β-pinene (%)	α-phellandrene (%)	Eucalyptol (%)
I_1	F_1	3158.33a	74.00a	13.10kl	16.20e	6.3h	6.5cde	2.5e-i	2.7a-d	1.6cd	1.8ef
	F_2	1966.66e	40.20h	11.50o	10.53j	9.9a	8.6a	3.4c	2.4b-f	2.1abc	2.2bcd
	F_3	2641.70bc	59.30d	14.00ij	12.80h	8.6d	6.1def	2.3g-i	3.1a	1.7bcd	2.4ab
	F_4	2841.66ab	65.10c	14.8gh	12.60h	8.8cd	5.5g-i	2.9c-f	2.6a-e	1.8bcd	2.9a
	F_5	2108.33de	46.50f	12.4mn	11.70i	9.4ab	7.2b	3.1cd	2.8abc	1.8bcd	2.9a
	F_6	2016.70de	38.60h	15.5ef	14.0g	7.3fg	5.0ijk	2.8d-g	2.3c-f	1.9bcd	2.4ab
I_2	F_1	2033.33de	44.50fg	13.7jk	20.50a	4.1k	6.0e-g	3.0c-e	1.8fg	2.0a-d	1.5e-g
	F_2	2316.70cde	47.00f	12.8lmn	11.50i	9.3bc	6.5cde	2.9c-f	2.9abc	2.0a-d	2.0b-e
	F_3	1095.83g	27.70ij	15.4fg	13.70g	7.8ef	5.2h-j	3.1cd	2.4b-f	2.3ab	2.3bc
	F_4	2158.33de	50.60e	16.3d	15.10f	7.2g	4.7j-l	2.4f-i	2.1def	1.5d	1.9b-f
	F_5	2341.66cd	43.30g	13.0lm	13.90g	7.9e	6.6cd	2.5e-i	3.2a	1.4d	1.7d-g
	F_6	1116.66g	29.80i	18.9a	17.10d	5.7i	3.8n	7.7a	1.4g	1.4d	1.8ef
I_3	F_1	979.20g	28.20ij	15.2fg	19.60b	4.4jk	5.3hi	2.7d-h	2.0e-g	2.6a	2.0b-e
	F_2	1112.50g	22.60k	12.2n	12.80h	8.8cd	7.0bc	2.2hi	2.6a-e	1.7bcd	2.0b-e
	F_3	1060.40g	26.60j	16.1de	17.00d	5.5i	4.6kl	2.0i	2.9abc	1.9bcd	1.5e-g
	F_4	1740.00ef	50.63e	18.2b	18.30c	4.9j	4.0mn	2.5e-i	3.1a	1.8bcd	1.2g
	F_5	1166.66g	26.40j	14.5hi	15.00f	6.9g	5.7fgh	2.6e-h	3.0ab	1.8bcd	1.4fg
	F_6	1595.83f	38.70h	17.0c	18.50c	4.8j	4.4lm	5.7b	2.7a-d	2.2abc	1.6e-g

I_1 و I_2 و I_3 = به ترتیب آبیاری پس از تخلیه ۲۵، ۴۰ و ۵۵ درصد رطوبت قابل استفاده خاک؛ F1، F2، F3، F4، F5، F6: به‌ترتیب ۱۰۰ درصد کود شیمیایی، بدون کود، ۵۰ درصد کود شیمیایی + ۵۰ درصد آزوکمپوست، ۱۰۰ درصد ورمی‌کمپوست، ۱۰۰ درصد آزوکمپوست و ۵۰ درصد کود شیمیایی + ۵۰ درصد ورمی‌کمپوست.

در هر ستون میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

I1, I2 and I3: Irrigation after depleting (25, 40 and 55%) available soil water, respectively. F1, F2, F3, F4, F5, F6: 100% chemical, No fertilizer, 50% chemical + 50% azocompost, 100% vermicompost, 100% azocompost, 50% chemical + 50% vermicompost, respectively.

In each column means followed by at least a common letter, are not significantly difference at 5% probability level.

ادامه جدول ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و کوددهی بر ترکیبات اسانس نعناع فلفلی.

Continued table 3. Mean comparison interaction effect of irrigation regime and fertilization on essential oil composition of peppermint.

Irrigation regime	Fertilization	Gama-Terpinene	Isomenthone	Carvone	Pulegone	β-Caryophyllen	Camphene	Sabinene	1-octanol-3-ol	Myrcene
		%								
I_1	F_1	2.1b-e	2.5bcd	2.1a-d	2.7ab	1.9bcd	2.30ab	1.90d-h	1.50bcd	1.40de
	F_2	1.6ef	2.1b-f	1.9bcd	2.0c-f	1.6cd	1.50efg	1.93d-g	1.30c-f	1.42d
	F_3	2.3a-e	1.8e-g	1.5de	1.4g	2.1abc	2.40a	2.50a-d	1.40b-e	1.00f
	F_4	2.0c-f	2.6bc	2.0abc	1.7fg	1.8bcd	2.10a-d	2.00c-g	1.60abc	1.10ef
	F_5	2.7ab	1.2g	2.6a	3.0a	2.7a	1.70c-f	1.40gh	1.00fgh	1.40de
	F_6	2.8a	2.0c-f	1.6cde	2.4bcd	0.7f	1.50efg	1.80e-h	0.90gh	1.70bcd
I_2	F_1	2.2a-e	1.7fg	1.9bcd	1.4g	2.3ab	1.80b-f	2.50a-d	1.20d-g	1.60cd
	F_2	2.1b-e	2.1b-f	1.8b-e	1.6fg	1.7b-d	1.60d-g	2.70ab	1.30c-f	1.40de
	F_3	2.2a-e	2.7b	1.9bcd	2.3b-e	1.7b-d	1.60d-g	2.00c-g	1.30c-f	1.50d
	F_4	2.5a-c	2.1b-f	2.2abc	1.7fg	1.8b-d	1.40efg	3.00a	1.70ab	2.20a
	F_5	1.9c-f	2.0c-f	1.2e	2.1c-f	2.0bc	2.10a-d	1.60fgh	1.90a	2.00ab
	F_6	1.8d-f	2.5b-d	2.3ab	1.9d-g	2.0bc	1.10g	1.60fgh	0.70h	1.10ef
I_3	F_1	2.1b-e	1.9d-f	1.6cde	2.4bcd	1.3def	2.20abc	1.60fgh	0.70h	1.00f
	F_2	1.8d-f	4.7a	1.7b-e	2.5abc	2.3ab	2.10a-d	1.30h	1.50bcd	2.20a
	F_3	1.4f	2.1e-f	2.1a-d	1.8e-g	1.6cde	1.90a-e	2.60abc	1.30c-f	0.80f
	F_4	2.4a-d	2.3b-f	2.1a-d	1.7fg	1.7bcd	1.90a-e	2.10b-f	0.90gh	1.90abc
	F_5	1.9c-f	2.4b-e	2.0a-d	1.8e-g	1.9bcd	1.30fg	1.50fgh	1.10efg	1.70bcd
	F_6	1.7ef	2.5b-d	1.9bcd	2.0c-f	1.0ef	1.60d-g	2.40a-e	1.00fgh	1.40de

I_1 و I_2 و I_3 = به ترتیب آبیاری پس از تخلیه ۲۵، ۴۰ و ۵۵ درصد رطوبت قابل استفاده خاک؛ F1، F2، F3، F4، F5، F6: به‌ترتیب ۱۰۰ درصد کود شیمیایی، بدون کود، ۵۰ درصد کود شیمیایی + ۵۰ درصد آزوکمپوست، ۱۰۰ درصد ورمی‌کمپوست، ۱۰۰ درصد آزوکمپوست و ۵۰ درصد کود شیمیایی + ۵۰ درصد ورمی‌کمپوست.

در هر ستون میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

I1, I2 and I3: Irrigation after depleting (25, 40 and 55%) available soil water, respectively. F1, F2, F3, F4, F5, F6: 100% chemical, No fertilizer, 50% chemical + 50% azocompost, 100% vermicompost, 100% azocompost, 50% chemical + 50% vermicompost, respectively.

In each column means followed by at least a common letter, are not significantly difference at 5% probability level.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

ادامه جدول ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و کوددهی بر ترکیبات اسانس نعناع فلفلی.

Continued table 3. Mean comparison interaction effect of irrigation regime and fertilization on essential oil composition of peppermint.

Irrigation regime	Fertilization	α-Terpinene	β-Ocymene	1,8-cineole	Limonene	Para-Cymene	Neomenthol	Isopulegole	Linalool	Dihydrocarvone
		%								
I_1	F_1	1.60cd	1.30cde	2.20abc	1.90a-d	1.40a-d	2.60ab	1.90abc	2.40cde	1.30de
	F_2	2.16abc	1.30cde	2.10abc	1.90a-d	1.06efg	2.06b-e	1.93abc	5.66a	1.43cde
	F_3	1.70bcd	1.90ab	1.90bcd	1.60cde	1.50abc	2.00cde	2.50a	2.20c-f	1.80bcd
	F_4	1.80bcd	1.50bcd	1.60cd	1.30de	1.10d-g	1.90cde	2.20abc	2.80c	2.30ab
	F_5	1.80bcd	0.90efg	2.10abc	1.30de	0.80g	2.30abc	1.80bc	1.50gh	1.80bcd
	F_6	1.90bcd	1.70abc	2.00a-d	1.60cde	1.30b-e	2.20abc	2.00abc	2.30c-f	1.90a-d
I_2	F_1	2.00a-d	1.70abc	1.60cd	2.10abc	1.50abc	1.90cde	1.60cd	1.9e-h	2.00abc
	F_2	2.00a-d	1.30cde	2.20abc	1.80bcd	1.20c-f	1.50e	1.90abc	5.00b	1.60cde
	F_3	2.30ab	1.20c-f	2.60a	1.90a-d	0.80g	2.60ab	1.90abc	1.40h	1.10e
	F_4	1.50d	2.10a	2.00a-d	1.60cde	1.00efg	2.70a	1.90abc	2.40cde	1.60cde
	F_5	1.40d	2.10a	2.50ab	1.00e	1.70a	2.10bcd	2.30ab	2.60cd	1.10e
	F_6	1.40d	0.80efg	2.00a-d	1.60cde	0.90fg	2.00cde	1.60cd	1.90e-h	1.50cde
I_3	F_1	2.60a	1.20c-f	2.60a	1.40de	1.00efg	2.60ab	1.70bc	1.80e-h	1.90a-d
	F_2	1.70bcd	0.43g	1.40d	2.50a	1.10e-g	2.30abc	1.70bc	2.10d-g	2.30ab
	F_3	1.90bcd	0.80efg	2.0a-d	2.30ab	1.70a	2.20abc	1.9abc	2.20c-f	2.00abc
	F_4	1.80bcd	0.70fg	2.00a-d	2.10abc	0.80g	1.80cde	1.00d	2.30c-f	1.70bcd
	F_5	1.80bcd	0.70fg	2.10abc	2.30ab	1.6ab	2.70a	2.00abc	1.70efg	1.80bcd
	F_6	2.20abc	1.10def	2.30ab	1.00e	1.40a-d	1.60de	2.10abc	2.00d-h	2.50a

I_1 و I_2 و I_3 = به ترتیب آبیاری پس از تخلیه ۲۵، ۴۰ و ۵۵ درصد رطوبت قابل استفاده خاک؛ F1، F2، F3، F4، F5، F6 به‌ترتیب ۱۰۰ درصد کود شیمیایی، بدون کود، ۵۰ درصد کود شیمیایی + ۵۰ درصد آزوکمپوست، ۱۰۰ درصد ورمی‌کمپوست، ۱۰۰ درصد آزوکمپوست و ۵۰ درصد کود شیمیایی + ۵۰ درصد ورمی‌کمپوست.

در هر ستون میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

I1, I2 and I3: Irrigation after depleting (25, 40 and 55%) available soil water, respectively. F1, F2, F3, F4, F5, F6: 100% chemical, No fertilizer, 50% chemical + 50% azocompost, 100% vermicompost, 100% azocompost, 50% chemical + 50% vermicompost, respectively.

In each column means followed by at least a common letter, are not significantly difference at 5% probability level.

ادامه جدول ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و کوددهی بر ترکیبات اسانس نعناع فلفلی.

Continued table 3. Mean comparison interaction effect of irrigation regime and fertilization on essential oil composition of peppermint.

Irrigation regime	Fertilization	Myrtenal	Dihydrocarvyl acetate	α-Humulen	β-Bourbonene	Carvacrol	Borneol	δ-Cadinen	Germacren D	α-Murrolene
		%								
I_1	F_1	1.40def	2.50a	1.80a-d	1.20de	0.60h	1.10def	2.00a-d	0.04g	0.90ab
	F_2	1.23efg	1.86b-e	1.70b-e	1.23de	0.66h	1.23cde	1.93a-e	1.36ab	0.80b
	F_3	2.30a	2.00a-d	0.11g	1.80ab	0.90fgh	2.1a	1.70c-f	0.90def	0.80b
	F_4	1.90b	1.80b-e	0.90f	1.40cd	1.00efg	1.90a	1.00hi	0.70f	1.10ab
	F_5	0.70i	1.80b-e	1.90abc	0.70f	0.80gh	1.30cde	2.30ab	0.90def	1.00ab
	F_6	2.00ab	1.20fg	1.50cde	1.00ef	0.9fgh	1.50bc	1.20f-i	0.80ef	1.00ab
I_2	F_1	1.80bc	1.60c-g	1.20ef	1.70abc	0.73gh	1.50bc	2.00a-d	1.10bcd	0.80b
	F_2	1.10fgh	2.20ab	1.30def	1.50bcd	1.40cd	1.80ab	2.10a-d	1.20bc	1.00ab
	F_3	1.30efg	1.10g	1.60cde	1.40cd	1.30cde	1.80ab	2.20abc	1.00cde	0.90ab
	F_4	1.50cde	1.90b-e	1.60cde	2.00a	1.00efg	1.20cde	1.60d-f	0.21g	1.00ab
	F_5	1.70bcd	1.90b-e	1.50cde	1.30de	1.60bc	1.89a	1.40e-h	0.70f	1.20a
	F_6	0.80hi	1.60c-g	1.90abc	0.80f	0.90fgh	1.30cde	1.90b-e	0.80ef	1.00ab
I_3	F_1	1.30efg	1.90b-e	2.20ab	1.70abc	1.80ab	2.00a	0.70i	1.20bc	0.80b
	F_2	2.00ab	1.40efg	2.00abc	1.69abc	1.50bcd	1.00ef	1.40e-h	1.09bcd	0.80b
	F_3	1.50cde	1.50d-g	1.70b-e	2.00a	1.40cd	1.10def	1.30fgh	1.60a	1.00ab
	F_4	1.00hig	2.10abc	1.30def	2.00a	2.00a	0.80f	1.90b-e	1.30b	0.09c
	F_5	1.40def	1.70b-f	2.30a	1.50bcd	1.60bc	1.40cd	2.50a	0.70f	1.20a
	F_6	0.26j	1.60c-g	1.90abc	1.30de	1.20def	1.40cd	1.10ghi	0.90def	0.26c

I_1 و I_2 و I_3 = به ترتیب آبیاری پس از تخلیه ۲۵، ۴۰ و ۵۵ درصد رطوبت قابل استفاده خاک؛ F1، F2، F3، F4، F5، F6 به‌ترتیب ۱۰۰ درصد کود شیمیایی، بدون کود، ۵۰ درصد کود شیمیایی + ۵۰ درصد آزوکمپوست، ۱۰۰ درصد ورمی‌کمپوست، ۱۰۰ درصد آزوکمپوست و ۵۰ درصد کود شیمیایی + ۵۰ درصد ورمی‌کمپوست.

در هر ستون میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

I1, I2 and I3: Irrigation after depleting (25, 40 and 55%) available soil water, respectively. F1, F2, F3, F4, F5, F6: 100% chemical, No fertilizer, 50% chemical + 50% azocompost, 100% vermicompost, 100% azocompost, 50% chemical + 50% vermicompost, respectively.

In each column means followed by at least a common letter, are not significantly difference at 5% probability level.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

با توجه به اینکه عملکرد اسانس حاصلضرب درصد اسانس در عملکرد ماده خشک است، در این تحقیق به نظر می‌رسد افزایش ناچیز درصد اسانس در اثر تنش خشکی، نتوانسته کاهش شدید ماده خشک نعناع فلفلی را جبران کند و عملکرد اسانس کاهش یافته است. در این راستا، محققان نشان دادند که گیاه نعناع فلفلی در آبیاری مناسب و تغذیه کافی بیشترین عملکرد بیولوژیک و اسانس را تولید خواهد کرد (Abyar *et al*., 2017; Rostami *et al*., 2018).

از طرف دیگر، کاربرد نیتروژن در گیاهان دارویی و معطر با افزایش فتوسنتز، میزان کلروفیل، فعالیت آنزیم رابیسکو، بیوماس و رشد و توسعه برگ، عملکرد اسانس را افزایش می‌دهد (Sifola & Barbieri, 2006). افزایش میزان اسانس در اثر مصرف کود نیتروژن به‌دلیل نقش مهم نیتروژن در توسعه و تقسیم سلول‌های جدید حاوی اسانس، کانال‌های اسانس، مجاری ترشحی و کرک‌های غده‌ای می‌باشد (Salehi, 2011). نیتروژن سنتز ترکیبات ترپنی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و کربن موردنیاز برای سنتز ترکیبات ترپنی از فتوسنتز تامین می‌شود. علاوه بر این فسفر یک جزء کلیدی ATP و NADPH است که انرژی موردنیاز برای سنتز ترکیبات ترپنی را تامین می‌کند. اسانس‌ها ترکیبات ترپنوئیدی بوده و واحدهای سازنده آن‌ها به‌طور غیرمستقیم نیاز ضروری به عناصری نظیر نیتروژن و فسفر دارد. از این‌رو کود ورمی‌کمپوست با تأثیر بر جذب نیتروژن و فسفر باعث افزایش درصد و عملکرد اسانس می‌گردد (Arancon *et al*., 2004; Baghbani- Arani, 2017). کاربرد کودهای بیولوژیک نظیر ورمی‌کمپوست در یک نظام کشاورزی پایدار، موجب بهبود کمیت و کیفیت ماده مؤثره در گیاهان دارویی می‌گردد (Kapoor *et al*., 2004).

در تحقیقی، Yousefzadeh *et al*. (2016) تاثیر انواع و مقادیر مختلف کود نیتروژن (اوره و آزوکمپوست) در گیاه بادرشبی در دو منطقه تهران و خوی مورد بررسی قرار گرفته و نتایج نشان دادند که بیشترین و کمترین عملکرد اسانس به‌ترتیب بر اثر کاربرد کود شیمیایی اوره به‌تنهایی و تیمار ۱۰۰ درصد آزوکمپوست به‌دست آمد و بیان نمودند با توجه به اینکه از نظر اقتصادی عملکرد اسانس در گیاه دارویی، یکی از فاکتورهای کلیدی و مهم است، با افزایش جذب نیتروژن در برگ‌ها، میزان کلروفیل و کارتنوئید افزایش می‌یابد و با افزایش فتوسنتز، رشد و نمو گیاه بیشتر می‌شود و عملکرد مادهٔ خشک افزایش می‌یابد که در این راستا افزایش عملکرد مادهٔ خشک اثر مستقیم افزاینده بر عملکرد اسانس خواهد داشت.

کیفیت و اجزای اسانس

در این آزمایش، ۳۶ ترکیب ترپنوئیدی در اسانس نعناع فلفلی شناسایی شد که اسامی آن‌ها در جدول ۳ ذکر گردیده است که در مجموع، این ترکیبات غالب در تیمارهای مختلف ۸۸-۹۸ درصد از کل ترکیبات اسانس را به خود اختصاص دادند. در این راستا، با مطالعه سایر محققین مطابقت کامل دارد (Seif Sahandi *et al*., 2019; Alves *et al*., 2018) که از مهمترین آن‌ها می‌توان به‌ترتیب به منتول، منتون، منتوفوران، پیپریتون، منتول استات، لینالول، سابینن، گاما-ترپینن، ایزومنتون و پولگون که در کیفیت اسانس موثر می‌باشند، اشاره نمود.

اثر تیمارهای آزمایشی بر کیفیت و اجزای اسانس

تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش رژیم آبیاری و کود نیتروژن بر تمامی ترکیبات اسانس به‌جز آلفا-پینن معنی‌دار بود و میزان آلفا-پینن، تنها تحت تاثیر تیمار کود نیتروژن در سطح یک درصد قرار گرفت (جدول ۲). جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ۳) نشان داد که در اکثر ترکیبات شناسایی شده اسانس نعناع فلفلی، تیمارهایی که در معرض تنش کم‌آبی قرار گرفتند بالاترین غلظت را به خود اختصاص دادند به‌گونه‌ای‌که بالاترین میزان منتون، منتول، منتیل استات، سابینن، ۱-اکتانول ۳-ال، مریسن، بتا-اسیمن، ۱و ۸- سینئول، پارا-سیمن و نئومنتول در تنش کم‌آبی متوسط و بالاترین میزان آلفا-فلاندرن، ایزومنتون، آلفا-ترپینن، لیمونن، دی هیدروکاروون، آلفا-هومولن، کارواکرول، سیگما کادینن و جرماکرن دی در تنش کم‌آبی شدید مشاهده شد در حالی‌که بیشترین میزان منتوفوران، پیپریتون، بتا-پینن، ایکالیپتول، گاما-ترپینن، کاروون، پولگون، بتا-کاریوفیلن، کامفن، ایزوپولگون، لینالول، میرتنال، دی هیدروکارویل

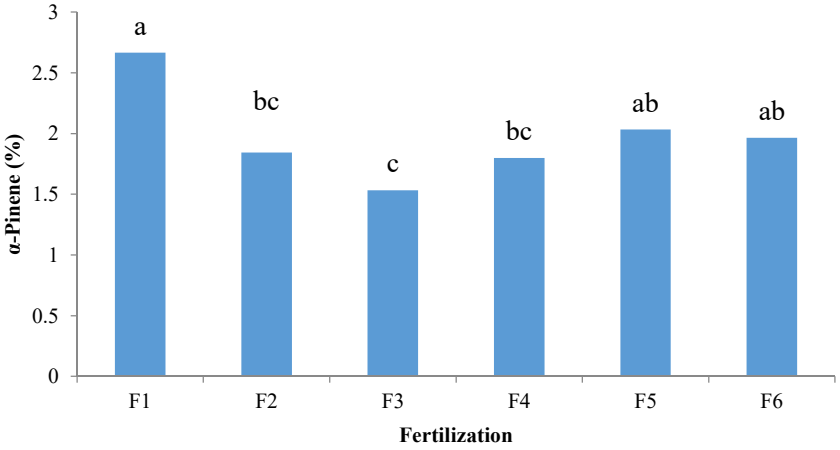
Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

استات و بورنئول در شرایط بدون تنش کم‌آبی بدست آمد. همچنین در اکثر ترکیبات تیمارهای آبیاری، کاربرد کود نیتروژن به‌جز در منتوفوران، پیپریتون و لینالول، سبب افزایش میزان غلظت ترکیبات اسانس گردید.

در تیمارهای بدون تنش آبی و بدون کود نیتروژن، کمترین میزان منتول و منتون بدست آمده در حالی‌که بیشترین میزان منتوفوران مربوط به همین تیمار است و بیشترین میزان پولگون نیز در تیمارهای بدون تنش آبی با کود نیتروژن مشاهده گردید. همچنین بالاترین میزان منتول و منتون در کرت‌هایی حاصل شد که با کود نیتروژن تیمار شده بودند. با توجه به گزارشات محققین مختلف در خصوص اینکه کیفیت اسانس نعناع فلفلی توسط چهار ترکیب اصلی (منتول، منتون، پولگون و منتوفوران) تعیین می‌شود به‌گونه‌ای‌که هرچه درصد منتول و منتون بالاتر و غلظت پولگون و منتوفوران پایین‌تر باشد، اسانس دارای کیفیت بالاتری خواهد بود (Rios-Estepa *et al.*, 2008; Seif Sahandi *et al.*, 2019). می‌توان از این تحقیق نتیجه گرفت که تنش کم‌آبی خصوصا ملایم و کاربرد کود نیتروژن (خصوصا اوره به‌تنهایی و یا به‌صورت تلفیقی با ورمی‌کمپوست) سبب افزایش کیفیت اسانس نعناع فلفلی گردیده است. همچنین بیشترین میزان آلفا-پینن در تیمار کودی ۱۰۰ درصد کود شیمیایی حاصل شد که نسبت به تیمار بدون کود بیش از ۳۰ درصد افزایش نشان داد (شکل ۱).

در تحقیقی Alves *et al.* (2018) در نوعی نعناع (*Mentha* x *villosa* Huds.) نشان دادند که از بین ۳۷ ترکیب شناسایی شده، تنش خشکی سبب تغییر بعضی از ترکیبات اسانس می‌گردد به‌گونه‌ای‌که سبب کاهش ۳-اکتانول، لیمونن، لینالول و افزایش اکتانول استات، پارا-سیمن-۸-ال و سیس- پیپریتون اپوکسید گردید و بر بقیه ترکیبات اسانس اثری نداشت. در تحقیقی دیگر گزارش گردیده که با افزایش میزان آبیاری مونوترپن‌های اکسیژنه، مونوترپن‌های هیدروکربنی و آلدهیدها افزایش ولی سطح ترکیبات الکلی نعناع کاهش می‌یابد و تنش متوسط آبی، سزکویی ترپن‌های هیدروکربنی را در نعناع دشتی (*Mentha spicata* L.) افزایش داد (Marino *et al.*, 2019). همچنین نشان داده شده که تنش کم‌آبی بر اکثر ترکیبات اسانس نعناع فلفلی اثر معنی‌دار داشته به‌گونه‌ای‌که سبب افزایش منتول، پولگون و کاهش منتون، منتوفوران گردید و بیشترین مقدار منتول و پولگون در تنش متوسط بدست آمد (Khorasaninejad *et al.*, 2011). در این راستا بیان گردید که تنش کم‌آبی، سبب تغییر ترکیبات اسانس نعناع فلفلی می‌گردد به‌گونه‌ای‌که تنش کم‌آبی متوسط، سبب کاهش منتون و افزایش منتوفوران و پولگون گردید (Abdi *et al.*, 2019).



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر کوددهی بر میزان آلفا-پینن در اسانس نعناع فلفلی (F1، F2، F3، F4، F5، F6: به‌ترتیب ۱۰۰ درصد کود شیمیایی، بدون کود، ۵۰ درصد کود شیمیایی + ۵۰ درصد آزوکمپوست، ۱۰۰ درصد ورمی‌کمپوست، ۱۰۰ درصد آزوکمپوست و ۵۰ درصد کود شیمیایی + ۵۰ درصد ورمی‌کمپوست).

Figure 1. Mean comparison effect of fertilization on α-Pinene content in essential oil of peppermint (F1, F2, F3, F4, F5, F6: 100% chemical, No fertilizer, 50% chemical + 50% azocompost, 100% vermicompost, 100% azocompost, 50% chemical + 50% vermicompost, respectively).

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

گزارش شده است که فراهمی نیتروژن با تأثیر بر توسعه سطح برگ و افزایش جذب انرژی خورشید و تأثیر بر تثبیت کربن از طریق افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی، بهبود فعالیت آنزیم‌های چرخه کربس، افزایش میزان قندهای ساده، ایجاد تعادل هورمونی و تنظیم روابط منبع و مخزن و غیره موجب افزایش غدد ترشحی اسانس، افزایش بیوسنتز ترکیبات ترپنوئیدی و افزایش میزان نگهداری اسانس می‌شود (Ormeno & Fernandez, 2012; Leghari *et al*., 2016).

در تحقیقی Mehrafarin *et al*. (2011) گزارش کردند که کود نیتروژن (اوره و زیستی) سبب افزایش میزان درصد اسانس و میزان منتول و منتون در نعناع فلفلی گردیده که بیشترین میزان این ترکیبات در بالاترین سطح کود اوره حاصل گردید. در این راستا در تحقیقی دیگر گزارش گردید مقدار منتول و ایزومنتول با افزایش کود نیتروژنه افزایش می‌یابد ولی ترکیباتی همانند پولگون، لینالول و نئومنتول با افزایش کود نیتروژن روند کاهشی داشته و سایر ترکیبات اسانس تحت تاثیر مقدار کود نیتروژن قرار نگرفتند (Poshtdar *et al*., 2016).

نتیجه‌گیری کلی

آب و کود نیتروژن به‌عنوان دو فاکتور اساسی در عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی از جمله نعناع فلفلی محسوب می‌شوند. در این تحقیق عملکرد ماده خشک و اسانس و ترکیبات تشکیل دهنده آن، تحت تاثیر تنش آبی و کود نیتروژن قرار گرفتند به‌گونه‌ای‌که تنش خشکی، سبب کاهش عملکرد ماده خشک و اسانس گردید و برهمکنش آن با کود نیتروژن نشان داد در شرایط مطلوب آبی، کاربرد کود اوره مناسب‌تر ولی در شرایط تنش آبی، تیمار ۱۰۰ درصد ورمی‌کمپوست بالاترین عملکرد ماده خشک و اسانس را تولید نمود. همچنین در این مطالعه، ۳۶ ترکیب در اسانس شناسایی گردید که با توجه به اهمیت منتون و منتول به‌عنوان ترکیبات دارویی و معطر اصلی اسانس نعناع فلفلی می‌توان گفت میزان منتون و منتول اسانس در تمامی ترکیبات تیماری آبیاری، تیمارهایی که در معرض تنش کم‌آبی بودند نسبت به تیمار شاهد آن‌ها (بدون تنش کم‌آبی) برتری داشتند در حالی‌که برای منتوفوران و پولگون (به‌عنوان عوامل کاهش دهنده کیفیت اسانس) برعکس بود. نتایج نشان داد که کود نیتروژن علاوه بر افزایش عملکرد اسانس، سبب افزایش کیفیت اسانس (افزایش منتول و منتون و کاهش منتوفوران و پولگون) گردیده است. در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که تنش آبی خصوصا ملایم همراه با کاربرد کود نیتروژن (خصوصا اوره به‌تنهایی و یا به‌صورت تلفیقی با ورمی‌کمپوست)، سبب افزایش کیفیت اسانس نعناع فلفلی گردیده است ولی این افزایش کیفیت اسانس در اثر تنش خشکی، سبب کاهش عملکرد اسانس آن گردیده است.

REFERENCES

1. Abdi, Gh., Shokrpour, M. & Salami, S. A. (2019). Essential oil composition at different plant growth development of Peppermint (*Mentha x piperita* L.) under water deficit stress. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 22(2), 431-440.
2. Abyar, S., Fakheri, B., Mahdinajad, N. & Harati Rad. M. (2017). Effects of different levels of vermicompost on growth indices and essential oils of peppermint (*Mentha piperita* L.) under different irrigation regimes. *Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 13(2), 29-42. (In Farsi).
3. Alves, L. F., Bonfim, F. P. G., Oliveira, S. G., Campos, M. G., Bolina, C. O. & Marques, M. O. M. (2018). Biomass, content, yield and chemical composition of mint (*Mentha* x *villosa* Huds.) essential oil in response to withholding irrigation. *Australian Journal of Crop Science*, 12(04), 519-523
4. Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Bierman, P., Metzger, J. D. & Lucht, C. (2005). Effects of vermicomposts produced from cattle manure, food waste and paper waste on the growth and yield of peppers in the field. *Pedobiologia*, 49(4), 297-306.
5. Baghbani- Arani, A. (2017). Quantitative and qualitative assessment of (*Trigonella foenum-graecum*) under drought stress during the vegetative and reproductive stage in response to zeolite and vermicompost. Ph.D. Thesis Tarbiat Modares University Faculty of Agriculture. Pp: 567. (In Farsi).
6. Baghbani- Arani, A., Modarres-Sanavy, S. A. M., Mashhadi Akbar Boojar, M. & Mokhtassi Bidgoli, A. (2017). Towards improving the agronomic performance, chlorophyll fluorescence parameters and pigments in fenugreek using zeolite and vermicompost under deficit water stress. *Industrial Crop & Products*, 109, 346-357.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

7. Bahrami, H. A. & Saber Hamishegi, S. M. (2015). *Vegetarian nutrition guide*. Organization of Academic Jahad Publications. 579 p. (In Farsi).
8. Charles, D. J., Joly, R. J. & Simon, J. E. (1990). Effects of osmotic stress on the essential oil content and composition of peppermint. *Phytochemistry*, 29, 2837-2840.
9. Costa, A. G., Bertolucci, S. K. V., Chagas, J. H., Ferraz, E. O. & Pinto. J. E. B. P. (2013). Biomass production, yield and chemical composition of peppermint essential oil using different organic fertilizer sources. *Ciência e Agrotecnologia*, 37(3), 202-210.
10. Daneshmand, F., Arvin, M. J. & Kalantari, K. M. (2009). Effect of acetylsalicylic acid (Aspirin) on salt and osmotic stress tolerance in *Solanum bulbocastanum* in vitro: enzymatic antioxidants. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 6(1), 92-99.
11. Fejéra, J., Gruľová, D. & De Feo, V. (2017). Biomass production and essential oil in a new bred cultivar of peppermint (*Mentha ×piperita* L.). *Industrial Crops and Products*, 109, 812-817.
12. Hassanpour, H., Khavari-Nejad, R. A., Niknam, V., Razavi, Kh. & Najafi, F. (2014). Effect of penconazole and drought stress on the essential oil composition and gene expression of *Mentha pulegium* L. (Lamiaceae) at flowering stage. *Acta Physiologiae Plantarum*, 36, 1167-1175.
13. Izhar, M., Khan, M., Yasmin, T. & Yousaf Zahid, N. (2015). Differential effect of fertilizers on menthol contents in Mint (*Mentha arvensis*). *American Research Journal of Agriculture*, 1(1), 55-60.
14. Kapoor, R., Giri, B. & Mukerji, K. G. (2004). Improved growth and essential oil yield and quality in (*Foeniculum vulgare* mill) on mycorrhiza inoculation supplemented with bio-fertilizer. *Bioresource Technology*, 93(3), 307-311.
15. Kazem Alvandi, R., Sharifan, A. & Aghazadeh Meshghi, M. (2010). Study of chemical composition and antimicrobial activity of peppermint essential oil. *Journal of Comparative Pathobiology*, 7(4), 355-364.
16. Keshavarz, H., Modarres Sanavy, S. A. M. & Mehdipour Afra, M. (2018). Organic and chemical fertilizer affected yield and essential oil of two Mint species. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 21(6), 1674-1681.
17. Keshavarz, H., Modarres Sanavy, S. A. M., Sefidkon, F. & Mokhtassi-Bidgoli, A. (2020). Effect of organic fertilizers and urea fertilizer on phenolic compounds, antioxidant activity, yield and yield components of peppermint (*Mentha piperita* L.) under drought stress. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 17(4), 661-672. (In Farsi).
18. Kheiry, A., Tori, H. & Mortazavi, N. (2017). Effects of drought stress and jasmonic acid elicitors on morphological and phytochemical characteristics of peppermint (*Mentha piperita* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 33(2), 268-280. (In Farsi).
19. Khorasaninejad, S., Mousavi, A., Soltanloo, H., Hemmati, Kh. & Khalighi, A. (2011). The effect of drought stress on growth parameters, essential oil yield and constituent of peppermint (*Mentha piperita* L.). *Journal of Medicinal Plants Research,* 5(22), 5360-5365. (In Farsi).
20. Leghari, S. J, Wahocho, N. A, Laghari, G. M, Laghari, A. H, Bhabhan, G. M. & Talpur, K.H. (2016). Role of nitrogen for plant growth and development: a review. *Advances in Environmental Biology*, 10(9), 209 - 218.
21. Leicacha, S. R., Garaub, A. M., Guarnaschellib, A. B., Yaber Grassa, M. A., Sztarkera, N. D. & Analia Dato, A. (2010). Changes in *Eucalyptus camaldulensis* essential oil composition as response to drought preconditioning. *Journal of Plant Interactions*, 5(3), 205-210.
22. Marino, S., Ahmad, U., Ferreira, M. I. & Alvino, A. (2019). Evaluation of the effect of irrigation on biometric growth, physiological response, and essential oil of *Mentha spicata* (L.). *Water*, 11(2264), 1-16.
23. Mehrafarin, A., Naqdi Badi, H. A., Pourhadi, M., Hadavi, E., Ghavami, N. & Kadkhoda, Z. (2011). Phytochemical and agronomic response of peppermint (*Mentha piperita* L.) to biofertilizers and urea fertilizer. *Journal of Medicinal Plants*, 10(4), 107-118. (In Farsi).
24. Omid Beigi, R. (1997). *Findings about production and process of medicinal plants*. Tarahane Nashr Publication. 424p. (In Farsi).
25. Omidbaigi, R. (2009). *Production and processing of medicinal plants* (Vol. 2). Astan Qods Razavi. 438p. (In Farsi).
26. Ormeno, E. & Fernandez, C. (2012). Effect of soil nutrient on production and diversity of volatile terpenoids from plants. *Current Bioactive Compounds*, 8(1), 71 -79
27. Poshtdar, A., Ebdali Mashhadi, A., Moradi, F., Siadat, S. A. & Bakhshandeh, A. (2016). Investigation of ecological and phytochemical response of medicinal plant. *Mentha piperita* L. in different levels of nitrogen fertilizers in Khuzestan region. *Journal of Ecophytochemistry of Medicinal Plants*, 13(4), 19-32. (In Farsi).

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

28. Rios-Estepa, R., Turner, G. W., Lee, J. M., Croteau, R. B. & Lange, B. M. (2008). A systems biology approach identifies the biochemical mechanisms regulating monoterpenoid essential oil composition in peppermint. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(8), 2818 - 2823.
29. Rostami, G. H., Moghadam, M., Saeedi Poya, E. & Ajdanian, L. (2018). Effect of humic acid foliar application on some morpho-physiological and biochemical characteristics of green mint (*Mentha spicata* L.) under drought stress. *Enviromental Stresses in Crop Sciences*, 12(1), 95-110. (In Farsi).
30. Salehi, A. (2011). *Effect of vermicompost and zeolite on the quantitative and qualitative performance of Matricaria chamomilla* L. *in achieving a sustainable agricultural system*. Trabiat Modares University. Ph.D. Thesis Tarbiat Modares University, Faculty of Agriculture, Iran. (In Farsi).
31. Seif Sahandi, M., Naghdi Badi, H., Mehrafarin, A., Khalighi-Sigaroodi, F. & 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(4), 81-98. (In Farsi).
32. Sheteawi, S.A. & Tawfik, K. M. (2007). Interaction effect of some biofertilizers and irrigation water regime on mung bean (*Vigna radiata*) growth and yield. *Journal of Applied Sciences Research*, 3(3), 251-262.
33. Sifola, M. I. & Barbieri, G. (2006). Growth, yield and essential oil content of three cultivars of basil grown under different levels of nitrogen in the field. *Scientia Horticulturae*, 108(4), 408-413.
34. Yang, Y. C., Lee, H. C., Lee, S. H., Marshall Clark, J. & Ahn, Y. J. (2005). Ovicidal and adulticidal activities of *Cinnamomum zeylanicum* bark essential oil compounds and related compounds against Pediculus humanus capitis (Anoplura: Pediculicidae). *International Journal for Parasitology*, 35, 1595-1600.
35. Yousefzadeh, S., Modarres-Sanavy, S. A. M., Sefidkon, F. & Ghiasy Oskuee, M. (2016). Effect of biofertilizer, azocompost and nitrogen on oil yield and essential oil content of *Dracocephalum moldavica* L. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 46 (4), 601-611. (In Farsi).

Archive of SID.ir