نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۳ شماره ۳ / پاییز ۱۴۰۲/ صفحات ۲۵۰-۲۳۱

The Effects of Nutrient Foliar Application on the Quantity and Quality of Sage (*Salvia officinalis* L.) Essential oil in Different Irrigation Levels

Abdollah Javanmard[1*], Somayyeh Mohseni[2], Mostafa Amani Machiani[3], Reyhaneh Habibi Machiani[4]

Received: 24 September 2022 Accepted: 24 September 2022
1- Prof., Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran.
2- MSc. Student of Agrotechnology, Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran
3-Assist. Prof., Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran.
4-Bachelor Student of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran.

Abstract:

Objectives: Due to the increasing demand for medicinal plants and the need to cultivate these plants, especially in arid and semi-arid regions, this study was conducted to evaluate the foliar application of different fertilizer sources on the dry matter yield, quantity and quality of sage essential oil in different levels of irrigation.

Material & Methods: A field experiment was carried out as split plot based on the randomized complete blocks design (RCBD) with 12 treatments and three replications at the faculty of Agriculture, University of Maragheh during 2021 growing season. The main factor was three irrigation levels included irrigation after 20% maximum allowable depletion (I_{20}) as control, 40% maximum allowable depletion (I_{50}) as moderate stress and 60% maximum allowable depletion (I_{80}) as severe stress. The sub-factor was foliar application of macro mix gold, ecoquel micromix, vitalem forte and non-application of fertilizer (control).

Results: The results demonstrated that the highest (255.4 $g.m^{-2}$) and lowest dry matter yield of sage (190.5 $g.m^{-2}$) was achieved in normal irrigation condition with application of macro mix gold and sever water stress without fertilization. The dry matter yield decreased by 10.1 and 27.8% in moderate and severe drought stress conditions. Also, application of macro mix gold, ecoquel micromix and vitalem forte enhanced the mentioned trait by 25.1, 24.7 and 16.4% in comparison with no fertilization (control), respectively. The highest essential oil content (1.47%) and yield (3.19 $g.m^{-2}$) was observerd in moderate water stress fertilized with macro mix gold. In addition, the maximum content of cis-thujone (40.50%), camphor (17.08%) and 1,8-Cineole (9.98%) was achieved in moderate water stress fertilized with macro mix gold.

Conclusion: Based on the obtained results, it can be concluded that the foliar application of macro mix gold could be recommended for improving essential quantity and quality of sage in drought stress conditions.

Keywords: Essential Oil Content, Macro Mix Gold, Medicinal and Aromatic Plants, Thujone, Water Deficit

CC BY NC

DOI: 10.22034/saps.2022.51639.2876

اثرات محلول پاشی عناصر غذایی بر کمیت و کیفیت اسانس مریم‌گلی (*Salvia officinalis* L.) در سطوح مختلف آبیاری

عبدالله جوانمرد[۱*]، سمیه محسنی[۲]، مصطفی امانی ماچیانی[۳]، ریحانه حبیبی ماچیانی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۲/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۷/۲

۱- استاد گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد آگرواکولوژی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه
۳- استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه
۴- دانشجوی کارشناسی مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه
* مسئول مکاتبه: Email: a.javanmard@maragheh.ac.ir

چکیده

مقدمه و هدف: با توجه به افزایش تقاضای استفاده از گیاهان دارویی و لزوم کشت و پرورش این گیاهان بویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، پژوهشی با هدف ارزیابی محلول‌پاشی عناصر غذایی بر عملکرد ماده خشک، کمیت و کیفیت اسانس مریم‌گلی در سطوح مختلف آبیاری اجرا گردید.

مواد و روش‌ها: آزمایش به صورت اسپلیت‌پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار و سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه در سال ۱۴۰۰ اجرا شد. فاکتور اصلی، سطوح مختلف آبیاری در سه سطح، آبیاری پس از ۲۰ درصد حداکثر تخلیه مجاز رطوبتی به عنوان شاهد، آبیاری پس از ۴۰ درصد حداکثر تخلیه مجاز رطوبتی به عنوان تنش خفیف و آبیاری پس از ۶۰ درصد حداکثر تخلیه مجاز رطوبتی به عنوان تنش شدید و فاکتور فرعی منابع مختلف کودی شامل عدم محلول‌پاشی، کاربرد کودهای ماکرومیکس‌گلد، اکوکوئل میکرومیکس و ویتالیم فورت به صورت محلول‌پاشی بودند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد بیشترین (۲۵۵/۴ گرم بر متر مربع) و کمترین (۱۰۹/۵ گرم بر متر مربع) وزن خشک کل در شرایط نرمال آبیاری با کاربرد کود ماکرومیکس گلد و تنش شدید بدون مصرف کود حاصل شد. با افزایش تنش خشکی از میزان وزن خشک کل کاسته شد. به طوری که میزان این صفت در تنش‌های خفیف و شدید به ترتیب ۱۰/۱ و ۲۷/۸ درصد نسبت به شرایط نرمال کاهش یافت. همچنین، میزان صفت ذکر شده با کاربرد کودهای ماکرومیکس گلد، ویتالیم فورت و اکوکوئل مکس به ترتیب ۲۵/۱، ۲۴/۷ و ۱۶/۴ درصد نسبت به عدم مصرف کود افزایش یافت. علاوه بر این، بیشترین درصد اسانس (۱/۴۷) و عملکرد اسانس (۳/۱۹ گرم بر متر مربع) مریم‌گلی در تنش خفیف با کاربرد کود ماکرومیکس گلد بدست آمد. بر اساس آنالیز ترکیبات اسانس، بیشترین میزان سیس توجن (۴۰/۵۰ درصد)، کامفور (۱۷/۰۸ درصد) و سینئول (۹/۹۸ درصد) در تنش خفیف با کاربرد کود ماکرومیکس گلد بدست آمد.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق، می‌توان محلول پاشی کود ماکرومیکس گلد را به عنوان یک راهکار موثر جهت افزایش کمیت و کیفیت اسانس مریم‌گلی در تنش خشکی پیشنهاد نمود.

واژه‌های کلیدی: توجن، درصد اسانس، کم آبی، گیاهان دارویی، ماکرومیکس گلد

مقدمه

یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی که توزیع، پراکنش، رشد و تولید محصولات گیاهی را تحت تأثیر قرار می‌دهد، میزان آب در دسترس گیاه می‌باشد. تنش خشکی شایع‌ترین تنش محیطی و مهمترین عامل محدودکننده تولید محصولات کشاورزی در سرتاسر جهان می‌باشد و به طور متوسط تولید ۲۵ درصد زمین‌های کشاورزی جهان را محدود می‌کند (امانی ماچیانی و همکاران ۲۰۲۱). ایران با متوسط بارندگی ۲۵۰ میلی لیتر در سال (کمتر از یک سوم متوسط بارندگی در جهان) در زمره مناطقی با اقلیم خشک طبقه‌بندی می‌شود و به جز سواحل دریای خزر و قسمت‌های کوچکی از شمال غرب کشور، بقیه مناطق آن جزو اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شوند. در صورتی که نواحی تحت تنش خشکی را مناطقی با بارندگی سالیانه کمتر از ۵۰۰ میلی متر در نظر بگیریم، به راحتی می‌توان گفت که بیش از ۹۰ درصد سطح کشور تحت تنش خشکی قرار دارد (بیگلری و همکاران ۲۰۱۹).

تنش آبی با توجه به مدت زمان، دوام و اندازه کمبود آن تأثیرات منفی بر مشخصات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی دارد که در نهایت منجر به کاهش عملکرد کمی و کیفی گیاهان تحت این شرایط خواهد شد (گائو و همکاران ۲۰۲۰). علاوه بر این، تنش آب به طور مستقیم می‌تواند بر فرآیندهای بیوشیمیایی مربوط به فتوسنتز اثر گذاشته و به طور غیرمستقیم ورود دی اکسیدکربن به داخل روزنه‌ها را که به علت شرایط کم‌آبی بسته‌اند، را کاهش دهد. از این رو انتقال مواد فتوسنتزی نیز تحت تأثیر تنش آب قرار گرفته و موجب اشباع برگ‌ها از این مواد می‌گردد که ممکن است فتوسنتز را محدود نماید (گائو و همکاران ۲۰۲۰). بدیهی است که با محدود شدن فرآورده‌های فتوسنتزی در شرایط کمبود آب، رشد گیاه و نهایتاً عملکرد آن دچار نقصان می‌شود.

از طرفی، کارایی جذب عناصر غذایی (بخصوص در مناطقی که از کودهای شیمیایی فراوانی جهت تولید حداکثر عمکلرد استفاده می‌شود) در شرایط خشکی حداقل می‌باشد. کم بودن کارایی جذب کودهای شیمیایی از یک طرف و تأثیرات منفی دراز مدت کاربرد این کودها از قبیل آلودگی‌های زیست‌محیطی، کاهش کیفیت محصولات تولیدی، هجوم علف‌های هرز رقابت کننده با گیاهان زراعی و شیوع آفات و بیماری‌ها، لزوم استفاده از روش‌های پایدار جایگزین را به حداکثر می‌رساند. یکی از روش‌های موثر در افزایش جذب عناصر غذایی بویژه در شرایط تنش خشکی محلول‌پاشی عناصر غذایی می‌باشد. افشانه کردن (محلول پاشی) به کاربرد کود در سطح برگ که توسط گیاه مورد استفاده قرار می گیرد، گفته می‌شود (یادگاری ۲۰۱۷). در این روش عناصر غذایی به شکل ذرات ریز به درون برگ و ساقه گیاهان زراعی وارد می‌شوند. در چنین حالتی، گیاهان می‌توانند عناصر غذایی را از راه بخش‌های هوایی شامل روزنه‌ها، عدسک‌ها و اکتودسماتا جذب کنند (لافمجانی و همکاران ۲۰۱۸). در واقع، محلول‌پاشی عناصر غذایی روشی برای کاهش تثبیت کودهای شیمیایی در خاک و کاهش خطرات محیطی استفاده از این کودها از جمله کاهش آلودگی خاک و آب است. با این روش تغذیه‌ای می‌توان عناصر را در سریعترین زمان در اختیار گیاه قرار داد. در ایران به دلیل غالبیت شرایط آهکی خاک‌ها، مصرف نامتعادل کودهای شیمیایی و به ویژه مصرف بی‌رویه فسفر، عدم رعایت تناوب زراعی، مصرف ناچیز کودهای آلی و سرانجام عدم مصرف کودهای محتوای عناصر ریزمغذی در گذشته، امروزه کمبود این عناصر در خاک‌ها و در نتیجه مواد غذایی، بیشتر مشهود می‌باشد. بنابراین برای برطرف کردن نیاز گیاه به عناصر غذایی و افزایش عملکرد و کیفیت محصول بویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، به دلیل کارایی پایین مصرف خاکی، تغذیه برگی روشی مفید و مؤثر محسوب می‌شود.

در سال‌های اخیر استفاده از گیاهان دارویی به دلیل اثبات اثرات مفید آن، ارزان بودن، نداشتن اثرات جانبی و همچنین سازگار بودن با محیط زیست روزبه روز در حال افزایش است. مریم‌گلی (*Salvia officinalis* L.) گیاه

دارویی چندساله متعلق به خانواده نعناعیان[1] است که دارای بیش از ۹۰۰ گونه می‌باشد که در نقاط مختلفی از دنیا پراکنده شده‌اند (گواهی و همکاران ۲۰۱۵). از نظر ترکیبات شیمیایی برگ‌های مریم‌گلی دارای اسانس روغنی فرار، ساپونین و یک ماده تلخ به نام پیکروسالوین[2] با خاصیت تسهیل کننده هضم، مدر، خلط‌آور و متوقف کردن رشد باکتری‌ها می‌باشد (ال ایچ و همکاران ۲۰۱۹). بر اساس آنالیز ترکیبات شیمیایی اسانس، مهمترین ترکیبات تشکیل دهنده اسانس این گیاه شامل توجن[3]، کامفور[4]، سینئول[5]، وریدیفول[6] و کامفن[7] می‌باشد (فرح‌پور و همکاران ۲۰۲۰). مریم‌گلی درطب سنتی به عنوان داروی موثر برای معالجه عوارض نیش حشرات، ضدسم، ضد میکروب، ضد روماتیسم و ضد نفخ مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین، خواص ضد التهابی بارز ترپنوئیدهای مریم‌گلی سبب شده است با استفاده از عصاره این گیاه مولکول‌های دارویی قدرتمندی برای درمان بیماری‌های التهابی مزمن مانند روماتیسم، آسم، التهابات روده‌ای و تصلب شرائین و غیره طراحی و ساخته می‌شود (گواهی و همکاران ۲۰۱۵).

با توجه به افزایش تقاضای استفاده از گیاهان دارویی، لزوم کشت و پرورش این گیاهان بویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک حائز اهمیت می‌باشد. برای رسیدن به این هدف، می‌توان از انواع روش‌های مختلف جهت افزایش جذب عناصر غذایی بویژه در مناطق خشک و بهبود کمیت و کیفیت اسانس گیاهان دارویی و معطر بهره برد. لذا، پژوهشی با هدف ارزیابی محلول‌پاشی منابع مختلف کودی بر عملکرد ماده خشک، کمیت و کیفیت اسانس مریم‌گلی در سطوح مختلف آبیاری اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه با طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۶ دقیقه شرقی و عرض ۳۷ درجه و ۲۳ دقیقه شمالی با ارتفاع ۱۴۸۵ متر از سطح دریا اجرا گردید. قبل از اجرای آزمایش چهار نمونه خاک بصورت تصادفی از قسمت‌های مختلف محل اجرای آزمایش از عمق صفر الی ۳۰ سانتی متری برداشته و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

ماده آلی (%)	هدایت الکتریکی ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته	پتاسیم قابل جذب ($mg.kg^{-1}$)	فسفر قابل جذب($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن کل (%)	بافت خاک
۰/۸۸	۰/۹۱	۷/۵۳	۴۷۲	۹/۱	۰/۰۸۹	Sandy clay loam

آزمایش به‌صورت اسپلیت‌پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی (RCBD) با ۱۲ تیمار و سه تکرار اجرا شد. فاکتور اصلی، سطوح مختلف آبیاری در سه سطح آبیاری پس از ۲۰ درصد حداکثر تخلیه مجاز رطوبتی به عنوان شاهد، آبیاری پس از ۴۰ درصد حداکثر تخلیه مجاز رطوبتی به عنوان تنش ملایم و آبیاری پس از ۶۰ درصد حداکثر تخلیه مجاز رطوبتی به عنوان تنش شدید می‌اشد و فاکتور فرعی منابع مختلف کودی شامل عدم محلول‌پاشی، کاربرد کودهای ماکرومیکس گلد، اکوکوئل میکرومیکس و ویتالیم فورت بودند. کود ماکرومیکس گلد شامل تمامی عناصر ماکرو و میکرو مورد نیاز برای رشد گیاهان می باشد. این کود شامل ۱۱ درصد نیتروژن، ۵/۷ درصد فسفر، ۱۰ درصد پتاسیم و سایر عناصر کم‌مصرف از قبیل آهن، روی، منگنز، مس و منیزیم

[1]- Lamiaceae
[2]- Picrosalvin
[3]- Thujone
[4]- Camphor
[5]- 1,8-cineole
[6]- Viridiflorol
[7]- Camphene

می‌باشد. اکوکوئل میکرومیکس ترکیبی از عناصر کم‌مصرف مورد نیاز گیاهان بوده و شامل ۶ درصد کلات آهن، ۲/۱ درصد کلات روی، ۲/۵ درصد کلات منگنز، ۰/۶ درصد کلات مس، ۰/۴ درصد بر، ۰/۵ درصد مولیبدن و ۲ درصد اسید آمینه جهت جذب و انتقال بهتر عناصر به گیاهان می باشد. همچنین، ویتالیم فورت حاوی اسیدهای آمینه است که می‌تواند در زمان مواجه شدن گیاه با تنش-های محیطی نظیر خشکی، گرما، سرما و ... مقاومت گیاه را افزایش و از خسارت بیش از حد جلوگیری کند.

به منظور آماده‌سازی زمین جهت کاشت، در اوایل پاییز ۱۳۹۹ شخم نیمه‌عمیق با گاوآهن برگردان‌دار انجام و در بهار پس از شخم مجدد، جهت نرم کردن خاک از دو نوبت دیسک عمود بر هم استفاده شد. بر اساس آنالیز خاک، ۶۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل قبل از کاشت و ۴۰ کیلوگرم در هکتار اوره به صورت سرک در هنگام کاشت به خاک اضافه گردید. نشاهای مریم گلی از شرکت زرین گیاه تهیه و در تاریخ ۱۵ اردیبهشت ماه و با تراکم ده بوته در متر مربع کشت گردید. هر کرت شامل شش خط کاشت به طول چهار متر با فواصل ردیفی ۴۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد.

اولین نوبت آبیاری بلافاصله بعد از کاشت انجام گرفت. به منظور سازگاری بیشتر نشاهای منتقل شده به خاک و حصول رشد بهینه در یک ماه اول هیچ گونه تنشی اعمال نگردید. همچنین، مبارزه با علف‌های هرز به صورت منظم و بطور دستی انجام شد. برای اعمال سطوح تنش خشکی از دستگاه تی دی آر (Time-Domain Reflectometry, Model TRIME-FM, England) بر اساس حداکثر درصد تخلیه[8] (MAD) آب در دسترس[9] (SAW) استفاده شد. اعمال تنش‌های مختلف با استفاده از روابط زیر مورد محاسبه قرار گرفت (امانی ماچیانی و همکاران ۲۰۲۱):

$$SAW= (\theta fc- \theta pwp) \times d \times 100$$
$$Id= SAW \times p$$
$$Ig= [Id \times 100] / Ea$$

در این رابطه θfc، θpwp، d، p، Id، Ea و Ig به‌ترتیب ظرفیت زراعی خاک (۲۷/۴ درصد)، نقطه پژمردگی دائم (۱۳/۹ درصد)، عمق خاک (سانتی‌متر)، درصد تنش اعمال شده (۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد)، عمق آبیاری (۲۰ سانتی‌متر)، کارایی آبیاری (۶۵ درصد در نظر گرفته شده است) و میزان نهایی آبیاری در تنش‌های مختلف می‌باشد. به منظور تعیین پتانسیل‌های ۳۳- (رطوبت زراعی یا FC) و ۱۵۰۰- کیلو پاسکال (رطوبت نقطه پژمردگی دائم یا PWP) از دستگاه صفحه فشاری استفاده گردید. برای هر یک از حدود از صفحه اختصاصی آن استفاده شد. بدین منظور، نمونه‌های خاک در داخل دستگاه اشباع شده و مکش مورد نظر بر آن‌ها اعمال گردید. پس از برقراری تعادل رطوبتی (با گذشت ۲۴ ساعت)، درصد رطوبت نمونه‌ها با استفاده از آون (دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد) مورد محاسبه قرار گرفت (اصغرزاده و همکاران ۲۰۱۴). در نهایت، برای محاسبه حجم آبیاری، از حاصل ضرب مقدار عمق خالص آبیاری محاسبه شده در مساحت هر کرت استفاده شد.

در مرحله گلدهی پنج بوته به‌صورت تصادفی از ردیف‌های میانی کرت‌های آزمایشی انتخاب و صفات مورفولوژیک از قبیل ارتفاع بوته، قطر کانوپی، تعداد برگ، وزن تر برگ و ساقه تک بوته، وزن خشک برگ و ساقه تک بوته، وزن تر و خشک کل و شاخص کلروفیل مورد ارزیابی قرار گرفتند. در آغاز گلدهی شاخص سبزینگی توسط دستگاه کلروفیل‌متر مدل SPAD 502 Plus ساخت کشور ژاپن، از آخرین برگ کاملاً توسعه یافته در پنج بوته اندازه‌گیری شد. برداشت از خطوط میانی با حذف اثرات حاشیه‌ای در تاریخ ۲۹ تیرماه صورت گرفت. بعد از تعیین وزن تر بوته‌های برداشت شده، آن‌ها را در محیط سایه تا ثابت شدن وزن نگهداری و سپس وزن خشک اندازه‌گیری شد.

جهت استخراج اسانس از دستگاه کلونجر (مدل فارماکوپه بریتانیا) استفاده شد. اسانس‌گیری به‌مدت سه ساعت از ۴۰ گرم اندام‌های هوایی مریم‌گلی انجام شد. سپس اسانس‌های استخراج شده با سولفات سدیم خشک

[8]- Maximum allowable depletion

[9]- Soil available water

آبگیری و داخل ویال شیشه‌ای در دمای چهار درجه سانتی‌گراد تا زمان آنالیز نگهداری گردید. بعد از اسانس‌گیری، درصد و عملکرد اسانس طبق روابط زیر محاسبه گردید. (امانی ماچیانی و همکاران ۲۰۱۹).

۱۰۰ × (وزن خشک نمونه (۴۰ گرم)/ وزن اسانس) = درصد اسانس

درصد اسانس × ماده خشک کل (گرم در مترمربع) = عملکرد اسانس

برای شناسایی ترکیبات اسانس از دستگاه کروماتوگرافی گازی متصل شده به طیف سنجی جرمی (GC-MS) مدل Agilent 5977A ساخت کشور آمریکا، با ستون HP-5 MS (۵ درصد فنیل متیل پلی سیلوکسان، به‌طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت ماده جاذب ۰/۲۵ میکرومتر) استفاده شد. در برنامه‌ریزی دمایی آون، ابتدا دما در عرض ۵ دقیقه به ۶۰ درجه سانتی‌گراد رسیده سپس به‌تدریج دما با سرعت ۳ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه افزایش یافت تا به دمای ۲۴۰ درجه سانتی‌گراد رسید. بعد از آن به مدت ۲۰ دقیقه در این دما نگه‌داری شد. هلیوم به عنوان گاز حامل با سرعت جریان یک میلی‌لیتر بر دقیقه استفاده شد. ولتاژ یونیزاسیون ۷۰ الکترون ولت، روش یونیزاسیون EI و دمای یونیزاسیون ۲۲۰ درجه سانتی گراد بود. محفظه تزریق در حالت تقسیم (نسبت تقسیم ۱:۳۰) تنظیم شده بود و محدوده جذب جرمی از ۴۰ تا ۴۰۰ *m/z* بود. به منظور محاسبه شاخص بازداری پیک‌ها، مخلوطی از هیدروکربن‌های آلیفاتیک (C8-C40) تحت شرایط تحلیلی بالا به داخل سیستم GC تزریق شد. نرم افزار مورد استفاده Chemstation بود. محاسبه و شناسایی ترکیب‌های اسانس به کمک شاخص‌های بازداری خطی آن‌ها و مقایسه‌ی آن با شاخص‌های موجود در کتب مرجع (آدامز ۲۰۱۷) و با استفاده از طیف‌های جرمی ترکیب‌های استاندارد و استفاده از اطلاعات موجود در کتابخانه‌ی کامپیوتری صورت گرفت.

برای جداسازی ترکیب‌های از دستگاه کروماتوگرافی گازی مدل Agilent 7990B ساخت کشور آمریکا با آشکارساز یونیزاسیون شعله‌ای (FID) و ستون VF-5MS استفاده شد. دمای تزریق و آشکارساز به‌ترتیب روی ۲۳۰ و ۲۴۰ سانتی‌گراد تنظیم شده بودند. گاز هلیوم با سرعت جریان یک میلی لیتر بر دقیقه و نسبت تقسیم ۱:۲۴ استفاده شده بود. نمونه‌های اسانس به نسبت ۱:۱۰۰ در هگزان رقیق‌سازی و به میزان یک میکرولیتر تزریق شدند. کمی کردن ترکیب‌های اسانس با استفاده از نرمال‌سازی سطح پیک و بدون استفاده از ضرایب اصلاح انجام شد (مرشدلو و همکاران ۲۰۱۸).

در نهایت بعد از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، تجزیه واریانس به صورت اسپلیت پلات بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی (RCBD) با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS ورژن ۹/۱ و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel صورت پذیرفت. همچنین، مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته و قطر کانوپی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد ارتفاع بوته و قطر کانوپی مریم‌گلی تحت تأثیر جداگانه سطوح مختلف آبیاری و کاربرد منابع کودی قرار گرفت (جدول ۲). در بین سطوح مختلف آبیاری، بیشترین ارتفاع بوته (۴۰/۸۹ سانتی متر) و قطر کانوپی (۴۸/۰۳ سانتی متر) مریم‌گلی در شرایط نرمال آبیاری (بدون تنش) و تنش شدید حاصل شد. ارتفاع بوته و قطر کانوپی مریم‌گلی در تنش خفیف ۱۶/۶ و ۹/۳ درصد و در تنش شدید ۲۸/۵ و ۲۱/۱ درصد نسبت به آبیاری نرمال کاهش یافت (شکل ۱ و ۳). به نظر می‌رسد تنش خشکی با کاهش میزان جذب عناصر غذایی از یک طرف و با تحت تأثیر قرار دادن مکانیسم‌های مختلف از قبیل کاهش غلظت کلروفیل، کارایی و سرعت فتوسنتز منجر به کاهش صفات رشدی از قبیل ارتفاع بوته و قطر کانوپی گیاه شده است (گواهی و همکاران ۲۰۱۵). در تطابق با نتایج این پژوهش، استادی و همکاران (۲۰۲۲) گزارش کردند که ارتفاع بوته و قطر کانوپی مریم گلی به ترتیب ۱۶ و ۱۴ درصد در تنش خفیف و ۳۱ و ۳۸

درصد در تنش شدید نسبت به شرایط نرمال آبیاری کاهش یافت. در بین منابع کودی مختلف، بیشترین ارتفاع بوته (۳۸/۵۱ سانتی متر) و قطر کانوپی مریم‌گلی (۴۸/۰۳ سانتی متر) با کاربرد کود ماکرومیکس گلد بدست آمد که تفاوت معنی‌داری با کاربرد ویتالیم فورت و اکوکوئل مکس نداشت. کاربرد کودهای ماکرومیکس گلد، ویتالیم فورت و اکوکوئل مکس منجر به افزایش ۲۳/۴، ۱۳/۸ و ۱۲/۴ درصدی ارتفاع بوته و ۲۸/۶، ۲۳/۲ و ۲۵/۲ درصدی قطر کانوپی مریم‌گلی نسبت به عدم مصرف کود (شاهد) گردید (شکل‌های ۲ و ۴). دلیل افزایش صفات رشدی به افزایش جذب عناصر غذایی و تأثیر مستقیم آن در تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها نسبت داده می‌شود که در نهایت به افزایش رشد رویشی، ارتفاع بوته و قطر کانوپی منجر خواهد شد. به طور مشابه، خالید (۲۰۱۲) گزارش کردند که محلول پاشی عناصر غذایی در اقلیم‌های خشک منجر به افزایش ارتفاع بوته در گیاهان دارویی از قبیل انیسون (*Pimpinella anisum* L.)، گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) و رازیانه شد.

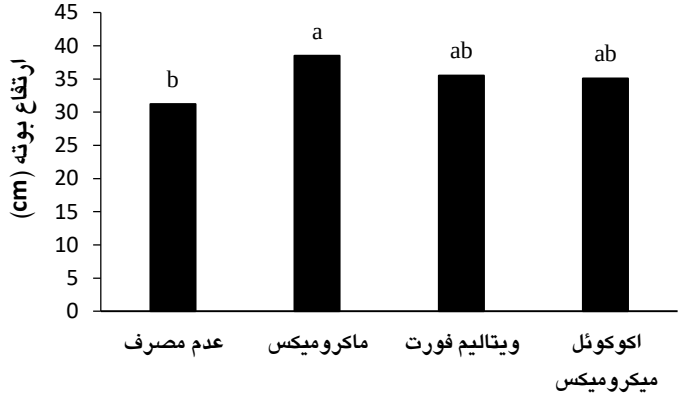
جدول ۲- تجزیه واریانس ارتفاع بوته، قطر کانوپی، تعداد برگ و کلروفیل مریم‌گلی تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری و منابع کودی مختلف

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	قطر کانوپی	تعداد برگ	شاخص سبزینگی
بلوک	۲	۵۱/۵۴^{ns}	۱۸/۴۵^{ns}	۲۱۵۲۸/۴۹*	۲۶/۹۷^{ns}
سطوح آبیاری	۲	۳۴۷/۹۴**	۳۰۹/۱۰*	۲۳۵۹۱/۷۲*	۷۲۰/۷۰*
خطای اول	۴	۱۰/۲۷	۲۴/۹۵	۱۶۲۷/۹۹	۷۹/۳۷
منابع کودی	۳	۸۰/۸۶*	۱۹۱/۷۲**	۱۵۴۰۴/۹۱^{ns}	۵۸/۹۷^{ns}
سطوح آبیاری × منابع کودی	۶	۲۶/۴۸^{ns}	۲۴/۲۰^{ns}	۳۲۰۵۱/۸۰*	۶۲/۷۷*
خطای کل	۱۸	۴۳۲/۰۹	۲۲۳/۵۰	۱۶۸۴۸۲/۵۷	۲۲/۲۴
ضریب تغییرات (%)		۱۳/۹۶	۸/۱۶	۱۵/۳۲	۱۳/۰۸

**معنی داری در سطح احتمال یک درصد، * معنی داری در سطح احتمال پنج درصد و ^{ns} عدم تفاوت معنی‌دار می باشد.

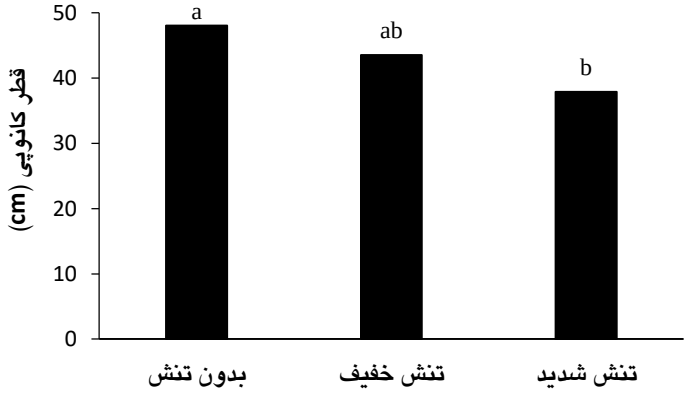
شکل ۱- ارتفاع بوته مریم گلی در سطوح مختلف آبیاری

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد است.



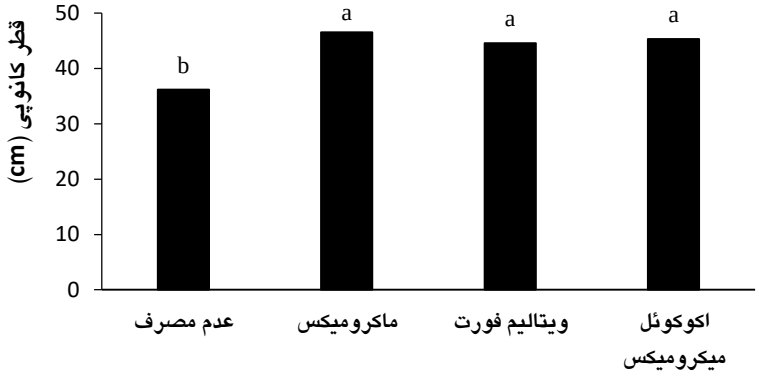
شکل ۲- ارتفاع بوته مریم‌گلی با کاربرد منابع کودی مختلف

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد است.



شکل ۳- قطر کانوپی مریم‌گلی در سطوح مختلف آبیاری

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار **بین تیمارها بر اساس آزمون** LSD **در سطح احتمال پنج درصد است.**



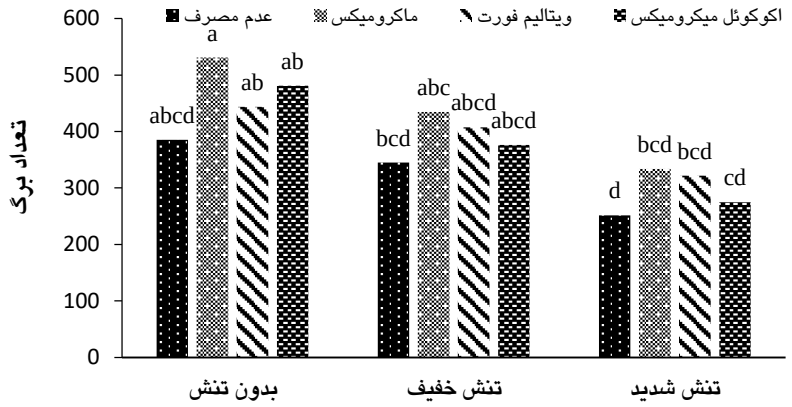
شکل ۴- قطر کانوپی مریم‌گلی با کاربرد منابع کودی مختلف

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد است.

تعداد برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد تعداد برگ مریم‌گلی تحت تأثیر جداگانه سطوح مختلف آبیاری و اثر متقابل سطوح آبیاری در منابع کودی قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین تعداد برگ مریم‌گلی (۵۳۱) در شرایط نرمال آبیاری با کاربرد کود ماکرومیکس گلد بدست آمد. همچنین کمترین تعداد برگ (۲۵۱/۳۳) نیز در تنش شدید و عدم مصرف کود بدست آمد (شکل ۵). با افزایش

سطوح خشکی از تعداد برگ این گیاه کاسته شد. به طوری که تعداد برگ در تنش‌های خفیف و شدید به ترتیب ۱۵/۱ و ۳۵/۸ درصد نسبت به شرایط نرمال آبیاری کاهش یافت. تنش خشکی از طریق کاهش سطح برگ، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش قابلیت هدایت روزنه‌ها، کاهش در آبگیری کلروپلاست و سایر بخش‌های پروتوپلاسم، کاهش سنتز پروتئین و کلروفیل سبب کاهش فرآیند فتوسنتز می‌گردد (اکونلولا و همکاران ۲۰۱۷). همچنین، تنش خشکی به طور مستقیم می‌تواند بر فرآیندهای بیوشیمیایی مربوط به فتوسنتز اثر گذاشته و به طور غیرمستقیم ورود دی اکسیدکربن به داخل روزنه‌ها را که به علت شرایط کم‌آبی بسته شده‌اند را کاهش دهد (گائو و همکاران ۲۰۲۰). بدیهی است که با محدود شدن فرآورده‌های فتوسنتزی در شرایط کمبود آب، رشد گیاه، صفات رشدی و نهایتاً عملکرد آن دچار نقصان می‌شود. علاوه بر این، در شرایط تنش شدید میزان تنفس، جذب گازکربنیک، انتقال مواد فتوسنتزی و انتقال مواد خام در آوندهای چوبی کاهش یافته و در نتیجه منجر به کاهش صفات رشدی و عملکرد در گیاهان خواهد شد. از طرفی، تعداد برگ مریم‌گلی با کاربرد کودهای ماکرومیکس گلد، ویتالیم فورت و اکوکوئل مکس به ترتیب ۳۲/۵، ۱۹/۵ و ۱۵/۴ درصد نسبت به عدم مصرف کود افزایش یافت (شکل ۵). به نظر می‌رسد بهبود جذب عناصر غذایی از طریق محلول‌پاشی منجر به افزایش فعالیت فتوسنتزی، تولید آسمیلات، پروتئین و آدنوزین تری فسفات بیشتری شده و از این طریق منجر به بهبود صفات رشدی گیاه شده است (ال‌عذاب و همکاران ۲۰۱۶). الحسن و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که کاربرد محلول‌پاشی عناصر غذایی ماکرو منجر به بهبود صفات رشدی و عملکردی گیاه دارویی ریحان (Ocimum basilicum L.) گردید. لیزارازو و همکاران (۲۰۲۱) مشاهده کردند که محلول‌پاشی عناصر غذایی منجر به بهبود صفات رشدی و افزایش کمی و کیفی عملکرد دانه گیاه زیره (Carum carvi L.) گردید. ماجید و علی صباح (۲۰۱۴) نیز نتیجه گرفتند که محلول‌پاشی عناصر غذایی NPK منجر به افزایش صفات رشدی و عملکردی گیاه چای ترش (Hibiscus *sabdariffa* L.) گردید.



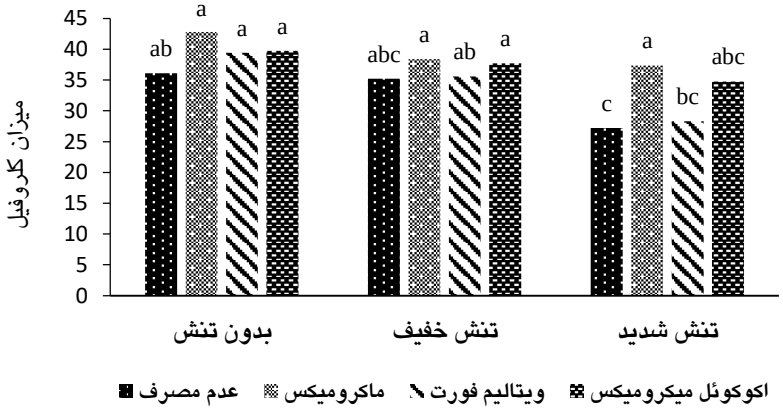
شکل ۵- تعداد برگ مریم‌گلی در سطوح مختلف آبیاری با کاربرد منابع کودی مختلف

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد است.

شاخص سبزینگی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد شاخص سبزینگی مریم‌گلی تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری و اثر متقابل سطوح آبیاری در منابع کودی قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین (۴۲/۸) شاخص سبزینگی مریم گلی در شرایط نرمال آبیاری با کاربرد کود ماکرومیکس گلد بدست آمد. همچنین کمترین میزان این شاخص (۲۷/۲۴) به تنش شدید و عدم مصرف کود متعلق بود. با افزایش سطوح خشکی از میزان شاخص سبزینگی کاسته شد. به طوری که میزان این شاخص در تنش‌های خفیف و شدید به

ترتیب ۷/۱ و ۱۹/۲ درصد نسبت به شرایط نرمال آبیاری کاهش یافت (شکل ۶). دلیل کاهش میزان شاخص سبزینگی با افزایش تنش خشکی را به کاهش میزان کلروپلاست در اثر افزایش میزان رادیکال‌های فعال اکسیژن نسبت دادند (محمدی و همکاران ۲۰۱۹). ابد البار و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که قرار گرفتن گیاه در تنش خشکی منجر به افزایش میزان رادیکال‌های فعال اکسیژن شده که این امر به نوبه خود باعث پراکسیداسیون لیپیدی غشاها و در نهایت تجزیه کلروفیل موجود در برگ گیاهان خواهد شد. همچنین یکی دیگر از دلایل کاهش میزان شاخص سبزینگی را می‌توان به کاهش جذب عناصر غذایی جهت رشد و ساخت بیومولکول‌های حیاتی گیاه نسبت داد که این امر در نهایت منجر به کاهش تولید کلروفیل خواهد شد (امامی بیستگانی و همکاران ۲۰۱۷). همچنین، شاخص سبزینگی مریم‌گلی با کاربرد کودهای ماکرومیکس گلد، ویتالیم فورت و اکوکوئل مکس به ترتیب ۲۰/۳، ۴/۸ و ۱۳/۹ درصد بیشتر از عدم مصرف کود بود (شکل ۶). با توجه به این که مولکول کلروفیل از دو بخش (یک سر پورفیرین و یک هیدروکربن طویل با دنباله فیتول) تشکیل شده است. پورفیرین از چهار حلقه پیرول حاوی نیتروژن که به صورت حلقوی قرار گرفته‌اند، تشکیل شده است. کامل کننده مولکول کلروفیل یک یون منیزیم است که با چهار اتم نیتروژن در مرکز حلقه تشکیل کلات می‌دهد. لذا، افزایش میزان شاخص سبزینگی را می‌توان به افزایش دسترسی عناصر غذایی ماکرو و میکرو از طریق محلول‌پاشی نسبت داد (دآندره و همکاران ۲۰۱۵).



شکل ۶- شاخص سبزینگی مریم گلی در سطوح مختلف آبیاری با کاربرد منابع کودی مختلف

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد است.

وزن تر و خشک

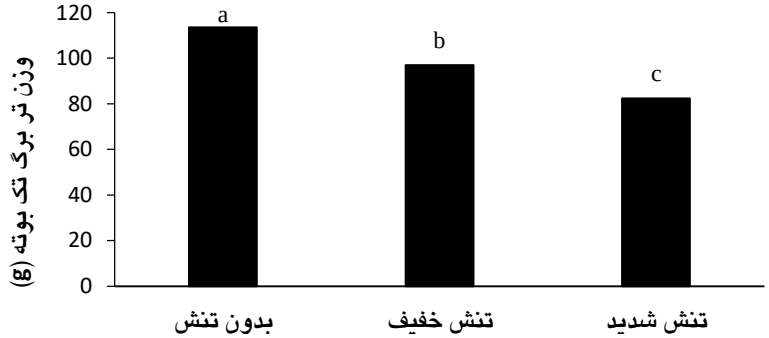
نتایج تجزیه واریانس نشان داد وزن تر برگ تک‌بوته مریم‌گلی تحت تأثیر جداگانه سطوح مختلف آبیاری و منابع مختلف کودی قرار گرفت (جدول ۳).

در بین سطوح مختلف آبیاری، بیشترین (۱۱۳/۵۶ گرم) و کمترین وزن تر برگ تک بوته (۸۲/۴۲ گرم) در شرایط نرمال آبیاری (بدون تنش) و تنش شدید حاصل شد. با افزایش تنش خشکی از میزان وزن تر برگ تک‌بوته کاسته شد. به طوری که، میزان صفت ذکر شده در تنش‌های خفیف و شدید به ترتیب ۱۴/۶ و ۲۷/۴ درصد کاهش یافت (شکل ۷). در بین منابع کودی مختلف، بیشترین (۱۱۳/۱۱ گرم) و کمترین میزان وزن تر تک‌بوته (۸۵/۵ گرم) به ترتیب با کاربرد کود ماکرومیکس گلد و عدم مصرف کود بدست آمد. میزان صفت ذکر شده با کاربرد کودهای ماکرومیکس گلد، ویتالیم فورت و اکوکوئل مکس به ترتیب ۳۲/۳، ۱۸/۷ و ۵/۸ درصد نسبت به عدم مصرف کود افزایش یافت (شکل ۸).

جدول ۳- تجزیه واریانس ارتفاع بوته، قطر کانوپی، تعداد برگ و میزان کلروفیل مریم گلی تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری و منابع کودی مختلف

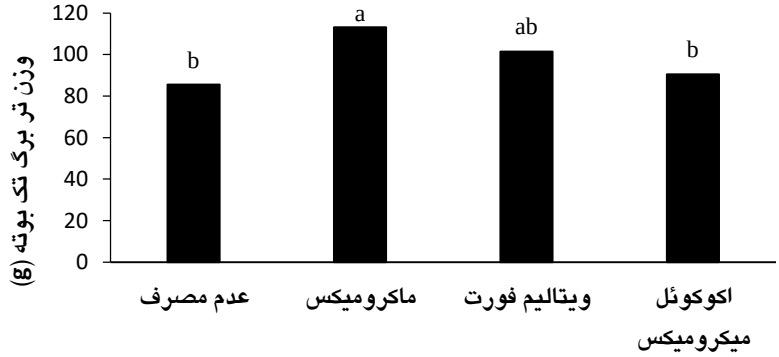
منابع تغییر	درجه آزادی	وزن تر برگ تک بوته	وزن تر ساقه تک بوته	وزن تر کل	وزن خشک برگ تک بوته	وزن خشک ساقه تک بوته	وزن خشک کل
بلوک	۲	۱۵۵۲/۴۱*	۴۴۸/۵۹*	۲۰۳۱۴۶/۱۹ns	۱۷۲/۹۷ns	۱۸۰/۴۷ns	۳۵۳۲/۳۴ns
سطوح آبیاری	۲	۲۹۱۳/۰۹**	۵۳۸/۴۲*	۱۱۷۴۷۶۴/۱۱*	۶۰۰/۴۱*	۳۰۰/۳۵*	۲۷۳۳۰/۵۳**
خطای اول	۴	۱۵۸/۰۶	۳۹/۲۹	۱۶۲۷۰۹/۳۶	۷۳/۱۲	۳۵/۴۰	۳۵۸۳/۲۵
منابع کودی	۳	۱۳۵۹/۱۹*	۱۷/۲۷ns	۸۷۲۷۶/۲۲ns	۳۲۶/۴۷**	۲۳/۳۹ns	۱۳۰۲۱/۴۸**
سطوح آبیاری × منابع کودی	۶	۲۱۵/۴۲ns	۱۵۶/۳۴ns	۲۳۵۱۲۹/۵۵**	۲۷۰/۷۱**	۳۰/۳۶ns	۱۶۵۴۷/۴۶**
خطای کل	۱۸	۳۴۶/۱۶	۸۷/۶۸	۵۰۱۸۴/۴۱	۵۶/۳۱	۳۹/۷۳	۱۲۹۶/۹۱
ضریب تغییرات (%)		۱۶/۰۵	۱۵/۷۱	۱۲/۲۳	۹/۲۰	۱۱/۵۳	۱۷/۳۲

**معنی داری در سطح احتمال یک درصد، * معنی داری در سطح احتمال پنج درصد و ns عدم تفاوت معنی‌دار می باشد.



شکل ۷- وزن تر برگ تک بوته مریم گلی در سطوح مختلف آبیاری

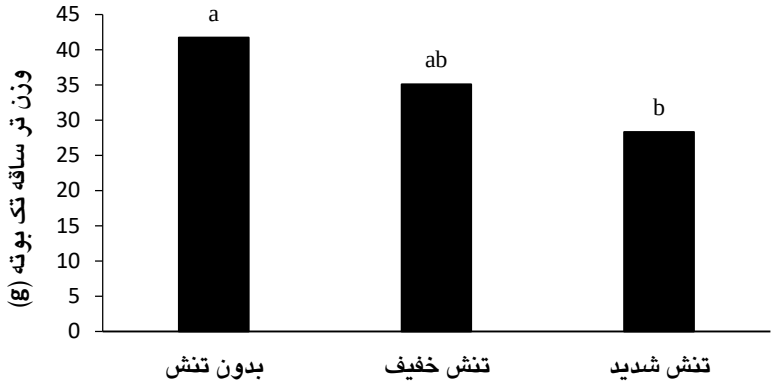
حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد است.



شکل ۸- وزن تر برگ تک بوته مریم گلی با کاربرد منابع کودی مختلف

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد است.

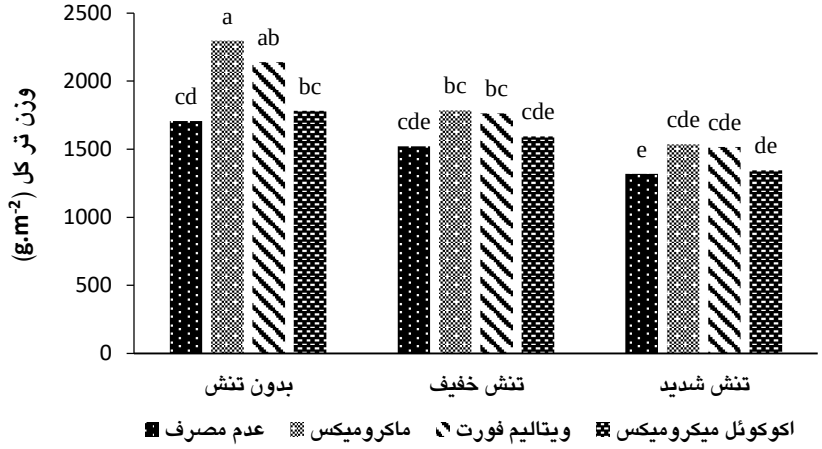
نتایج تجزیه واریانس نشان داد وزن تر ساقه تک‌بوته مریم‌گلی فقط تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری قرار گرفت (جدول ۳). با افزایش سطوح تنش خشکی از میزان وزن تک‌بوته ساقه مریم گلی کاسته شد. به طوری که بیشترین (۴۱/۷۳ گرم) و کمترین میزان این صفت (۲۸/۳۳ گرم) در شرایط نرمال آبیاری و تنش شدید حاصل شد. در تنش‌های خفیف و شدید وزن تک‌بوته ساقه مریم گلی نسبت به شرایط نرمال آبیاری به ترتیب ۱۵/۹ و ۳۲/۱ درصد کاهش یافت (شکل ۹).



شکل ۹- وزن تر ساقه تک بوته مریم گلی در سطوح مختلف آبیاری

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد است.

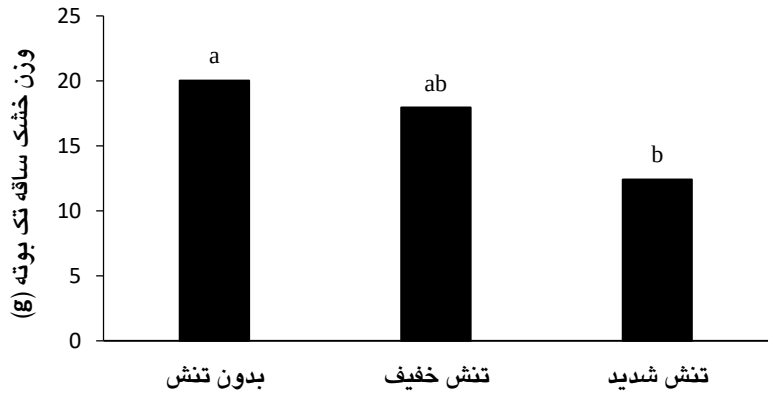
نتایج تجزیه واریانس نشان داد وزن تر کل مریم‌گلی تحت تاثیر جداگانه سطوح مختلف آبیاری و اثر متقابل سطوح آبیاری در منابع کودی قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین وزن تر کل مریم‌گلی (۲۲۹۶/۷ گرم بر متر مربع) در شرایط نرمال آبیاری با کاربرد کود ماکرومیکس گلد بدست آمد. همچنین، کمترین میزان این شاخص (۱۳۱۹/۳ گرم بر متر مربع) به تنش شدید و عدم مصرف کود متعلق بود. با افزایش سطوح تنش خشکی از میزان وزن تر کل این گیاه کاسته شد. به طوری که میزان صفت نامبرده شده در تنش‌های خفیف و شدید به ترتیب ۱۵/۹ و ۲۷/۸ درصد نسبت به شرایط نرمال آبیاری کاهش یافت. همچنین، میزان این صفت با کاربرد کودهای ماکرومیکس گلد، ویتالیم فورت و اکوکوئل مکس به ترتیب ۲۳/۵، ۱۹/۱ و ۳/۹ درصد بیشتر از عدم مصرف کود بود (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- وزن تر کل مریم گلی در سطوح مختلف آبیاری با کاربرد منابع کودی مختلف

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد است.

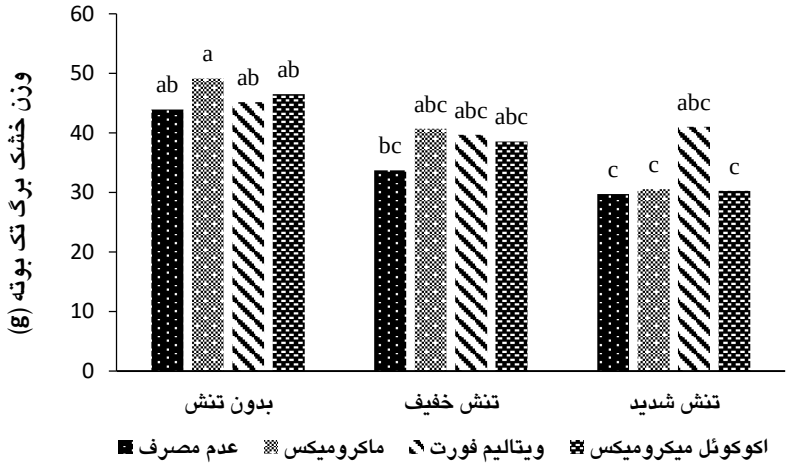
نتایج تجزیه واریانس نشان داد وزن خشک ساقه تک‌بوته مریم‌گلی فقط تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری قرار گرفت (جدول ۳). با افزایش سطوح تنش خشکی از میزان وزن خشک ساقه تک بوته مریم گلی کاسته شد. به طوری که بیشترین (۲۰/۰۳ گرم) و کمترین میزان این صفت (۱۲/۴۲ گرم) در شرایط نرمال آبیاری و تنش شدید حاصل شد. در تنش‌های خفیف و شدید وزن خشک ساقه تک‌بوته مریم گلی نسبت به شرایط نرمال آبیاری به ترتیب ۱۰/۴ و ۳۸ درصد کاهش یافت (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- وزن خشک ساقه تک بوته بوته مریم گلی در سطوح مختلف آبیاری

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد است.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد وزن خشک برگ تک‌بوته مریم‌گلی تحت تأثیر اثرات جداگانه سطوح مختلف آبیاری، منابع کودی و اثر متقابل دو فاکتور ذکر شده قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین میزان وزن خشک برگ تک‌بوته مریم‌گلی (۴۹/۱۳ گرم) در شرایط نرمال آبیاری با کاربرد کود ماکرومیکس گلد بدست آمد. همچنین کمترین میزان این شاخص (۲۹/۷ گرم) به تنش شدید و عدم مصرف کود متعلق بود. با افزایش سطوح تنش خشکی از میزان وزن خشک برگ تک‌بوته مریم‌گلی کاسته شد. به طوری که میزان صفت نامبرده شده در تنش‌های خفیف و شدید به ترتیب ۱۷/۴ و ۲۸/۸ درصد نسبت به شرایط نرمال آبیاری کاهش یافت. همچنین، میزان این صفت با کاربرد کودهای ماکرومیکس گلد، ویتالیم فورت و اکوکوئل مکس به ترتیب ۱۲/۱، ۱۷/۲ و ۷/۵ درصد بیشتر از عدم مصرف کود بود (شکل ۱۲).

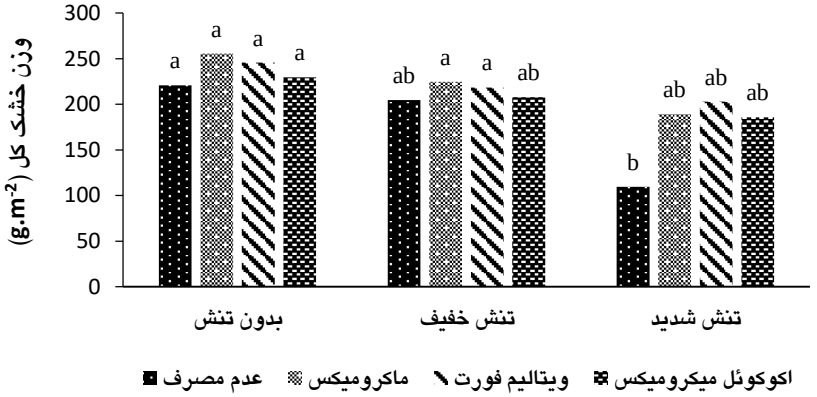


شکل ۱۲- وزن خشک برگ تک بوته مریم‌گلی در سطوح مختلف آبیاری با کاربرد منابع کودی مختلف

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد است.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد وزن خشک کل مریم‌گلی تحت تاثیر اثرات جداگانه سطوح مختلف آبیاری، منابع کودی و اثر متقابل دو فاکتور ذکر شده قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین وزن خشک کل مریم‌گلی (۲۵۵/۴ گرم بر متر مربع) در شرایط نرمال آبیاری با کاربرد کود ماکرومیکس گلد بدست آمد. همچنین کمترین میزان این شاخص (۱۰۹/۵۲ گرم بر متر مربع) به تنش شدید و عدم مصرف کود متعلق بود. با افزایش سطوح تنش خشکی از میزان وزن خشک کل مریم‌گلی کاسته شد. به طوری که میزان صفت نامبرده شده در تنش‌های خفیف و شدید به

ترتیب ۱۰/۱ و ۲۷/۸ درصد نسبت به شرایط نرمال آبیاری کاهش یافت. همچنین، میزان این صفت با کاربرد کودهای ماکرومیکس گلد، ویتالیم فورت و اکوکوئل مکس به ترتیب ۲۵/۱، ۲۴/۷ و ۱۶/۴ درصد بیشتر از عدم مصرف کود بود (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- وزن خشک کل مریم گلی در سطوح مختلف آبیاری با کاربرد منابع کودی مختلف

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد است.

کاهش عملکرد ماده خشک با افزایش تنش خشکی را می‌توان به کاهش صفات رشدی از قبیل ارتفاع بوته و شاخص سطح برگ نسبت داد. افزایش ماده خشک تولیدی در گیاهان تحت شرایط آبیاری مطلوب می‌تواند به دلیل گسترش بیشتر سطح برگ و نیز دوام سطح برگ باشد که با ایجاد منبع فیزیولوژیکی کارآمد جهت استفاده هر چه بیشتر از نور دریافتی باعث افزایش تولید ماده خشک خواهد شد (گائو و همکاران ۲۰۲۰). ماناوالان و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که تنش خشکی با ایجاد تاثیرات منفی بر روی تقسیم و تمایز سلول‌های گیاهی منجر به کاهش رشد گیاه می‌شود. همچنین، این محققین بیان نمودند که میزان افزایش طول سلول‌ها در شرایط تنش خشکی با پایین آمدن فشار تورژسانس سلول کاهش می‌یابد. در مجموع می‌توان بیان نمود که تنش خشکی باعث افزایش تعرق و کاهش آب جذب شده از طریق کاهش مقدار فتوسنتز خالص، هدایت روزنه‌ای منجر به کاهش عملکرد در گیاه خواهد شد. در تطابق با نتایج این پژوهش، استادی و همکاران (۲۰۲۲) گزارش کردند که میزان عملکرد ماده خشک مریم گلی در تنش خفیف و شدید به ترتیب ۳۰ و ۶۵ درصد نسبت به آبیاری نرمال کاهش یافت.

از طرفی، محلول‌پاشی عناصر غذایی بویژه کود ماکرومیکس گلد منجر به افزایش وزن تر و خشک مریم‌گلی گردید. از آنجایی که عملکرد تولید شده در گیاهان برآیندی از صفات رشدی مختلف و اجزای عملکرد آن‌ها می‌باشد؛ بنابراین می‌توان بیان کرد افزایش دسترسی عناصر غذایی از طریق محلول پاشی با بهبود صفات رشدی گیاه و افزایش فتوسنتز منجر به افزایش عملکرد شده است. یادگاری (۲۰۱۷) نتیجه گرفت که محلول پاشی عناصر غذایی منجر به افزایش عملکرد تر و خشک بادرنجبویه[10] گردید.

درصد اسانس

نتایج تجزیه واریانس نشان داد درصد اسانس مریم‌گلی تحت تاثیر اثرات جداگانه سطوح مختلف آبیاری، منابع کودی و اثر متقابل دو فاکتور ذکر شده قرار گرفت (جدول ۴). بیشترین درصد اسانس (۱/۴۷ درصد) در تنش خفیف با کاربرد کود ماکرومیکس گلد بدست آمد. همچنین کمترین میزان این شاخص (۰/۷۶ درصد) به

[10]- Lemon balm (*Melissa Officinalis* L.)

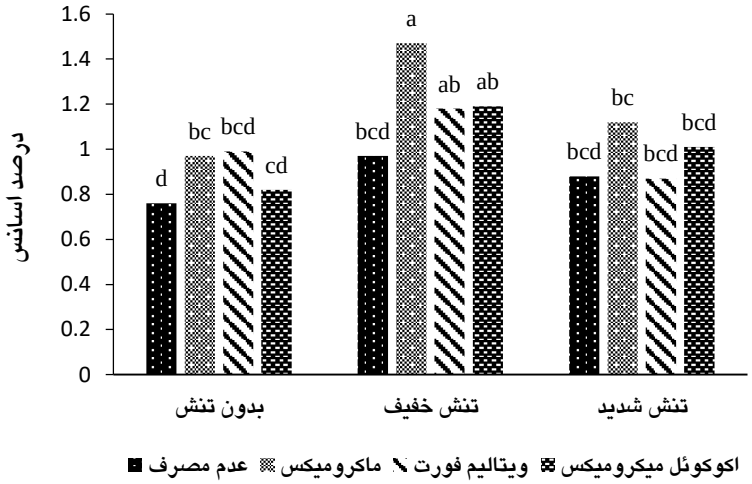
شرایط نرمال آبیاری و عدم مصرف کود متعلق بود. درصد اسانس مریم‌گلی در تنش‌های خفیف و شدید به ترتیب ۳۴/۸ و ۹ درصد نسبت به شرایط نرمال آبیاری افزایش یافت (شکل ۱۴). محصولات دارویی بر خلاف همه محصولات کشاورزی که در اوضاع تنشی از نظر مقدار تولید صدمه می‌بینند، ممکن است در این اوضاع تولید ترکیبات اسانسی بیشتر و در نتیجه بازدهی اقتصادی بالاتری پیدا کنند. تولید متابولیت‌های ثانویه برای سازگاری گیاه نسبت به عوامل نامساعد و تنش‌های محیط زندگی صورت گرفته و به منزله به کار افتادن یک نوع جریان دفاعی در جهت استمرار تعادل فعالیت‌های حیاتی به حساب می‌آید (قائمی و همکاران ۲۰۱۹). در شرایط تنش، میزان فتوسنتز گیاه به دلیل بسته شده روزنه‌ها و جذب کمتر CO_2 کاهش می‌یابد. کاهش میزان فتوسنتز منجر به افزایش غلظت $NADPH+ H^+$ و عدم تبدیل آن به $NADP^+$ می‌شود و در نتیجه آن نسبت $NADP^+/ NADPH+ H^+$ کاهش می‌یابد. در این حالت، بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه از قبیل ترکیبات اسانس، فنلی، آلکالوئیدی و ... با مصرف $NADPH+ H^+$ تجمع یافته منجر به متعادل شدن نسبت $NADP+/ NADPH+ H+$ می‌شوند. بنابراین، تولید متابولیت‌های ثانویه به عنوان یک روش دفاعی موثر در گیاهان دارویی و معطر جهت کاهش اثرات منفی ناشی از تنش شناخته می‌شود (امانی ماچیانی و همکاران ۲۰۲۱). علیرغم این که میزان اسانس مریم‌گلی در دو تنش متوسط و شدید نسبت به شاهد افزایش یافته است ولی میزان اسانس تولید شده در تنش شدید نسبت به متوسط کاهش پیدا کرده است. زیرا در تنش‌های شدیدتر گیاه بیشتر مواد فتوسنتزی تولید شده را صرف تولید ترکیب‌های تنظیم کننده اسمزی از جمله پرولین، گلیسین بتائین و ترکیبات قندی مانند ساکارز، فروکتور و فروکتان‌ها می‌کند تا از این طریق شرایط لازم برای بقای حیات گیاه در تنش‌های شدیدتر فراهم شود (خراسانی‌نژاد و همکاران ۲۰۱۵). در تطابق با نتایج پژوهش حاضر، گواهی و همکاران (۲۰۱۵) مشاهده کردند میزان اسانس تولیدی مریم‌گلی در تنش ملایم و شدید به ترتیب ۱۰۸ و ۸۴ درصد نسبت به آبیاری نرمال افزایش پیدا کرد.

همچنین، میزان این صفت با کاربرد کودهای ماکرومیکس گلد، ویتالیم فورت و اکوکوئل مکس به ترتیب ۳۶/۸، ۱۶/۱ و ۱۶/۱ درصد بیشتر از عدم مصرف کود بود (شکل ۱۴). از آنجایی که ترپینوئیدها اجزاء اصلی اسانس را تشکیل می‌دهند، بیوسنتز واحدهای سازنده آن‌ها (ایزوپرونوئیدها) به استیل کوآنزیم آ، ATP، NADPH و غلظت فسفر معدنی در گیاه بستگی دارد. همچنین، نیتروژن به‌طور غیرمستقیم از طریق افزایش سرعت انتقال الکترون و فتوسنتز برگ، ATP و سوبسترای مورد نیاز را برای سنتز ایزوپرنوئیدها تأمین می‌کند (اورمنو و فرناندز ۲۰۱۲). به نظر می‌رسد محلول‌پاشی از طریق فراهمی عناصر اصلی سازنده اسانس از جمله نیتروژن موجب افزایش درصد اسانس مریم‌گلی شده است. زیرا نیتروژن یکی از عناصر مؤثر بر فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی و در نتیجه میزان اسانس گیاهان است. بنابراین هر عاملی که باعث افزایش نیتروژن قابل دسترس گیاه گردد، در نهایت منجر به افزایش اسانس خواهد شد. لافمجانی و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که محلول‌پاشی عناصر غذایی منجر به افزایش درصد اسانس نعناع فلفلی گردید. سحرخیز و همکاران (۲۰۱۲) نتیجه گرفتند که میزان اسانس گیاه جعفری مکزیکی (*Tagetes minuta* L.) از طریق محلول پاشی ۷/۲ درصد افزایش یافت.

جدول ۴- تجزیه واریانس ارتفاع بوته، قطر کانوپی، تعداد برگ و میزان کلروفیل مریم گلی تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری و منابع کودی مختلف

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد اسانس	عملکرد اسانس
بلوک	۲	۰/۱۱۶۵^{ns}	۰/۷۶^{ns}
سطوح آبیاری	۲	۰/۳۲۲۰**	۵/۱۳**
خطای اول	۴	۰/۰۳۴۲	۰/۴۴
منابع کودی	۳	۰/۹۳۵۸**	۵/۱۶**
سطوح آبیاری × منابع کودی	۶	۰/۱۹۸۸**	۳/۲۰**
خطای کل	۱۸	۰/۰۲۱۲	۰/۱۴
ضریب تغییرات (٪)		۱۴/۲۸	۱۷/۸۰

**معنی داری در سطح احتمال یک درصد، * معنی داری در سطح احتمال پنج درصد و ^{ns} عدم تفاوت معنی‌دار می باشد.

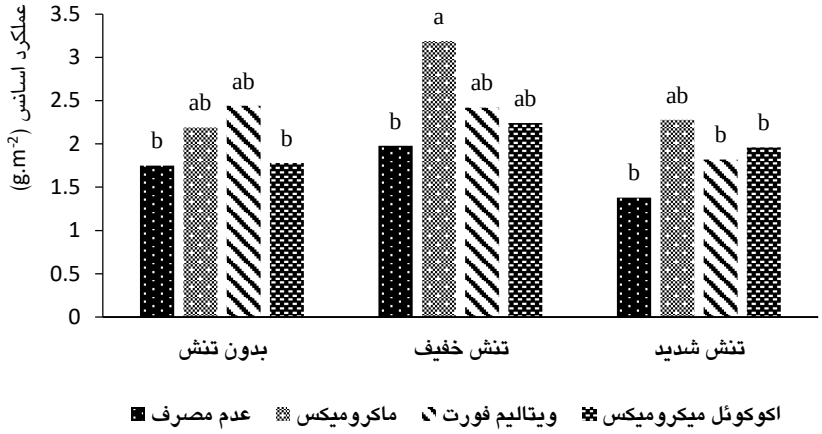


شکل ۱۴- درصد اسانس مریم‌گلی در سطوح مختلف آبیاری با کاربرد منابع کودی

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد است.

عملکرد اسانس

نتایج تجزیه واریانس نشان داد عملکرد اسانس مریم‌گلی تحت تاثیر اثرات جداگانه سطوح مختلف آبیاری، منابع کودی و اثر متقابل دو فاکتور ذکر شده قرار گرفت (جدول ۴). بیشترین عملکرد اسانس (۳/۱۹ گرم بر متر مربع) در تنش خفیف با کاربرد کود ماکرومیکس گلد بدست آمد. همچنین، کمترین میزان این شاخص (۱/۳۸ گرم بر متر مربع) در تنش شدید و عدم مصرف کود مشاهده شد. عملکرد اسانس مریم‌گلی با کاربرد کودهای ماکرومیکس گلد، ویتالیم فورت و اکوکوئل مکس به ترتیب ۵۰، ۳۱/۲ و ۱۷/۱ درصد بیشتر از عدم مصرف کود بود (شکل ۱۵). از آنجایی که عملکرد اسانس از حاصلضرب عملکرد ماده خشک در میزان اسانس تولید شده توسط گیاه بدست می‌آید و با دو شاخص ذکر شده رابطه مستقیمی دارد. لذا هر عاملی که منجر به افزایش دو شاخص ذکر شده گردد منجر به افزایش عملکرد اسانس نیز خواهد شد (امانی ماچیانی و همکاران ۲۰۱۹). بنابراین، دلیل افزایش عملکرد اسانس در تنش خفیف با کاربرد کود ماکرومیکس گلد به افزایش درصد اسانس در تیمار ذکر شده نسبت داده می‌شود.



شکل ۱۵- عملکرد اسانس مریم گلی در سطوح مختلف آبیاری با کاربرد منابع کودی

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد است.

ترکیبات اسانس

بر اساس آنالیز ترکیبات اسانس، ترکیبات غالب اسانس مریم‌گلی شامل سیس توجن (۴۰/۵۰- ۳۵/۳۹ درصد)، کامفور (۱۷/۰۸- ۱۴/۲۰ درصد)، سینئول (۹/۹۸- ۸/۴۴ درصد)، ترانس توجن (۶/۰۲- ۴/۷۴ درصد) و کامفن (۴/۲۵- ۲/۸۹ درصد) بودند. بیشترین میزان سیس توجن، سینئول و کامفور در تنش خفیف با کاربرد کود ماکرومیکس گلد بدست آمد. در حالی که کمترین میزان ترکیبات ذکر شده در شرایط نرمال آبیاری و عدم مصرف کود حاصل شد. میزان سیس توجن، سینئول و کامفور در تنش خفیف ۳/۷، ۴/۸ و ۷/۶ درصد و در تنش شدید ۲/۵، ۴/۴ و ۹/۳ درصد بیشتر از شرایط نرمال آبیاری بود. همچنین کاربرد کودهای ماکرومیکس گلد، ویتالیم فورت و اکوکوئل مکس منجر به افزایش ۷/۶، ۴/۲، ۳/۲ درصدی سیس توجن و ۱۰/۴، ۵/۸، ۷/۲ درصدی سینئول و ۹/۸، ۲ و ۲/۹ درصدی کامفور نسبت به عدم مصرف کود شدند. علاوه بر این، بیشترین میزان کامفن و ترنس توجن نیز در تنش خفیف با کاربرد ویتالیم فورت بدست آمد (جدول ۵). به طور کلی مشاهده شد که ترکیبات غالب اسانس مریم‌گلی در تنش‌های خفیف و شدید نسبت به شرایط نرمال آبیاری افزایش یافت. دلیل افزایش ترکیبات اسانس مریم‌گلی در تنش‌های خفیف و شدید، تخصیص بیشتر کربن‌های تثبیت شده طی فرآیند فتوسنتز به تولید متابولیت‌های ثانویه می‌باشد که طی این فرآیند میزان مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های محیطی از طریق کاهش خسارات رادیکال‌های فعال اکسیژن افزایش می‌یابد (فراهانی و همکاران ۲۰۰۹). به طور مشابه، استادی و همکاران (۲۰۲۲) نتیجه گرفتند که میزان اسانس و ترکیبات غالب اسانس مریم گلی (سیس توجن وکامفن) در تنش خفیف نسبت به شرایط عدم تنش افزایش یافت. بحرینی نژاد و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که میزان تایمول در اسانس آویشن باغی در تنش‌های خفیف و شدید نسبت به آبیاری نرمال افزایش پیدا کرد. از طرفی محلول‌پاشی عناصر غذایی نیز منجر به افزایش میزان ترکیبات غالب اسانس مریم‌گلی گردید. اسانس‌ها ترکیب‌های ترپنوئیدی بوده و واحدهای سازنده آن‌ها (ایزوپرنوئیدها) مانند ایزوپنتنیل پیروفسفات و دی متیل آلیل پیروفسفات، نیاز به ترکیباتی از قبیل استیل کوآ، ATP و NADPH دارند (استادی و همکاران ۲۰۲۰). با توجه به این موضوع که حضور عناصری نظیر نیتروژن و فسفر برای تشکیل ترکیبات اخیر ضروری می‌باشد؛ از این رو محلول‌پاشی عناصر غذایی از طریق جذب کارآمد فسفر و تا حدودی نیتروژن توسط ریشه، موجب افزایش ترکیبات اسانس و به طبع آن درصد اسانس تولیدی خواهد شد (ویسانی و همکاران ۲۰۱۶).

جدول ۵- ترکیبات اسانس مریم گلی در سطوح مختلف آبیاری با کاربرد منابع کودی

ردیف	ترکیبات	آبیاری نرمال			تنش خفیف			تنش شدید		
		عدم مصرف	ماکرومیک س گلد	ویتالیم فورت	اکوکوئ ل مکس	عدم مصرف	ماکرومیک س گلد	ویتالیم فورت	اکوکو ئل مکس	عدم مصرف	ماکرومیک س گلد	ویتالیم فورت	اکوکو ئل مکس
۱	*cis*-Salvene	۰/۴۲	۰/۴۸	۰/۴۲	۰/۵۲	۰/۵۰	۰/۲۷	۰/۴۲	۰/۲۶	۰/۴۴	۰/۳۷	۰/۴۵	۰/۳۴
۲	*trans*-Salvene	۰/۰۸	–	۰/۱۱	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۱۲	۰/۱۲	–	۰/۱۱	۰/۰۹	۰/۱۰
۳	Tricyclene	۰/۱۰	۰/۱۱	۰/۰۹	۰/۱۱	۰/۱۰	۰/۱۲	۰/۰۹	۰/۱۰	۰/۰۹	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۲
۴	α-Thujene	۰/۱۶	۰/۲۲	۰/۱۹	۰/۲۰	۰/۲۳	۰/۲۱	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۲۳	۰/۲۰	۰/۱۸	۰/۱۷
۵	α-Pinene	۳/۵۳	۳/۱۲	۳/۰۳	۳/۲۳	۳/۸۳	۴/۲۲	۳/۸۰	۳/۹۹	۲/۸۵	۳/۶۷	۳/۶۸	۳/۴۷
۶	Camphene	۲/۸۹	۳/۲۳	۳/۰۵	۳/۶۱	۳/۵۴	۳/۴۱	۴/۲۵	۳/۸۱	۳/۴۸	۳/۲۲	۳/۳۴	۳/۰۱
۷	β-Pinene	۱/۳۰	۱/۵۵	۱/۳۵	۱/۵۷	۱/۴۱	۱/۵۵	۱/۵۰	۱/۳۶	۱/۳۴	۱/۵۳	۱/۳۵	۱/۳۲
۸	Myrcene	۰/۹۵	۰/۹۳	۰/۹۹	۱/۰۴	۱/۰۵	۱/۰۳	۰/۹۷	۱	۰/۹۶	۱/۰۹	۰/۹۸	۰/۹۶
۹	*n*-Decane	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۰۸	۰/۰۹
۱۰	α-Terpinene	۰/۴۹	۰/۴۷	۰/۴۹	۰/۴۶	۰/۵۱	۰/۳۱	۰/۴۷	۰/۴۷	۰/۴۵	۰/۴۹	۰/۴۸	۰/۴۰
۱۱	ρ-Cymene	۱/۵۶	۱/۷۳	۱/۴۹	۱/۷۱	۱/۵۲	۱/۶۴	۱/۴۷	۱/۶۷	۱/۴۷	۱/۶۲	۱/۵۳	۱/۵۶
۱۲	1,8-Cineole	۸/۴۴	۹/۳۸	۸/۹۱	۹/۲۵	۸/۸۳	۹/۹۸	۹/۱۴	۹/۷۷	۹/۰۲	۹/۶۴	۹/۷۶	۹/۱۶
۱۳	γ-Terpinene	۰/۵۳	۰/۳۶	۰/۳۵	۰/۳۷	۰/۳۴	۰/۲۳	۰/۲۸	۰/۳۱	۰/۳۰	۰/۳۳	۰/۳۱	۰/۳۳
۱۴	*cis*-Sabinene hydrate	۰/۱۴	۰/۲۳	۰/۱۸	۰/۱۷	۰/۲۱	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۲۰	۰/۲۱	۰/۲۱
۱۵	Terpinolene	۰/۱۱	۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۱۷	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۳	۰/۱۸	۰/۱۲	۰//۱۳	۰/۱۳	۰/۱۷
۱۶	*trans*-Sabinene hydrate	۰/۵۹	۰/۳۵	۰/۴۴	۰/۳۵	۰/۱۷	۰/۳۲	۰/۳۵	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۳۵	۰/۳۸	۰/۶۰
۱۷	*cis*-Thujone	۳۵/۳۹	۳۸/۹۸	۳۷/۶۵	۳۷/۶۷	۳۸/۰۳	۴۰/۵۰	۳۸/۲۱	۳۸/۵۵	۳۷/۰۷	۳۹/۳۶	۳۹/۲۹	۳۷/۷۴
۱۸	*trans*-Thujone	۵/۵۱	۵/۲۱	۵/۶۳	۵/۳۱	۵/۸۷	۵/۲۵	۶/۰۲	۵/۳۸	۵/۶۴	۴/۷۴	۵/۳۱	۴/۹۳
۱۹	Camphor	۱۴/۲۰	۱۶/۶۱	۱۴/۳۳	۱۴/۹۰	۱۵/۶۷	۱۷/۰۸	۱۶/۱۵	۱۵/۶۹	۱۶/۰۱	۱۶/۷۱	۱۶/۳۲	۱۶/۶۱
۲۰	*neo-iso*-3-Thujanol	۰/۶۳	۰/۲۳	۰/۵۱	۰/۴۷	۰/۳۹	۰/۴۲	۰/۴۴	۰/۳۹	۰/۴۹	۰/۳۸	۰/۴۳	۰/۷۶
۲۱	*trans*-Pinocamphone	۰/۱۰	۰/۰۳	۰/۱۳	۰/۰۸	۰/۰۴	۰/۱۰	۰/۰۴	۰/۱۱	۰/۰۹	–	۰/۰۹	۰/۱۰
۲۲	Borneol	۲/۶۸	۲/۲۹	۱/۴۶	۲/۲۴	۱/۰۶	۱/۰۹	۱/۷۹	۲/۰۱	۱/۳۵	۱/۱۸	۱/۲۸	۲/۱۲
۲۳	*cis*-Pinocamphone	۰/۵۲	۰/۲۶	۰/۲۴	۰/۲۳	۰/۲۲	۰/۲۴	۰/۲۵	۰/۲۲	۰/۲۴	۰/۲۳	۰/۲۰	۰/۴۸
۲۴	Terpinen-4-ol	۰/۰۹	–	۰/۰۷	۰/۰۶	–	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۶	–	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۰۶
۲۵	α-Terpineol	۰/۱۴	۰/۰۶	۰/۱۹	۰/۱۷	۰/۱۱	۰/۱۵	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۱۷	۰/۱۳
۲۶	Bornyl acetate	۲/۲۴	۱/۶۷	۲/۰۸	۲/۰۴	۱/۲۵	۰/۵۱	۱/۵۲	۱/۳۷	۰/۶۷	۱/۳۹	۱/۴۰	۲/۱۰
۲۷	*trans*-Sabinyl acetate	۰/۱۰	–	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۱۱	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۱۳	۰/۰۸	۰/۱۲	–
۲۸	(*E*)-Caryophyllene	۲/۳۸	۲/۰۱	۲/۱۳	۱/۹۸	۲/۴۸	۲	۲/۱۱	۲/۴۷	۲/۱۹	۲/۳۶	۲/۳۸	۲/۲۲
۲۹	α-Humulene	۳/۱۶	۲/۴۶	۲/۷۱	۲/۵۵	۳/۲۹	۲/۴۳	۲/۵۹	۲/۹۸	۲/۱۷	۲/۷۵	۲/۷۸	۲/۵۸
۳۰	Caryophyllene oxide	۰/۲۴	۰/۳۰	۰/۳۴	۰/۳۳	۰/۳۴	۰/۲۷	۰/۳۷	۰/۳۶	۰/۳۰	۰/۲۹	۰/۳۰	۰/۳۲
۳۱	Viridiflorol	۳/۳۶	۲/۴۴	۳/۲۱	۳/۰۳	۳/۱۰	۲/۱۶	۳/۷۱	۲/۳۶	۲/۷۱	۳/۵۴	۳/۴۴	۳/۵۳
۳۲	Humulene epoxide II	۰/۶۴	۰/۵۷	۰/۶۷	۰/۶۸	۰/۶۱	۰/۵۱	۰/۷۰	۰/۷۲	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۵۷	۰/۵۴
	جمع کل	۹۴/۰۲	۹۶/۵۲	۹۳/۷۶	۹۵/۷۲	۹۶/۰۸	۹۷/۶۳	۹۸/۶۱	۹۷/۷۶	۹۳/۲۵	۹۸/۰۸	۹۸/۲۵	۹۷/۲۳

نتیجه گیری

بطور کلی نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که عملکرد ماده خشک گیاه مریم‌گلی با افزایش سطوح تنش خشکی کاهش یافت. از طرفی، محلول‌پاشی عناصر غذایی بویژه کود ماکرومیکس گلد منجر به افزایش عملکرد ماده خشک، درصد و عملکرد اسانس این گیاه گردید. با توجه به این که بیشترین میزان درصد، عملکرد و ترکیبات غالب اسانس در تنش خفیف با کاربرد کود ماکرومیکس گلد بدست آمد. لذا، می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد کود ماکرومیکس گلد به عنوان روشی موثر در افزایش کمیت و کیفیت اسانس مریم‌گلی بویژه در شرایط خشکی محسوب می‌شود.

سپاسگزاری

از مدیریت پژوهش و فناوری و آزمایشگاه مرکزی دانشگاه مراغه بابت انجام آزمایش‌ها تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

Abd-Elbar OH, Farag RE and Shehata SA. 2019. Effect of putrescine application on some growth, biochemical and anatomical characteristics of *Thymus vulgaris* L. under drought stress. Annals of Agricultural Sciences, 64(2): 129-137.

Adams RP. 2007. Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectrometry. Allured, 804p.

Alhasan AS, Abbas MK, Al-Ameri M and Al-Ameri DT. 2020. Growth and Yield Response of Basil (*Ocimum basilicum* L.) to Different Rates of Urea Fertilizer under Field Conditions. Earth and Environmental Science, 553: 12044.

Amani Machiani M, Rezaei-Chiyaneh E, Javanmard A, Maggi F and Morshedloo MR. 2019. Evaluation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed yield and quali-quantitative production of the essential oils from fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) in intercropping system under humic acid application. Journal of Cleaner Production, 235: 112-122.

Amani Machiani M, Javanmard A, Morshedloo MR, Aghaee A and Maggi, F. 2021. *Funneliformis mosseae* inoculation under water deficit stress improves the yield and phytochemical characteristics of thyme in intercropping with soybean. Scientific Repots, 11: 15279.

Asgarzadeh H, Mosaddeghi MR, Dexter AR, Mahboubi AA and Neyshabouri MR. 2014. Determination of soil available water for plants: Consistency between laboratory and field measurements. Geoderma, 227: 8-20.

Bahreininejad B, Razmjoo J and Mirza M. 2013. Influence of water stress on morpho-physiological and phytochemical traits in *Thymus daenensis*. International Journal of Plant Production, 7(1): 151-166.

Biglari T, Maleksaeidi H, Eskandari F and Jalali M. 2019. Livestock insurance as a mechanism for household resilience of livestock herders to climate change: Evidence from Iran. Land use policy, 87: 1-9.

De Andrade SAL, Domingues AP and Mazzafera P. 2015. Photosynthesis is induced in rice plants that associate with arbuscular mycorrhizal fungi and are grown under arsenate and arsenite stress. Chemosphere, 134:141–149

El-Azab M. 2016. Effects of Foliar NPK Spraying with Micronutrients on Yield and Quality of Cowpea Plants. Asian Journal of Applied Science, 4(2): 526-533.

El-Euch SK, Hassine DB, Cazaux S, Bouzouita N and Bouajila J. 2019. *Salvia officinalis* essential oil: Chemical analysis and evaluation of anti-enzymatic and antioxidant bioactivities. South African Journal of Botany, 120: 253-260.

Emami Bistgani Z, Siadat SA, Bakhshandeh A, Ghasemi Pirbalouti A and Hashemi M. 2017. Interactive effects of drought stress and chitosan application on physiological characteristics and essential oil yield of *Thymus daenensis* Celak. Crop Journal, 5(5): 407-415.

Farahani HA, Valadabadi SA, Daneshian J and Khalvati MA. 2009. Evaluation changing of essential oil of balm (*Melissa officinalis* L.) under water deficit stress conditions. Journal of Medicinal Plant Research, 3: 329-333.

Farahpour MR, Pirkhezr E, Ashrafian A and Sonboli A. 2020. Accelerated healing by topical administration of Salvia officinalis essential oil on Pseudomonas aeruginosa and Staphylococcus aureus infected wound model. Biomedicine and Pharmacotherapy, 128: 110120.

Gao S, Wang Y, Yu S, Huang Y, Liu H, Chen W and He X. 2020. Effects of drought stress on growth, physiology and secondary metabolites of Two Adonis species in Northeast China. Scientia Horticulturae, 259: 108795.

Ghaemi M, Zare Z and Nasiri Y. 2019. Effect of Drought Stress on Some Morphological Characteristics and Essential Oil Production Levels of *Ocimum basilicum* in Different Stages of Growth and Development. Developmental Biology, 11(1): 15-26.

Govahi M, Ghalavand A, Nadjafi F and Sorooshzadeh A. 2015. Comparing different soil fertility systems in Sage (*Salvia officinalis*) under water deficiency. Industrial Crops and Products, 74: 20-27.

Hendawy SF, Hussein MS, El-Gohary AE and Ibrahim ME. 2015. Effect of Foliar Organic Fertilization on the Growth, Yield and Oil Content of *Mentha piperita* var. citrata. Asian Journal of Agricultural Research, 9: 237-248.

Khalid A. 2012. Effect of NP and foliar spray on growth and chemical compositions of some medicinal Apiaceae plants grow in arid regions in Egypt. Journal of soil science and plant nutrition, 12(3): 581-596.

Khorasaninejad S, Soltanloo H, Ramezanpour S, Hadian J and Atashi S. 2015. The effect of drought stress on the growth, essential oil yield and chemical composition of Lavender. Journal of Crops Improvement, 17(4): 979-988.

Lafmejani ZN, Jafari AA, Moradi P and Moghadam AL. 2018. Impact of Foliar Application of Iron-chelate and Iron Nano Particles on Some Morpho-physiological Traits and essential Oil Composition of Peppermint (*Mentha piperita* L.). Journal of Essential Oil Bearing Plants, 21: 1374–1384.

Lizarazo CI, Lampi AM and Mäkelä PSA. 2021. Can foliar-applied nutrients improve caraway (*Carum carvi* L.) seed oil composition? Industrial Crops and Products, 170: 113793.

Majeed K and Ali Sabah A. 2014. Effect of Foliar Application of NPK on Some Growth Characters of Two Cultivars of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). American Journal of Plant Physiology, 6: 220-227.

Manavalan LP, Guttikonda SK, Phan Tran LS and Nguyen HT. 2009. Physiological and molecular approaches to improve drought resistance in soybean. Plant and Cell Physiology, 50(7), 1260–1276.

Mohammadi H, Amirikia F, Ghorbanpour M, Fatehi F and Hashempour H. 2019. Salicylic acid induced changes in physiological traits and essential oil constituents in different ecotypes of *Thymus kotschyanus* and *Thymus vulgaris* under well-watered and water stress conditions. Industrial Crops and Products, 129: 561-574.

Morshedloo MR, Maggi F, Neko HT and Aghdam MS. 2018. Sumac (*Rhus coriaria* L.) fruit: Essential oil variability in Iranian populations. Industrial Crops and Products, 11: 1-7.

Okunlola GO, Olatunji OA, Akinwale RO, Tariq A and Adelusi AA. 2017. Physiological response of the three most cultivated pepper species (*Capsicum* spp.) in Africa to drought stress imposed at three stages of growth and development. Scientia Horticulturae, 224: 198-205.

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.

Ostadi A, Javanmard A, Amani Machiani M, Sadeghpour A, Maggi F, Nouraein M, Morshedloo MR, Hano C and Lorenzo JM. 2022. Co-Application of TiO_2 Nanoparticles and Arbuscular Mycorrhizal Fungi Improves Essential Oil Quantity and Quality of Sage (*Salvia officinalis* L.) in Drought Stress Conditions. Plants, 11(13): 1659-1681.

Ostadi A, Javanmard A, Machiani MA, Morshedloo MR, Nouraein M, Rasouli F and Maggi F. 2020. Effect of different fertilizer sources and harvesting time on the growth characteristics, nutrient uptakes, essential oil productivity and composition of *Mentha x piperita* L. Industrial Crops and Products, 148: 112290.

Saharkhiz MJ, Estahbanati MN, Rezaei M, Tafazoli E and Delavar H. 2012. Foliar Application of Diammonium Phosphate Increases Essential Oil Content and Changes its Compositions in Mexican Marigold (*Tagetes minuta* L.). Journal of Essential Oil Bearing Plants, 15: 244–249.

Weisany W, Raei Y, Salmasi SZ, Sohrabi Y and Ghassemi-Golezani K. 2016. Arbuscular mycorrhizal fungi induced changes in rhizosphere, essential oil and mineral nutrients uptake in dill/common bean intercropping system. Annals of Applied Biology, 169(3): 384-397.

Yadegari M. 2017. Effects of Zn, Fe, Mn and Cu Foliar Application on Essential Oils and Morpho-Physiological Traits of Lemon Balm (*Melissa Officinalis* L.). Journal of Essential Oil Bearing Plants, 20: 485–495.

Yildirim E, Guvenc I, Turan M and Karatas A. 2007. Effect of foliar urea application on quality, growth, mineral uptake and yield of broccoli (*Brassica oleracea* L., var. italica). Plant, Soil and Environments, 53: 120-128.