Journal of
Plant Environmental Physiology
Print ISSN: 2423-7671
Online ISSN: 2783-4689
Phycological Society of Iran

# Effects of some biological and chemical fertilizers on morphophysiological characters and essential oil in *Salvia syriaca* L. in drought stress

**Mehrab Yadegari**[1*]

[1] Medicinal, Spice and Aromatic Plants Research Center, Shahrekord Branch, Islamic Azad University, Shahrekord, Iran, Email: MedicinalPlant ResearchCenter@iaushk.ac.ir

**Article type:**
Research article

**Article history**
Received:20.07.2023
Revised: 21.11.2023
Accepted: 03.12.2023
Published:22.09.2024

**Keywords**
Complete fertilizer
drought stress
essential oil
*Salvia*
sheep manure

**Abstract**

Biological and chemical fertilizers have important effectiveness in growth and development of plants, and consumption of this fertilizers made increasing in quantitative and qualitative production in plants. In this study, the effects of biological fertilizers such as Botamisol, Humic acid, horse manure, sheep manure, cow manure, poultry manure, vermicompost and complete chemical NPK with two control (water foliar application and without any foliar application) and three levels of drought stress (Field Capacity, 50% and 75% loss of gravitational water) on morpho-physiological characters and content/composition of essential oil of *Salvia syriaca* L. were investigated. This research was performed in randomized complete block design in factorial layout with 3 replication. From fifteen essential oil components, the most components were 1, 8 cineole, cis-thujone, trans- thujone, camphor (oxygenated monoterpenoides). Cis-thujone (30.3-29.5 %) had the most amount in essential oil components. Treatments of vermicompost, poultry manure and complete chemical NPK in Field Capacity made the most height of plant (48.8-49.4 cm), number of stem (20.1-19.5), total chlorophyll (2.42-2.55 mg.g $FW^{-1}$), RWC (69.2-67.8) and content of essential oil (1.4-1.55%). Compositions of sesquiterpene hydrocarbons such as caryophyllene, alpha humulene and manool increased in drought stress. Suggest to obtain the most quality of essential oil in Salvia such as important components (cis-thujone and camphor) in same condition, use the poultry manure and complete chemical fertilizers.

**Cite this article as:** Yadegari, M. (2024). Effects of some biological and chemical fertilizers on morphophysiological characters and essential oil in *Salvia syriaca* L. in drought stress. *Journal of Plant Environmental Physiology*, 19(3): 21-44.

©The author(s)
Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch
Doi: https://doi.org/10.71890/iper.2024.984465

فیزیولوژی محیطی گیاهی
شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۷۶۷۱
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۴۶۸۹
PSI
انجمن جلبک شناسی ایران
Phycological Society of Iran
دانشگاه آزاد اسلامی
واحد گرگان

# اثرات برخی کودهای زیستی و شیمیایی بر صفات مورفوفیزیولوژیکی و اسانس گیاه دارویی مریم‌گلی سوری (*Salvia syriaca* L.) تحت تنش خشکی

**مهراب یادگاری**[1*]

۱ مرکز تحقیقات گیاهان دارویی ادویه‌ای و عطری، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران،

رایانامه: MedicinalPlantsResearchCenter@iaushk.ac.ir

**نوع مقاله:**
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۲/۰٤/۲۹
تاریخ بازنگری: ۱٤۰۲/۰۸/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۲/۰۹/۱۳
تاریخ چاپ: ۱٤۰۳/۰۷/۰۱

***واژه‌های کلیدی:***
اسانس
تنش خشکی
کود کامل
کود مرغی
مریم گلی سوری

**چکیده**

کودهای زیستی و شیمیایی، نقش حیاتی در مراحل رشد و نمو گیاهان ایفا می‌کنند و کاربرد آن‌ها می‌تواند باعث افزایش رشد و تولید کمی و کیفی گیاهان شود. در تحقیق حاضر تأثیر کودهای زیستی (بوتامیسول، اسید هیومیک، کودهای اسبی، گوسفندی، گاوی، مرغی، ورمی‌کمپوست) و کامل شیمیاییNPK همراه دو سطح شاهد (مثبت: آب‌پاشی و منفی: بدون هرگونه پاشش) تحت تنش خشکی در سه سطح ظرفیت مزرعه، ۵۰ درصد و ۷۵ درصد تخلیه رطوبتی بر صفات مورفوفیزیولوژیکی و اسانس مریم گلی سوری (*Salvia syriaca* L.) مورد بررسی قرار گرفت. این پژوهش در طی دو سال، به صورت فاکتوریل دو عامل (کود و تنش خشکی) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. از بین ۱۵ ترکیب شناسایی شده اسانس، بیشترین اجزا، ۱و۸ سینئول، سیس توژان، ترانس توزان، کامفور (مونوترپن‌های اکسیژنه) بودند. در بین اجزای اسانس، مادهٔ مؤثرهٔ سیس توژان (۳۰/۳-۲۹/۵ درصد) بیشترین میزان را به خود اختصاص داد. در دو سال انجام این پژوهش بالاترین مقادیر ارتفاع بوته (٤۸/۸-٤۹/٤ سانتی‌متر)، تعدادشاخه فرعی (۲۰/۱-۱۹/۵)، کلروفیل‌کل (۲/٤۲-۲/۵۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، محتوای نسبی آب برگ (۶۹/۲-۶۷/۸) و اسانس (۱/٤-۱/۵۵ درصد) توسط تیمارهای کود کامل، کود مرغی و ورمی‌کمپوست در سطح رطوبتی ظرفیت مزرعه بدست آمد. ترکیبات سزکویی ترپن اسانس (کاریوفیلن، آلفاهومولن و مانول) در زمان تنش خشکی افزایش یافتند. پیشنهاد می‌شود برای حصول بالاترین ترکیب کیفی اسانس مریم گلی سوری یعنی دو ترکیب سیس توژان و کامفور تحت شرایط مشابه، از تیمارهای کود کامل و یا کود مرغی استفاده گردد.

**استناد:** یادگاری، مهراب (۱٤۰۳). اثرات برخی کودهای زیستی و شیمیایی بر صفات مورفوفیزیولوژیکی و اسانس گیاه دارویی مریم‌گلی سوری (*Salvia syriaca* L.) تحت تنش خشکی. *فیزیولوژی محیطی گیاهی*، ۱۹(۳)، ٤٤-۲۱.

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
Doi: https://doi.org/10.71890/iper.2024.984465
© نویسندگان.

**مقدمه**

از جمله عوامل مؤثر بر ترکیبات ثانویه گیاهان دارویی موارد ژنتیکی، محیطی و برهمکنش بین آنهاست. مواد مغذی و آبیاری نقش مؤثری در کمیت و کیفیت اسانس دارند. نیتروژن، فسفر و پتاسیم به عنوان عناصر پرمصرف، نقش بسیار مهم در رشد و تولید گیاهان ایفا می‌نمایند (Marschner, 1997). در راستای ایجاد و توسعه کشاورزی پایدار، کودهای زیستی باعث بهبود حاصل‌خیزی خاک، رشد گیاه و کاهش تخریب محیط‌زیست می‌شوند. این کودها حاوی سلول‌های زنده از انواع مختلف میکروارگانیسم‌ها هستند که قابلیت تبدیل عناصر مهم غذایی را از فرم غیرقابل دسترس به فرم قابل‌دسترس از طریق فرآیندهای زیستی دارند. کودهای زیستی علاوه بر افزایش عناصر معدنی خاک از طریق تثبیت زیستی نیتروژن، باعث بهبود فراهمی نیتروژن و پتاسیم، کنترل عوامل بیماری‌زا، باروری خاک، افزایش کلوییدهای مؤثر در تشکیل خاک‌دانه‌ها و بیشتر شدن رشد و نمو گیاه، می‌شوند (Hamedi et al., 2022; Rostaei et al., 2018).

اسید هیومیک، ماده‌ایی طبیعی است که محصول ثانویه گیاه‌خاک‌سازی یا همان فرآیند تولید دوباره خاک‌گیاه است. اسید هیومیک باعث بهبود ساختار خاک شده و با تیره کردن خاک، جذب انرژی خورشید را افزایش می‌دهد (Doskočil et al., 2018). محلول‌پاشی اسید هیومیک منجر به اثرات افزایشی در مقادیر کلروفیل کل، میزان اسانس و ترکیبات مؤثره اسانس گونه‌های مرزه (*Satureja*) و آویشن (*Thymus*) (Yadegari, 2022 a, b)، فعالیت آنزیم‌های کاتالازی و میزان اسانس درگل همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) (Asgarian et al., 2021) و گل محمدی (*Rosa damascene* Mill.) (Shahsavari et al., 2019)، شده است.

کود زیستی دیگر بوتامیسول است که حاوی ٤٥ ٪ اسید آمینه آزاد است که از هیدرولیز آنزیمی گیاهان بدست آمده است. دارای درصد بالایی از اسید آمینه پرولین است که در هنگام تنش‌های محیطی باعث افزایش توان مقاومت گیاه به تنش‌های خشکی، گرما، سرما، یخبندان و سمیت سموم می‌شود. اسیدهای آمینه منجر به بهبود صفات مورفولوژیکی نعناع فلفلی (*Mentha piperita*) (Asadi et al., 2018)؛ گونه‌های مرزه (*Satureja*) و آویشن (*Thymus*) (Mohammadi et al., 2021; Yadegari, 2022a) می‌شوند.

ورمی‌کمپوست یک منبع ارگانیک است که ظرفیت رطوبتی خاک را حمایت می‌کند و جذب مواد غذایی خاک را افزایش می‌دهد. همچنین توانایی نگهداری آب را بهبود می‌دهد و موجب افزایش فعالیت باکتریایی در خاک می‌گردد. ورمی‌کمپوست علاوه بر عناصر پرمصرف مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم که در فعالیت‌های حیاتی گیاه نقش اساسی دارند حاوی عناصر ریزمغذی مانند آهن، مس، روی و منگنز نیز هست. علاوه بر این با داشتن موادی مانند B12 و اکسین، به عنوان محرک رشد گیاه عمل می‌نمایند (Alizadeh et al., 2018; Hamedi et al., 2022).

کود مرغی یکی دیگر از انواع کودهای دامی و منبع ماده آلی مهم برای تقویت انواع خاک‌هاست. این کود علاوه بر داشتن مواد مغذی یکی از کودهای ارزان قیمت در مقایسه با کودهای متداول در تولید گیاهان زراعی بوده و از نظر داشتن نیتروژن نسبت به سایر کودهای دامی غنی‌تر است (Nejatzadeh, 2020). در گیاه دارویی بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) تیمار با ورمی‌کمپوست، بیشترین درصد اسانس و صفات مورفولوژیکی (Yadegari, 2021; Zarrabi et al., 2017) را تولید نمود.

در گزارشاتی نقش مفید کاربرد کودهای زیستی بر گیاهان دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis* L.)

(Aghaei et al., 2019)، بادرشبویه (*Dracocephalum moldavica*)(Nejatzadeh, 2020) و گل‌محمدی (*Rosa damascena* Mill.) (Hamedi et al., 2022) بیان گردیده است که به نظر می‌رسد بدلیل اثرگذاری بهتر برجذب مواد غذایی و تولید بیشتر میزان کلروفیل گیاهی باشد. مصرف مداوم کودهای حیوانی سبب تعدیل اسیدیته خاک می‌شود و ضمن بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، حلالیت برخی عناصر غذایی به ویژه فسفر و عناصر کم مصرف را درخاک افزایش می‌دهد. باید در نظر داشت که برتری یا کارکرد کودهای زیستی در مراحل مختلف فنولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه، صرف‌نظر ازنتیجه کلی، می‌تواند بسته به شرایط محیطی متفاوت باشد (Hamedi et al., 2022, Rostaei et al., 2018).

باتوجه به قرار گرفتن ایران در منطقه خشک و نیمه خشک، تنش آب یکی از مسائل محدودکننده رشد و نمو گیاهان می‌باشد. خشکی منجر به افزایش مقادیر اسانس گیاه ترخون (*Artemisia dracunculus* L.) (Mumivand, et al.,2021)، اسانس و ماده مؤثره تیمول آویشن دنایی (*T. daenensis* L.)، مالون دی آلدئید و کل فنول همیشه بهار مکزیکی (*Tagetes minuta* L.) (Babaei et al., 2021)، راندمان مصرف آب، میزان پرولین و اسیدهای فنولیک *Lolium multiflorum* و *Festuca arundinacea* (Fariaszewska, et al., 2020)؛ کاهش پتانسیل آب برگ و فتوسنتز خالصدر مریم گلی (*Salvia dolomitica*) (Caser et al., 2019)؛ افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز دیسموتاز و پرولین در گیاه سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) (Hayati et al., 2021)، آنزیم آسکوربات پراکسیداز، گایاکول پراکسیداز در گیاه بادرشبویه (*Dracocephalum moldavica*) (Ghanbarzadeh et al., 2019; Alaei, 2019). می‌شود. گیاهان تحت تنش خشکی تولید متابولیت‌هایی می‌نمایند که از آن‌ها در مقابل رادیکال‌های آزاد از جمله اکسیژن رادیکال، محافظت نموده و از کاهش فتوسنتز جلوگیری می‌نمایند (Albergaria et al., 2020).

مریم گلی سوری (*Salvia syriaca* L.) یکی از گیاهان دارویی مهم تیره نعناع است. ۵۸ گونه از جنس Salvia به‌صورت گیاه علفی یکساله و چندساله در نقاط مختلف ایران شناسایی شده است و ۱۷گونه آن انحصاری ایران می‌باشد. تعدادی از گونه‌های مریم‌گلی حاوی مونوترپن‌هایی با خاصیت ضدعفونی‌کننده هستند. گونه‌های این جنس به‌عنوان ضدباکتری، ضدمیکروب، ضد دیابت و آنتی اکسیدان به کار می‌روند (Mozaffarian, 2008). مقدار اسانس به دست آمده از گیاهان بدون گل به‌طور قابل توجهی بالاتر از مقدار آن در گیاهان گل‌دار در گونه *S.officinalis* بوده است (Yadegari, 2014). میزان اسانس برگ‌های *S. sclarea* ناچیز بوده و ترکیب اسانس این گیاه در دو وضعیت طبیعی و پرورشی متفاوت است، به نحوی که مقدار ۱، ۸- سینئول در برگ‌های نمونه پرورشی و طبیعی به ترتیب ۱/۵و۲/۳ درصد گزارش شده است (Javidnia and Miri, 2003). برای بدست آوردن مقدار بیشتری از اسپاتولنول، آلفا- پینن و ۱، ۸- سینئول بهتر است در مرحله زایشی و تولید گل‌ها برداشت گیاه، صورت گیرد. بتا-کاریوفیلن در اسانس ساختارهای هوایی *S. syriaca* مشاهده نشد، درحالی‌که این ماده در گیاه *S. reuterana* بیشترین درصد مواد مؤثره اسانس حاصل از ساختارهای هوایی به ویژه گل‌ها را تشکیل داد (Javidnia and Miri, 2003).

در پژوهش حاضر با استفاده از کودهای زیستی و شیمیایی بر گیاه دارویی مریم گلی سوری به بررسی تأثیرگذاری این کودها بر کمیت و کیفیت اسانس و برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی تحت شرایط تنش

خشکی در این گیاه پرداخته شد تا بتوان مناسب‌ترین نوع کود را در راستای کشاورزی پایدار و تولید بیشتر در شرایط تنش خشکی به کشاورزان ارائه نمود.

## مواد و روش‌ها

**طرح تحقیق:** کودهای زیستی (بوتامیسول(A)، اسید هیومیک(B)، کودهای اسبی(C)، گوسفندی(D)، گاوی(E)، مرغی(F)، ورمی‌کمپوست(G))، کامل شیمیایی NPK (H) همراه دو سطح شاهد (مثبت: آب‌پاشی (I) و منفی: بدون هرگونه پاشش(J )) تحت تنش خشکی در سه سطح ظرفیت مزرعه (K1)، ۵۰ درصد (K2) و ۷۵ درصد تخلیه رطوبتی (K3) (در مجموع ۳۰ تیمار) بر گیاه دارویی مریم گلی سوری (*Salvia syriaca* L.) مورد بررسی قرار گرفتند. این پژوهش طی دو سال، به صورت فاکتوریل دو عامل (کود و تنش خشکی) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. نشاءهای ٤-٦ برگی گونه‌های مختلف مرزه از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد و در تاریخ ۲۰ اردیبهشت ماه در سال نخست و ٢٤ اردیبهشت در سال دوم کاشت شدند و بلافاصله آبیاری انجام شد. فاصله بین ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. کرت‌ها شامل ٦ ردیف به طول ٦ متر بود که ۲ ردیف کناری به عنوان اثرات حاشیه‌ای در زمان برداشت حذف گردیدند. مشخصات اقلیمی منطقه و خصوصیات خاک محل تحقیق به ترتیب در جداول ۱ و ۲ آمده است. صفات مورد برآورد در این تحقیق شامل کمیت و کیفیت اسانس، صفات مورفولوژیکی (ارتفاع گیاه، تعداد شاخه فرعی و میزان ماده خشک گیاه) و صفات فیزیولوژیکی (محتوای نسبی آب برگ، میزان اسید آمینه پرولین و میزان کلروفیل کل)، بود.

**جدول ۱:** مشخصات جغرافیایی و اقلیمی منطقه مورد تحقیق

| | |
|---|---|
| عرض جغرافیایی | ۳۲/۳٤ شمالی |
| طول جغرافیایی | ۵۰/۳۰ شرقی |
| ارتفاع از سطح دریا | ۲۰٦۰ |
| پوشش گیاهی | استپی |
| حداقل مطلق دما | ۱/۸ – درجهٔ سانتی‌گراد |
| حداکثر مطلق دما | ۲۳/۹ درجهٔ سانتی‌گراد |
| میانگین دمای روزانه | ۱۱/۷ درجهٔ سانتی‌گراد |
| متوسط بارندگی سالانه | ۳٤۲/۷ میلی‌متر |
| متوسط رطوبت نسبی | ٤٦ درصد |
| تعداد روزهای یخبندان | ۱۱۲روز |
| میانگین ساعات آفتابی سالانه | ۲۸۷۹ ساعت |

**جدول ۲:** خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل تحقیق

| سال | بافت | هدایت الکتریکی | موادخنثی | کربن‌آلی | نیتروژن | اسیدیته | پتاسیم | فسفر | روی | منگنز | آهن | مس |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | خاک | دسی‌زیمنس\متر | درصد | | | میلی‌گرم در کیلوگرم | | | | | | |
| ۱٤۰۱ | لوم | ۰/۹۱ | ۳۰/۵ | ۰/۹۱ | ۰/۸۷ | ۷/۸ | ۱٦۹ | ٤/۵ | ۰/٦۸ | ۳/۱٦ | ۳/۹۸ | ۰/۹۸ |
| ۱٤۰۲ | لوم | ۰/۹۲ | ۲۹/۹ | ۰/۸۸ | ۰/۸۱ | ۷/۸۸ | ۱۷۲ | ٤/۸ | ۰/۷۲ | ۳/۲۳ | ۳/٦٤ | ۰/۸٦ |

**مشخصات تیمارها:** هر کدام از کودهای دامی(گوسفندی، گاوی، اسبی و مرغی) طبق توصیه کارخانه سازنده به میزان ۲۰ تن در هکتار و کود ورمی‌کمپوست به میزان ۳۰ تن در هکتار در ابتدای بهار هر سال از طریق استفاده در سطح بستر مورد استفاده قرار گرفتند. با توجه به توصیه شرکت‌های سازنده، ۱/۵ گرم از کود کامل یوروسالید NPK (۲۰-۲۰-۲۰) در یک لیتر آب؛ جهت تیمار اسید هیومیک (دایموند گرو محصول شرکت سولوشنز آمریکا)، یک گرم در یک لیتر آب و جهت تهیه تیمار کود بوتامیسول، ۲۰ گرم در ۲۰ لیتر آب، حل شد. در هر دو سال آزمایش، قبل از گلدهی، با استفاده از دستگاه مه‌پاش با دست، هر چهار روز یک بار روی برگ‌ها، در سه نوبت، قبل از طلوع آفتاب، محلول‌پاشی تیمارهای بوتامیسول و اسید هیومیک انجام شد. مشخصات کودهای مورد استفاده در جدول ۳ آمده است.

جدول۳: خصوصیات کودهای مورد استفاده

| نام کود | ترکیبات |
|---|---|
| بوتامیسول (A) | ٤٥ ٪ کل اسیدهای آمینه، ۱۸ ٪ اسیدهای آمینه آزاد، ۸ ٪ نیتروژن کل |
| اسید هیومیک (B) | ۷۳ ٪ هیومات پتاسیم، ۱۵ ٪ اسید فولیک، ۱۲ ٪ اکسید پتاسیم |

ادامه جدول۳ : ویژگی‌های کودهای مورد استفاده

| خصوصیت | واحد | کود اسبی (C) | کود گوسفندی (D) | کود گاوی (E) | کود مرغی (F) | ورمی‌کمپوست (G) | کود کامل (H) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| اسیدیته | – | ۷/۲ | ۷/۹ | ۷/۹۲ | ٦/۷۱ | ۷/۹ | ٥/۱ |
| هدایت‌الکتریکی | دسی زیمنس بر متر | ٤/٤۲ | ۱/۹۸ | ٤/۳۸ | ٤/۷٥ | ٥/۲ | ۰/۹۱٤ |
| کربن آلی | درصد | ۱۸/٥ | ۱۹/٥ | ۱۷/٥ | ۳۱/۲ | ۲۰/۱ | – |
| نیتروژن | درصد | ۲/۷۲ | ۲/۳۲ | ۲/٦٤ | ٤/٥ | ٤/٥۱ | ۲۰ |
| فسفر | درصد | ۰/٤۸ | ۰/٥٦ | ۰/٥۹ | ۱/۷۱ | ۱/٥۸ | ۲۰ |
| پتاسیم | درصد | ۰/۹۸ | ۰/٦۳ | ۰/۹۸ | ۱/۲٥ | ۱/٥۱ | ۲۰ |
| آهن | میلی‌گرم در کیلوگرم | ۲۲۱٤ | ۱۷۱۸ | ۳۸۱۲ | ۱٤۷٥ | ۲۸۲۰ | ٥۰۰۰۰ |
| روی | میلی‌گرم در کیلوگرم | ۱۱٥/٥ | ۲۰٦ | ۱۲۰/٤ | ٤۲٥/۳ | ۱۹۸/۱ | ۲۰۰۰۰ |
| مس | میلی‌گرم در کیلوگرم | ۳۳/۳ | ٥۱/۷۲ | ۲۸/۱۲ | ۱۱۷ | ۸۸/۸ | – |
| منگنز | میلی‌گرم در کیلوگرم | ۲۸۹/۸ | ۲۲۰ | ۳۳۱ | ٤۹۳/۲ | ۳۹٦ | ۲۰۰۰۰ |

**درصد رطوبت خاک**: جهت برآورد رطوبت خاک، تا عمق توسعه ریشه، نمونه‌برداری درون قوطی‌های آلومینیومی دربدار، پس از رسیدن مجموع میزان تبخیر روزانه به عدد ۹۰ میلی‌متر، انجام شد و در آون الکتریکی با درجه حرارت ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ٤۸ ساعت قرار داده و بر طبق روش معمول، درصد رطوبت خاک بر مبنای وزن خشک محاسبه شد. بدین وسیله بعد از تعیین میزان رطوبت خاک تیمار مورد نظر، مقدار آب لازم آبیاری مربوط به آن تیمار محاسبه و کمبود رطوبت تا ظرفیت مزرعه جایگزین گردید.

**محتوای نسبی آب برگ:** برای برآورد محتوای نسبی آب برگ، ۰/۵ گرم از جوان‌ترین برگ توسعه یافته هر گیاه (FW) جدا کرده و سپس نمونه‌ها به مدت ۲٤ ساعت در آب مقطر شناور گردیدند. پس از گذشت این مدت، وزن اشباع برگ با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ برآورد گردید (TW). سپس برگ‌ها به مدت ۲٤ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و بعد از گذشت این مدت وزن خشک برگ‌ها با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ برآورد گردید (DW). در نهایت محتوای آب نسبی با استفاده از معادله زیر محاسبه گردید (Arnon, 1975):

% R.W.C= (FW-DW) / (TW-DW)

**کلروفیل کل:** برای اندازه‌گیری کلروفیل کل، ۰/۱۲۵ گرم بافت برگ تازه با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ ٪ و ۰/۱ گرم کربنات کلسیم (برای خنثی نمودن حالت اسیدی مایع درون سلولی و ممانعت از تخریب کلروفیل) در یک هاون چینی ساییده شد تا به‌صورت توده یکنواختی درآمد. این عمل در نور کم و محیط خنک انجام شد. پس از سانتریفیوژ کردن عصاره حاصل، محلول رویی برداشته شد و جذب نور توسط آن در طول موج‌های ٦٦۳ نانومتر (حداکثر جذب نور کلروفیل a) و ٦٤٥ نانومتر (حداکثر جذب نور کلروفیل b) توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل CARY-100 ساخت واریان استرالیا) و با استفاده از استون ۸۰ ٪ به‌عنوان محلول مرجع قرائت گردید

(Chl total (mg.Kg Fw-1) = (20.21 × A645) + (8.02 × A663) :(Dere et al., 1998)

**اسید آمینه پرولین:** جهت تعیین میزان اسید آمینه پرولین، ابتدا ۰/۳ گرم از بافت برگ تازه با ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک ۳ ٪ (وزن به حجم) در هاون چینی ساییده شد. سپس نمونه ساییده شده درون لوله آزمایش ریخته و به مدت دو دقیقه به‌شدت تکان داده شد. بدین ترتیب، دو فاز جامد و مایع نمونه‌ها به‌دقت تفکیک گردید. پس از خنک کردن نمونه‌ها در آب یخ، ٤ میلی‌لیتر تولوئن به هر نمونه اضافه و کاملاً تکان داده شد تا پرولین وارد فاز تولوئن گردد. نهایتاً میزان جذب نور فاز بالایی نمونه‌ها به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۵ نانومتر و با استفاده از تولوئن به‌عنوان محلول مرجع تعیین گردید. در رابطه ذیل، عدد ۱۱۵/۵ وزن مولکولی پرولین می‌باشد (Bates et al., 1973):

پرولین برگ (میکرومول در میلی‌گرم وزن تر)=۱۱۵/۵ (میکروگرم در میکرومول)/ حجم عصاره (میلی‌لیتر)× پرولین عصاره (میکروگرم در میلی‌لیتر) × وزن نمونه (گرم)/۵

**برآورد میزان فعالیت آنتی اکسیدانی:** برای سنجش میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی از برآورد پتانسیل مهارکنندگی رادیکال آزاد DPPH۱ استفاده گردید (Stojicevic et al., 2008). محلول متانولی با غلظت‌های مختلف ۰/۲، ۰/٤، ۰/٦، ۰/۸ و ۱ میلی‌گرم در میلی‌لیتر از عصاره تهیه شد. ۲/۵ میلی‌لیتر از این عصاره با یک میلی‌لیتر محلول متانولی DPPH با غلظت ٤-۱۰×۰/۳ مولار مخلوط شد و پس از هم‌زدن، به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق و در تاریکی قرار داده شدند. جذب مخلوط واکنش در ۵۱۷ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر Perkin Elmer مدل UV/Visible Lambda45 اندازه‌گیری شد و جذب نمونه (As) به‌دست آمد. سپس جذب محلول DPPH با غلظت فوق در طول موج مذکور به‌دست آمد (Ac). همین عمل با محلول عصاره به طور جداگانه انجام شد و مقدار جذب آن به‌دست آمد (Ab). نمونه‌ها در ۳ تکرار بررسی شدند. سپس درصد فعالیت مهارکنندگی DPPH عصاره با استفاده از فرمول مقابل محاسبه شد:

DPPH=100[1-(As-Ab)/Ac]

1- 1,1-Di Phenyl-2-Picryl Hydrazyl

**اسانس‌گیری**: برداشت، پس‌از گل‌دهی صورت گرفت. به منظور محافظت نوری نمونه‌ها و حداقل آسیب به کیفیت اسانس، ساختارهای هوایی در پاکت‌های کاغذی جمع آوری شدند. به روش هوای آزاد در سایه با دمای معمولی ۳۰-۲۵ درجه سانتی‌گراد، کاملاً خشک شدند. بعد از خشک شدن ساختارهای هوایی، اقدام به خرد کردن اندام‌های گیاهی گردید. سپس مقدار ۳۰۰ گرم از هر نمونه با ترازوی دیجیتالی مدل Sartorius ساخت کشور آلمان با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شد. اسانس‌گیری به روش تقطیر با آب، در دستگاه کلونجر (بروسیلیکات آلمانی ساخت شیشه آلات ایران) و براساس درصد وزنی، صورت گرفت که برای هر نمونه مدت دو ساعت به طول انجامید. اسانس گیاهان مورد نظر پس از آماده‌سازی، جهت شناسایی ترکیبات به دستگاه GC/MS (مدل7890A/5975C ساخت اجیلنت آمریکا) مجهز به ستون موئینه HP-5MS به طول ۳۰ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میکرون با محدوده دمایی آون ستون از ٦۰ تا ۲٤۰ درجه سانتی‌گراد تزریق گردید. شناسایی طیف‌ها به کمک شاخص بازداری آن‌ها و مقایسه آن با شاخص‌های موجود درکتب مرجع (Adams, 2007) و با استفاده از طیف‌های جرمی ترکیبات استاندارد و استفاده از اطلاعات موجود در کتابخانه کامپیوتری (Wiley and NIST) صورت گرفت.

**روش انجام تجزیه داده‌ها**: پس از انجام آزمون همگنی واریانس‌های خطای آزمایشی (بارتلت) و مشخص شدن عدم معنی‌داری در هر دو سال، تجزیه مرکب اطلاعات برآمده از تحقیق به‌واسطه نرم‌افزار آماریSASver.9 انجام شد. مقایسات میانگین اسانس و ترکیبات اسانس از روش حداقل اختلاف معنی‌دار (L.S.D) در سطح ۱٪ انجام شد و برای اطمینان از مقادیر خطای استاندارد (SE)، به‌طور جداگانه نیز با نرم افزار Excel ver. 2013، برآورد مجدد انجام شد.

## نتایج

**اسانس و ترکیبات اسانس**: نتایج نشان داد که اثرگذاری تیمارهای آزمایشی در هر دو سال بر میزان اسانس و ترکیبات غالب آن در سطوح ($p \leq 0.01$) و ($p \leq 0.05$) معنی‌دار بود (جدول ٤). نتایج برآمده از تجزیه فیتوشیمیایی اسانس، وجود ۱۵ ترکیب در اسانس این گیاه را نشان داد. بیشترین اجزا، ۱و۸ سینئول، سیس توژان، ترانس توزان، کامفور (مونوترپن‌های اکسیژنه) بودند. در بین اجزای اسانس، مادۀ مؤثرۀ سیس توژان (۳۰/۳-۲۹/۵ درصد) بیشترین میزان را به خود اختصاص داد. ترکیبات سزکویی ترپن اسانس (کاریوفیلن، آلفاهومولن و مانول) در زمان تنش خشکی افزایش یافتند (جدول ۵). مشخص گردید که اثرگذاری تیمارهای آزمایشی بر مواد مؤثرۀ هیدروکربن‌های کربن مونوترپنه (کامفن، آلفاپینن، بتاپینن، لیمونن)، مونوترپن‌های اکسیژنه (۱و ۸ سینئول، سیس توژان، ترانس توژان، کامفور، بورنئول، بورنئول استات)، مونوترپن‌های فنول‌دار (تیموا و کارواکرول)، هیدروکربن‌های سزکویی ترپن (کاریوفیلن، آلفاهومولن و مانول) و نیز میزان اسانس، معنی‌دار بوده است. تیمار کود گوسفندی تحت تنش شدید خشکی اثر بسیار منفی در تولید بورنئول و بورنئول استات ایجاد نمود. بیشترین میزان افزایش موادمؤثره تیمول و کارواکرول در تیمار کود مرغی به دست آمد. بیشترین اثر در افزایش ماده مؤثره بورنئول استات، توسط تیمار شاهد بوجود آمد. مواد مؤثره کامفن، آلفاپینن، بتاپینن و لیمونن تحت تیمارهای اسید هیومیک و بوتامیسول در هر دو سال تحقیق به‌طور مطلوبی افزایش یافتند (جدول ۵).

**جدول ٤:** تجزیه واریانس مرکب مربعات اسانس و ترکیبات اسانس مریم گلی سوری در سال‌های اجرای تحقیق

| منبع تغییرات | درجه آزادی | کامفن | آلفاپینن | بتاپینن | لیمونن | ۱و۸سینئول | سیس توژان | ترانس توژان | کامفور |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| سال | ۱ | ۲/۲ ns | ۰/۱ ns | ۵/۸* | ٦/٤* | ۰/۱ ns | ۰/۱٤ ns | ۰/۷۲ ns | ۰/۰۰۸* |
| تکراردرسال | ٤ | ۳/۸۸* | ۰/۱۵* | ۳/۳* | ۸/٦** | ۸/۸** | ۷/۳** | ٤/۳** | ۰/۰۰٦* |
| تیمار | ۲۹ | ۷/۹** | ۰/۰۸۵* | ٤/۹** | ٦/۹** | ٤/۲** | ۷/۵** | ۰/۷۲ ns | ۰/۰۰۳* |
| خطا | ۱٤۵ | ۱/۳ | ۰/۰۵ | ۱/۱ | ۱/۸ | ۰/۰۹ | ۰/۰۸ | ۰/۵ | ۰/۰۰۲ |
| ضریب تغییرات | | ۷/٤ | ٤/٤ | ٦/۸ | ۵/۵ | ۵/۹ | ۷/۹ | ۳/۵ | ٦/٦ |

ns، * و ** به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

**ادامه جدول ٤:** تجزیه واریانس مرکب مربعات اسانس و ترکیبات اسانس مریم گلی سوری در سال‌های اجرای تحقیق

| منبع تغییرات | درجه‌آزادی | بورنئول | بورنئول‌استات | تیمول | کارواکرول | کاریوفیلن | آلفاهومولن | مانول | اسانس |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| سال | ۱ | ۳/٤ ns | ۰/۲۲ ns | ۰/۸ ** | ۰/۱ ns | ٤/۱ ns | ۲/٦ ns | ۰/۲ ** | ۰/۱ ns |
| تکرار در سال | ٤ | ۹/۸** | ۲/۹** | ٤/۹** | ۱/۸** | ۳/۹* | ۳/۹* | ۱/٤** | ۲/۸** |
| تیمار | ۲۹ | ۸/٤** | ۳/۲** | ۲/۲** | ۱/٤** | ۷/۹** | ۷/۵** | ۰/٦٤** | ۱/۷** |
| خطا | ۱٤۵ | ۱/۷ | ۰/۰۸ | ۰/۰۹ | ۰/۰۵ | ۱/٤ | ۱/٤ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰٦ |
| ضریب تغییرات | | ٦/۸ | ۸/۲ | ٦/۷ | ۲/٤ | ٦/۸ | ٤/٤ | ۸/۸ | ۵/۵ |

ns، * و ** به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

**جدول ۵:** مقایسات میانگین اسانس و ترکیبات اسانس گیاه مریم گلی سوری در سال ۱٤۰۱ تحت تیمارهای مختلف.

| ماده مؤثره | شاخص بازداری | $AK_1$ | $AK_2$ | $AK_3$ | $BK_1$ | $BK_2$ | $BK_3$ | $CK_1$ | $CK_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| کامفن | ۹۵۰ | ۱/۱ | ۰/٤٤ | ۰/۹ | ۱/۱۵ | ۰/۱۳ | ۰/۱۸ | ۰/۵٦ | ۱/۰۳ |
| آلفاپینن | ۹۵۲ | ۰/۱۷ | ۱/۱٤ | ۱/۰۲ | ۱/۲ | ۰/٤۲ | ۱/۳۲ | ۱/۳ | ۱/۲۱ |
| بتاپینن | ۹۸۰ | ۱/۱ | ۰/۳۳ | ۱/۵ | ۱/۲ | ۰/۱۱ | ۰/۰۹ | ۰/۰٤ | ۱/۱۱ |
| لیمونن | ۱۰۲۸ | ۲/۱۷ | ۱/۱۲ | ۱/۱۹ | ۱/۱٦ | ۰/۹۹ | ۰/۸۸ | ۱/۳۱ | ۱/۰۸ |
| ۱و ۸سینئول | ۱۰۳۲ | ۱۰/٤ | ۹/۵ | ۹/۲ | ۹/٤ | ۱۰/۱ | ۹/۱ | ۱۰/۱ | ۱۰/۸ |
| سیس توژان | ۱۱۱۲ | ۲۳/۱ | ۲٤/۲ | ۲۵/۳ | ۲٦/۷ | ۲۷/۸ | ۲۸/۹ | ۲۹/۳ | ۲۹/۲ |
| ترانس توژان | ۱۱۲۰ | ۸/۲ | ۸/٦ | ۹/۸ | ۹/۹ | ۱۰/۲ | ۱۰/۵ | ۱۰/۸ | ۱۰/۹ |
| کامفور | ۱۱٤۲ | ۱۸/۱ | ۱۷/۷ | ۱۷/٤ | ۱۷/۸ | ۱۸/۰۷ | ۱۸/۳ | ۱۷/۵ | ۱٦/۹ |
| بورنئول | ۱۱٦۲ | ۲/۱ | ۱/٤ | ۱/۱۲ | ۱/۲ | ۲/۰۱ | ۱/۸ | ۱/۵ | ۱/۳ |
| بورنئول استات | ۱۲۸۰ | ۱/۳۵ | ۱/۲۵ | ۱/۰۲ | ۰/۹۹ | ۲/۱ | ۲/۰۳ | ۱/۰٤ | ۱/۵۵ |
| تیمول | ۱۲۸۷ | ۱/۱ | ۰/۹۹ | ۱/۰۲ | ۰/۳۳ | ۰/۵۵ | ۰/٦۳ | ۰/۹۱ | ۱/۲۲ |
| کارواکرول | ۱۲۹٦ | ۱/۰۹ | ۱/۱ | ۱/۳۷ | ۱/۲۸ | ۰/۸۹ | ۰/۸۲ | ۰/۹۹ | ۱/۰۸ |
| کاریوفیلن | ۱٤۱۳ | ۱/۰٦ | ۰/٦۷ | ۱/۲ | ۱/۲ | ۰/۸۹ | ۰/۵۵ | ۰/٤٤ | ۱/۰۲ |
| آلفاهومولن | ۱٤٤۷ | ۱/٤٤ | ۱/۱۲ | ۲/۱ | ۱/۸ | ۱/۵ | ۲/۱۵ | ۱/۱ | ۰/۹۱ |
| مانول | ۲۰٤٤ | ۱/۸۳ | ۰/۸۹ | ۱/۱ | ۱/۲ | ۱/۱ | ۱/۸ | ۱/٤۳ | ۰/۸۵ |
| اسانس (٪) | | ۰/۷۵ | ۰/۸ | ۰/۹ | ۱/۱ | ۱/۱٤ | ۱/۲ | ۱/۳ | ۱/۱٤ |
| ماده مؤثره | شاخص بازداری | $CK_3$ | $DK_1$ | $DK_2$ | $DK_3$ | $EK_1$ | $EK_2$ | $EK_3$ | $FK_1$ |
| کامفن | ۹۵۰ | ۱/۰۸ | ۰/۵۵ | ۰/۹ | ۰/۷۷ | ۰/٤٤ | ۰/۸۸ | ۰/۹۹ | ۰/۹۷ |
| آلفاپینن | ۹۵۲ | ۰/۱۸ | ۱/۲۲ | ۱/۰۲ | ۱/۲۱ | ۰/۱۹ | ۰/٦۷ | ۱/۱٤ | ۱/۰۷ |

| ماده مؤثره | شاخص بازداری | $AK_1$ | $AK_2$ | $AK_3$ | $BK_1$ | $BK_2$ | $BK_3$ | $CK_1$ | $CK_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| بتاپینن | ۹۸۰ | ۱/۰۸ | ۰/٤٥ | ۱/۳٦ | ۱/۳٤ | ۰/۲٤ | ۰/۰۹ | ۰/۰۹ | ۰/۱ |
| لیمونن | ۱۰۲۸ | ۲/۱۱ | ۲/٤ | ۱/۱ | ۱/۰۲ | ۰/۷۷ | ۰/۸۹ | ۱/۱٤ | ۰/۹۹ |
| ۱و ۸سینئول | ۱۰۳۲ | ۸/۸ | ۹/۱ | ۹/۲ | ۹/٤ | ۱۰/۳ | ۱۰/۱ | ۹/۱ | ۱۰/۹ |
| سیس توژان | ۱۱۱۲ | ۲۳/۱ | ۲٤/۲ | ۲٥/۳ | ۲۷/۷ | ۲۸/۸ | ۲۹/۹ | ۲۸/۳ | ۲۹/۲ |
| ترانس توژان | ۱۱۲۰ | ۸/٤ | ۸/۹ | ۹/۱ | ۹/٤ | ۱۰/۹ | ۱۰/۳ | ۱۰/۱ | ۱۱/۱ |
| کامفور | ۱۱٤۲ | ۱٦/۰٥ | ۱۷/۹ | ۱۷/٤ | ۱۷/۱۲ | ۱۸/۱ | ۱۷/۳ | ۱۷/٥ | ۱۷/۹ |
| بورنئول | ۱۱٦۲ | ۱/۸۲ | ۱/٤ | ۱/۳۲ | ۱/۲ | ۱/٤٤ | ۱/۳۲ | ۱/٥ | ۱/۳ |
| بورنئول استات | ۱۲۸۰ | ۱/٦٦ | ۱/۷۱ | ۱/۳۹ | ۱/۱ | ۲/٤۸ | ۲/۱ | ۱/٥۸ | ۱/٥٥ |
| تیمول | ۱۲۸۷ | ۱/۱ | ۰/۸۱ | ۰/۸۱ | ۱/۰۳ | ۰/٦٥ | ۰/٤٤ | ۰/٥٦ | ۱/٥٦ |
| کارواکرول | ۱۲۹٦ | ۰/۸ | ۰/۹ | ۰/۹۹ | ۱/۰۱ | ۱/۲ | ۱/۱ | ۰/۹۹ | ۱/٤۱ |
| کاریوفیلن | ۱٤۱۳ | ۱/٤٤ | ۱/۱ | ۱/۲ | ۱/۲ | ۰/٦۷ | ۰/۸۱ | ۰/۹۱ | ۱/٤۱ |
| آلفاهومولن | ۱٤٤۷ | ۱/۱ | ۰/۷ | ۲/۱ | ۲/٥ | ۱/۱٥ | ۱/۰۱ | ۱/۱ | ۰/۹۳ |
| مانول | ۲۰٤٤ | ۱/۱ | ۰/۹۹ | ۰/۸۹ | ۱/۲ | ۰/٦ | ۱/۸ | ۲/۱ | ۰/۹۸ |
| اسانس (٪) | | ۰/۸۹ | ۰/۸ | ۰/۹ | ۱/۱ | ۱/۰۸ | ۱/۲ | ۱/۳ | ۱/۳۹ |

| ماده مؤثره | شاخص‌بازداری | $FK_2$ | $FK_3$ | $GK_1$ | $GK_2$ | $GK_3$ | $HK_1$ | $HK_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| کامفن | ۹٥۰ | ۰/۹۸ | ۰/۷۷ | ۰/۹ | ۱/۱٤ | ۰/۱۳ | ۰/٤٤ | ۰/۷۷ |
| آلفاپینن | ۹٥۲ | ۰/۱۹ | ۱/۱٤ | ۱/۰۲ | ۱/٥ | ۰/٤۲ | ۰/۳۲ | ۱/۳ |
| بتاپینن | ۹۸۰ | ۱/۲۱ | ۰/۰٦ | ۱/۱٤ | ۱/۱ | ۰/۰۹ | ۰/۰۷ | ۰/۰۸ |
| لیمونن | ۱۰۲۸ | ۱/۱ | ۱/۳ | ۲/۲ | ۱/۷ | ۰/۹۱ | ۰/۸۲ | ۱/۳۱ |
| ۱و ۸سینئول | ۱۰۳۲ | ۹/۰۷ | ۹/۱ | ۱۱/۲ | ۹/٤ | ۱۰/۱ | ۱۱/۳ | ۱۰/۹ |
| سیس توژان | ۱۱۱۲ | ۲۸/۱ | ۲٤/۲ | ۳۰/۳ | ۲٦/۷ | ۲٥/۸ | ۲٤/۹ | ۲۸/۳ |
| ترانس توژان | ۱۱۲۰ | ۱۰/۱ | ۹/٤ | ۹/٦ | ۹/٥ | ۱۰/۱ | ۱۰/۳ | ۹/۹ |
| کامفور | ۱۱٤۲ | ۱٦/۱ | ۱۷/۷ | ۱۷/٤ | ۱۷/۸ | ۱۷/۱ | ۱۸/٥ | ۱۸/۱ |
| بورنئول | ۱۱٦۲ | ۱/٦٥ | ۱/٤ | ۱/٤٤ | ۱/۲ | ۱/٦۲ | ۱/۸ | ۱/۸۱ |
| بورنئول استات | ۱۲۸۰ | ۱/۸۱ | ۱/٤٤ | ۱/۱۱ | ۱/٦٤ | ۲/۰۸ | ۲/۰۳ | ۱/٥۸ |
| تیمول | ۱۲۸۷ | ۰/٥٦ | ۰/۱۹ | ۰/۲۱ | ۱/۰۱ | ۰/۹۹ | ۱/٥ | ۱/۱ |
| کارواکرول | ۱۲۹٦ | ۱/۰۱ | ۰/۸۷ | ۱/۳۷ | ۱/۲۸ | ۰/۸۹ | ۰/۷۷ | ۰/۹۹ |
| کاریوفیلن | ۱٤۱۳ | ۱/۱ | ۰/۹۳ | ۱/۲ | ۱/۲ | ۰/۹٦ | ۰/۸ | ۰/۷۷ |
| آلفاهومولن | ۱٤٤۷ | ۱/٤۳ | ۱/۳۲ | ۲/۱٤ | ۱/۸٦ | ۱/۰٥ | ۱/٥ | ۱/۱ |
| مانول | ۲۰٤٤ | ۱/۱ | ۰/۹٤ | ۱/۱ | ۱/۰۹ | ۱/٤ | ۱/۱ | ۰/۸٥ |
| اسانس (٪) | | ۰/۸۱ | ۰/۹۱ | ۱/۳۸ | ۱/۲ | ۱/۱ | ۱/٤ | ۱/۱ |

| ماده مؤثره | شاخص‌بازداری | $HK_3$ | $IK_1$ | $IK_2$ | $IK_3$ | $JK_1$ | $JK_2$ | $JK_3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| کامفن | ۹٥۰ | ۱/۰۳ | ۰/٥۲ | ۰/۸۸ | ۱/۰۱ | ۰/۲۲ | ۰/۱۱ | ۰/۷۷ |
| آلفاپینن | ۹٥۲ | ۰/۱۹ | ۱/۱٥ | ۱/۰٥ | ۱/۱۷ | ۰/۷۲ | ۰/٤٥ | ۱/۱٤ |
| بتاپینن | ۹۸۰ | ۱/۲۱ | ۰/٤۸ | ۱/۲۱ | ۱/۳۱ | ۰/۱٤ | ۰/۰۹ | ۰/۰۸ |
| لیمونن | ۱۰۲۸ | ۱/۹ | ۱/۳ | ۱/٤ | ۱/۱٦ | ۱/۸ | ۱/٥ | ۱/٦ |
| ۱و ۸سینئول | ۱۰۳۲ | ۸/۷ | ۹/۸ | ۹/٦ | ۹/۷ | ۹/٤ | ۹/۱ | ۸/۳ |
| سیس توژان | ۱۱۱۲ | ۲۳/۱ | ۲۹/۲ | ۲۸/۳ | ۲۷/۷ | ۲۸/۸ | ۲٥/۹ | ۲۲/٥ |

| ماده مؤثره | شاخص بازداری | $AK_1$ | $AK_2$ | $AK_3$ | $BK_1$ | $BK_2$ | $BK_3$ | $CK_1$ | $CK_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ترانس توژان | ۱۱۲۰ | ۸/۶۲ | ۹/٤ | ۹/٦ | ۹/٥ | ۱۰/۱ | ۱۰/۳ | ۸/۱ | |
| کامفور | ۱۱٤۲ | ۱۷/۱ | ۱۷/۷ | ۱۷/٤ | ۱۷/۸ | ۱٦/۱ | ۱٦/۳ | ۱٥/٥ | |
| بورنئول | ۱۱٦۲ | ۱/۹ | ۱/٤ | ۱/۱٥ | ۱/۱ | ۱/۹ | ۱/۸ | ۱/۱٥ | |
| بورنئول استات | ۱۲۸۰ | ۱/۷۳ | ۱/۲٥ | ۱/۰۲ | ۱/٦٤ | ۲/٤۸ | ۲/۰۳ | ۲/٥۸ | |
| تیمول | ۱۲۸۷ | ۱/۲ | ۰/۹ | ۱/۱ | ۰/۱۱ | ۰/۸۸ | ۰/۷۱ | ۰/٦۱ | |
| کارواکرول | ۱۲۹٦ | ۱/۲۲ | ۰/٤٤ | ۱/۳۷ | ۰/٤۱ | ۰/۹۸ | ۰/۷۷ | ۰/۹۹ | |
| کاریوفیلن | ۱٤۱۳ | ۰/۹۹ | ۰/۸۸ | ۱/۲ | ۱/۲ | ۰/۷٥ | ۰/٦۷ | ۰/۹۳ | |
| آلفاهومولن | ۱٤٤۷ | ۱/٤۱ | ۱/۱۲ | ۲/۳ | ۱/۸ | ۱/٥ | ۱/٥ | ۱/٤ | |
| مانول | ۲۰٤٤ | ۱/٦٤ | ۰/۷۸ | ۱/۱ | ۱/۲ | ۰/۸۸ | ۰/۸ | ۰/۷۸ | |
| اسانس (٪) | | ۱/۱ | ۰/۹۸ | ۰/۹ | ۱/۱ | ۰/۹ | ۰/۸۱ | ۰/۷ | |

| ماده مؤثره | شاخص بازداری | $AK_1$ | $AK_2$ | $AK_3$ | $BK_1$ | $BK_2$ | $BK_3$ | $CK_1$ | $CK_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| کامفن | ۹٥۰ | ۱/۲۱ | ۰/٤٤ | ۰/۹ | ۱/۱٥ | ۰/۱۳ | ۰/۱۲ | ۰/٥٦ | ۱/۰۳ |
| آلفاپینن | ۹٥۲ | ۰/۱۷ | ۱/۱٤ | ۱/۰۲ | ۱/٤٤ | ۰/٤۲ | ۰/۳۲ | ۱/۳ | ۱/۲۱ |
| بتاپینن | ۹۸۰ | ۱/۱ | ۰/۳۳ | ۰/۱ | ۱/۳۸ | ۰/۷٦ | ۰/۳۸ | ۰/٦۷ | ۱/۲۲ |
| لیمونن | ۱۰۲۸ | ۲/۱۷ | ۱/۱۲ | ۱/۱۹ | ۱/۱٦ | ۲/٥۲ | ۰/۹۸ | ۱/۳۱ | ۱/۰۸ |
| ۱و ۸سینئول | ۱۰۳۲ | ۸/۸ | ۹/۱ | ۹/۲ | ۹/٤ | ۱۰/۱ | ۱۱/۱ | ۱۱/۳ | ۱۱/۰۲ |
| سیس توژان | ۱۱۱۲ | ۲۳/۱ | ۲٤/۲ | ۲٥/۳ | ۲۷/۷ | ۲۸/۸ | ۲۸/۹ | ۲۷/۳ | ۲٥/۲ |
| ترانس توژان | ۱۱۲۰ | ۹/۱ | ۸/۸ | ۹/٦ | ۹/٥ | ۱۰/۱ | ۱۰/۳ | ۱۰/۷ | ۱۰/۹ |
| کامفور | ۱۱٤۲ | ۱۷/۰٤ | ۱۷/۷ | ۱٦/٤ | ۱۷/۱ | ۱۸/۱۱ | ۱۸/۳ | ۱۸/۲ | ۱۷/۹ |
| بورنئول | ۱۱٦۲ | ۲/۱ | ۱/٤ | ۱/۱ | ۱/۲ | ۲/۱ | ۱/۸ | ۲/٥ | ۱/۳ |
| بورنئول استات | ۱۲۸۰ | ۱/٤٤ | ۱/۲٥ | ۱/۰۲ | ۰/٦٤ | ۲/٤۸ | ۲/۰۳ | ۰/٥۸ | ۱/٥٥ |
| تیمول | ۱۲۸۷ | ۱/٥٦ | ۱/٥۷ | ۰/٦٦ | ۱/۳۲ | ۰/٥٤ | ۰/٥۲ | ۰/٥٦ | ۱/۲۲ |
| کارواکرول | ۱۲۹٦ | ۱/۳۱ | ۰/٥۹ | ۱/۳۷ | ۱/۲۸ | ۰/۸۹ | ۰/۷۷ | ۰/۹۹ | ۱/۱۱ |
| کاریوفیلن | ۱٤۱۳ | ۱/۰٦ | ۰/٦۷ | ۱/۳۱ | ۱/۲ | ۰/٤٤ | ۰/٥٥ | ۰/۷۷ | ۱/۲۲ |
| آلفاهومولن | ۱٤٤۷ | ۱/٤ | ۱/۲ | ۲/۱ | ۱/۸ | ۱/٥ | ۲/٥ | ۱/۱ | ۰/۷۷ |
| مانول | ۲۰٤٤ | ۱/٥ | ۰/۷۸ | ۱/۱ | ۱/٥۱ | ۱/۰۸ | ۱/۸ | ۰/٥ | ۰/٥۳ |
| اسانس (٪) | | ۰/۹۹ | ۱/۱ | ۰/۹ | ۰/۹۲ | ۱/۱ | ۱/۲ | ۱/۳ | ۱/٤٤ |

| ماده مؤثره | شاخص بازداری | $CK_3$ | $DK_1$ | $DK_2$ | $DK_3$ | $EK_1$ | $EK_2$ | $EK_3$ | $FK_1$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| کامفن | ۹٥۰ | ۱/۰۹ | ۰/٤٤ | ۰/۹ | ۱/۱٥ | ۰/۱۳ | ۰/۱۸ | ۰/٥٦ | ۰/۹۹ |
| آلفاپینن | ۹٥۲ | ۰/٥۹ | ۱/۲۲ | ۱/۱۹ | ۱/۱۷ | ۰/٤۲ | ۰/۳۲ | ۱/۱۱ | ۱/۰۲ |
| بتاپینن | ۹۸۰ | ۱/۰۸ | ۰/۹۹ | ۱/۱٥ | ۱/۲ | ۰/۸۸ | ۰/۳٤ | ۰/٥٦ | ۰/۸۷ |
| لیمونن | ۱۰۲۸ | ۱/۲۲ | ۱/٤٥ | ۱/٤۳ | ۱/۱٦ | ۰/۹۹ | ۰/۹٤ | ۱/۲۲ | ۱/۱۱ |
| ۱و ۸سینئول | ۱۰۳۲ | ۹/۳ | ۱۰/۱ | ۹/۷ | ۹/٦ | ۱۱/۱ | ۱۱/۰٤ | ۹/۰۸ | ۱۱/٤ |
| سیس توژان | ۱۱۱۲ | ۲۳/۱ | ۲٤/۲ | ۲٥/۳ | ۲۷/۷ | ۲۸/۸ | ۲۸/۹ | ۲۷/۳ | ۲۸/۹ |
| ترانس توژان | ۱۱۲۰ | ۸/۸ | ۸/۹ | ۹/٦ | ۹/٥ | ۱۰/۱ | ۱۰/٤ | ۱۰/۱ | ۱۱/۱ |
| کامفور | ۱۱٤۲ | ۱٦/۷۲ | ۱۷/۷ | ۱۷/٤ | ۱۷/۸ | ۱۸/۱ | ۱۸/۳ | ۱۸/٥ | ۱۸/۹ |
| بورنئول | ۱۱٦۲ | ۱/۱ | ۱/۸ | ۱/۹ | ۰/۹ | ۲/۱ | ۱/۹۲ | ۱/٦٥ | ۲/۳ |
| بورنئول استات | ۱۲۸۰ | ۱/٤٤ | ۱/۲٥ | ۱/۰۲ | ۰/٦٤ | ۲/٤۸ | ۲/۰۳ | ۰/٥۸ | ۱/٥٥ |

| ماده مؤثره | شاخص بازداری | $AK_1$ | $AK_2$ | $AK_3$ | $BK_1$ | $BK_2$ | $BK_3$ | $CK_1$ | $CK_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تیمول | ۱۲۸۷ | ۱/۰۵ | ۱/٦٦ | ۱/۰۲ | ۱/۱۵ | ۰/۷۷ | ۰/۸۸ | ۰/۹۲ | ۱/۰٦ |
| کارواکرول | ۱۲۹٦ | ۱/۰۳ | ۰/٤٤ | ۱/۳۷ | ۱/۲۸ | ۰/۸۹ | ۰/۷۷ | ۰/۹۹ | ۱/۵۹ |
| کاریوفیلن | ۱٤۱۳ | ۰/۹۹ | ۱/۲۷ | ۰/۲۹ | ۱/۲ | ۰/٤۸ | ۰/۵۵ | ۰/۷۷ | ۱/۰۹ |
| آلفاهومولن | ۱٤٤۷ | ۱/۰۸ | ۱/۱۷ | ۰/٦٤ | ۱/۸ | ۱/۵ | ۱/۹ | ۱/۱ | ۰/۸۸ |
| مانول | ۲۰٤٤ | ۱/۵ | ۰/۷۸ | ۱/۱ | ۱/۲ | ۱/۰۸ | ۱/۰٦ | ۱/۵ | ۰/۸۵ |
| اسانس (٪) | | ۰/۹۸ | ۱/۱ | ۰/۹ | ۰/۹۲ | ۱/۱ | ۱/۲ | ۱/۳ | ۱/۵۵ |

| ماده مؤثره | شاخص‌بازداری | $FK_2$ | $FK_3$ | $GK_1$ | $GK_2$ | $GK_3$ | $HK_1$ | $HK_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| کامفن | ۹۵۰ | ۰/۸۹ | ۰/٤٤ | ۰/۹ | ۱/۱۵ | ۰/۱۳ | ۰/۸۹ | ۰/۳۲ |
| آلفاپینن | ۹۵۲ | ۰/٦٦ | ۱/۱۱ | ۱/۰۲ | ۱/۵ | ۰/٤۲ | ۰/۳۲ | ۱/۲٦ |
| بتاپینن | ۹۸۰ | ۰/۷۷ | ۰/۳۳ | ۰/۷۸ | ۱/۲ | ۰/٤۳ | ۰/۲۱ | ۰/۱۹ |
| لیمونن | ۱۰۲۸ | ۲/۲۲ | ۱/۳۲ | ۱/۳۳ | ۱/٤٤ | ۰/۹۸ | ۰/۹۳ | ۱/۸۱ |
| ۱و ۸سینئول | ۱۰۳۲ | ۹/۵ | ۹/۸ | ۱۰/۵ | ۹/٤ | ۱۰/۱ | ۱۰/۳ | ۱۰/۱ |
| سیس توژان | ۱۱۱۲ | ۲۳/۱ | ۲٤/۲ | ۲۵/۳ | ۲۷/۷ | ۲۸/۸ | ۲۹/۵ | ۲۷/۳ |
| ترانس توژان | ۱۱۲۰ | ۹/۳ | ۸/٤ | ۹/٦ | ۹/۵ | ۱۰/۹ | ۱۱/۳ | ۱۰/۹ |
| کامفور | ۱۱٤۲ | ۱۵/۱ | ۱۷/۷ | ۱۹/۱ | ۱۷/۸ | ۱۷/۱ | ۱۸/۹۲ | ۱۸/۵ |
| بورنئول | ۱۱٦۲ | ۱/۱ | ۱/۷ | ۱/۱ | ۱/۸ | ۲/۱ | ۲/٤٤ | ۱/۹ |
| بورنئول استات | ۱۲۸۰ | ۱/٤٤ | ۱/۲۵ | ۱/۰۲ | ۰/٦٤ | ۲/٤۸ | ۲/۰۳ | ۰/۵۸ |
| تیمول | ۱۲۸۷ | ۱/۵٦ | ۰/۵۷ | ۱/۰۲ | ۱/۱۵ | ۰/۷۷ | ۰/۸۸ | ۰/۹۳ |
| کارواکرول | ۱۲۹٦ | ۱/۰۷ | ۰/٦٦ | ۱/۵۷ | ۱/۲۸ | ۰/۸۹ | ۱/٤۱ | ۰/۹۹ |
| کاریوفیلن | ۱٤۱۳ | ۰/۷۸ | ۰/٦۷ | ۱/۱٦ | ۱/۲ | ۰/۵۹ | ۰/۵۵ | ۰/۷۷ |
| آلفاهومولن | ۱٤٤۷ | ۱/۱ | ۱/۷۱ | ½ | ۱/۸ | ۱/۵ | ۲/۱۱ | ۰/۸۹ |
| مانول | ۲۰٤٤ | ۱/۳۳ | ۰/۷۸ | ۱/۱ | ۱/۲ | ۱/۱ | ۱/۸ | ۱/۵ |
| اسانس (٪) | | ۱/۳ | ۱/۲۹ | ۱/٤۹ | ۰/۹۲ | ۱/۱ | ۱/۵۱ | ۱/۳۱ |

| ماده مؤثره | شاخص‌بازداری | $HK_3$ | $IK_1$ | $IK_2$ | $IK_3$ | $JK_1$ | $JK_2$ | $JK_3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| کامفن | ۹۵۰ | ۱/۰۳ | ۰/۷۲ | ۰/۹ | ۱/۱۵ | ۰/۱۳ | ۰/۸۱ | ۰/۹۱ |
| آلفاپینن | ۹۵۲ | ۰/۷۲ | ۱/۱٤ | ۱/۰۲ | ۱/۵ | ۰/۸۹ | ۰/٦٦ | ۰/۱۹ |
| بتاپینن | ۹۸۰ | ۱/۱ | ۰/۳۳ | ۱/۲٦ | ۱/۲ | ۰/۱۸ | ۰/۱۵ | ۰/۱۷ |
| لیمونن | ۱۰۲۸ | ۱/۲۱ | ۱/۱۲ | ۱/۰۸ | ۰/۸۱ | ۰/۹۹ | ۰/۹٤ | ۱/٦٦ |
| ۱و ۸سینئول | ۱۰۳۲ | ۹/۱ | ۹/۵ | ۹/۲ | ۹/٤ | ۱۰/۱ | ۱۱/۱ | ۸/۵ |
| سیس توژان | ۱۱۱۲ | ۲۳/٤ | ۲٤/۵ | ۲۵/۳ | ۲۱/۵ | ۲۲/۸ | ۲۱/۹ | ۲۲/۰۱ |
| ترانس توژان | ۱۱۲۰ | ۹/۵ | ۹/٤ | ۸/٦ | ۸/۳ | ۹/۱ | ۸/۸ | ۸/٦ |
| کامفور | ۱۱٤۲ | ۱٦/۱ | ۱۷/۷ | ۱۷/٤ | ۱۵/۱ | ۱٦/۱ | ۱٦/۳ | ۱۵/۵ |
| بورنئول | ۱۱٦۲ | ۱/۱ | ۱/۸ | ۱/٦ | ۱/۲ | ۱/۹ | ۱/۱ | ۰/۹۹ |
| بورنئول استات | ۱۲۸۰ | ۱/٤٤ | ۱/۲۵ | ۱/۰۲ | ۰/٦٤ | ۲/٤۸ | ۲/۰۳ | ۰/۵۸ |
| تیمول | ۱۲۸۷ | ۰/۹٤ | ۰/۵۷ | ۱/۰۲ | ۱/۱۵ | ۰/۷۷ | ۰/۵۵ | ۰/۵٦ |
| کارواکرول | ۱۲۹٦ | ۰/۹۸ | ۰/٦۵ | ۱/۳۷ | ۰/۱۹ | ۰/۸٤ | ۰/۷۷ | ۰/٦۵ |
| کاریوفیلن | ۱٤۱۳ | ۱/۲۱ | ۱/۱ | ۰/۹۵ | ۰/۹ | ۰/۸۷ | ۰/۹۹ | ۱/۳۹ |
| آلفاهومولن | ۱٤٤۷ | ۱/۹۸ | ۱/۲ | ۱/۱ | ۲/٤٤ | ۱/۵ | ۱/۲ | ۱/۱ |

| ماده مؤثره | شاخص بازداری | $AK_1$ | $AK_2$ | $AK_3$ | $BK_1$ | $BK_2$ | $BK_3$ | $CK_1$ | $CK_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| مانول | ۲۰٤٤ | ۱/٤۳ | ۰/۸٤ | ۱/۰۸ | ۱/۹ | ۱/۱ | ۱/۲ | ۱/۵ | |
| اسانس (٪) | | ۰/۹۸ | ۰/۹۳ | ۰/۸٤ | ۰/۷۳ | ۰/۸۷ | ۰/۸۳ | ۰/۷۲ | |

* A استفاده از بوتامیسول؛ B استفاده از اسید هیومیک؛ C استفاده از کود اسبی؛ D استفاده از کود گوسفندی؛ E استفاده از کود گاوی؛ F استفاده از کود مرغی؛ G استفاده از ورمی‌کمپوست؛ H استفاده از کود کامل NPK؛ I شاهد آب‌پاشی؛ J شاهد بدون هر نوع پاشش؛ K3, K2, K1 تنش خشکی در سه سطح ظرفیت مزرعه، ۵۰ درصد و ۷۵ درصد تخلیه رطوبتی.

**کلروفیل کل:** تیمارهای مورد استفاده اثرات معنی داری در سطوح ($p \leq 0.01$) و ($p \leq 0.05$) بر صفات مورفوفیزیولوژیکی ایجاد نمودند (جدول ٦). بیشترین میزان کلروفیل کل (۲/٤۲-۲/۵۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در تیمار کود کامل و کود مرغی تحت عدم تنش خشکی و کمترین میزان (۱/۳۱-۱/۲۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر) بواسطه تیمار شاهد در شرایط تنش شدید تولید شد (جدول ۷).

**فعالیت آنتی‌اکسیدانی:** بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۸۹/۱-۸۸/۲) در تیمار کود مرغی و کود کامل در شرایط بدون تنش خشکی بدست آمد که هم‌گروه با میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی ایجاد شده در تیمار ورمی‌کمپوست در شرایط بدون تنش خشکی بود. کمترین میزان (۳۵/۱-۳۷/۲) در تیمارهای شاهد در شرایط تنش شدید خشکی بوجود آمد (جدول ۷).

**اسیدآمینه پرولین:** این ماده در تنش آبی بیشتر، افزایش یافت و به ۱۳۵/۸-۱٤۱/۲ میکرومول در میلی‌گرم وزن تر در تیمارهای شاهد در شرایط تنش خشکی شدید رسید (جدول ۷) که نشان داد علاوه بر دور آبیاری طولانی‌تر، مواد غذایی بیشتر، موجب تشدید در میزان پرولین شدند. ضمن آن‌که با توجه به مقادیر پرولین مورد برآورد در سایر تیمارها، چنین استنباط می‌شود که تیمار کود مرغی و ورمی‌کمپوست منجر به افزایش نسبی تحمل به تنش خشکی در مریم گلی سوری گردید. کمترین میزان این ماده در گیاهان تحت تیمار تیمارهای کود کامل و کود مرغی در شرایط بدون تنش خشکی به میزان ۹۹/۱-۱۰۰/۷ میکرومول در میلی‌گرم وزن ماده تر بدست آمد (جدول ۷).

**محتوای نسبی آب برگ:** محتوای نسبی آب برگ روندی معکوس با میزان پرولین اندام گیاهی داشت چنانچه بیشترین میزان محتوای نسبی آب برگ (٦۹/۲-٦۷/۸ درصد) در تیمارهای کود کامل، ورمی‌کمپوست و کود مرغی در شرایط بدون تنش خشکی در دو سال تحقیق بدست آمد. کمترین مقدار (٤۹/۲-۵۰/۲ درصد) توسط تیمار شاهد بدون تحت شرایط تنش خشکی شدید بدست آمد. صفات مورد برآورد در گیاهان مریم گلی سوری، تحت تیمار تنش خشکی کاهش محسوسی داشتند. تیمار تغذیه ای غنی‌تر (کود مرغی و یا کود کامل NPK) منجر به تشدید کاهش صفات مختلف مورد ارزیابی در شرایط تنش خشکی گردید (جدول ۷).

**صفات مورفولوژیکی:** بیشترین مقادیر صفات مورفولوژیکی مورد برآورد در این تحقیق شامل ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد گره و عملکرد ساختار هوایی در هر دو سال اجرای تحقیق، غالباً در گیاهان تحت تیمار با کود کامل، ورمی‌کمپوست و کود مرغی تحت شرایط بدون تنش خشکی یا تنش ملایم خشکی بوجود آمد (جدول ۷).

**جدول ٦:** تجزیه واریانس مرکب مربعات صفات مورفوفیزیولوژیکی گیاهان مریم گلی سوری در سال‌های اجرای تحقیق

| منبع تغییرات | درجه آزادی | ارتفاع بوته | تعداد شاخه‌فرعی | تعداد گره | عملکرد | کلروفیل کل | فعالیت آنتی‌اکسیدانی | پرولین | محتوای آب برگ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| سال | ۱ | ٤٥١ * | ٦٦٩/٢ ns | ٣٨٨ ns | ١٧٦٨٩/١** | ٢٢/٣** | ٢٢/٦** | ٥٠/١** | ٢٢/٣** |
| تکراردرسال | ٤ | ٣٣٨/٢* | ٤١٨/١ ns | ٩٩٨/١** | ٨٨٧٦٧/٢** | ٨/٦** | ٩/٨** | ٨/٥** | ١١/٦** |
| تیمار | ٢٩ | ١٧٥/٥* | ٥٧١/١* | ٦٦٦/١** | ٤٤٣٢/٢** | ٧/٥** | ٨/٧** | ١٢/٦** | ١٠/٣** |
| خطا | ١٤٥ | ١١٢/٥ | ٣٨٠/١ | ٢١٨/١ | ١٨٥٠/١ | ١/٨ | ١/٨ | ١/١ | ٠/٨٨ |
| ضریب تغییرات | | ١١/٢ | ١٤/٩ | ١٧/١ | ١٨/٢ | ٨/٨ | ١٢/٨ | ٦/٢ | ١٠/٨ |

ns، * و ** به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

**جدول ۷:** مقایسات میانگین صفات مورفوفیزیولوژیکی مریم گلی سوری تحت تیمارهای مختلف در سال ۱٤۰۱.*

| صفات | $AK_1$ | $AK_2$ | $AK_3$ | $BK_1$ | $BK_2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| ارتفاع‌بوته(سانتی‌متر) | ٣٠/٤±١/٢ | ٢٧/٢±١/٢ | ٢٤/١±١/١ | ٣٥/٤±١/٢ | ٣١/٥±١/١ |
| تعدادشاخه‌فرعی | ١٤/٢±١/٣ | ١٢/١±١/٢ | ١٠/٣±١/٧ | ١٦/٤±١/٢ | ١٥/٢±١/٧ |
| تعداد گره | ١٠/٩±٠/٧ | ١٠/٢±٠/٧ | ٩/٣±٠/٦ | ١١/٢±٠/٦ | ١٠/٢±٠/٢ |
| عملکرد ساختار هوایی(گرم‌درگیاه) | ٣٢/٥±١/٢ | ٣٠/٥±١/١ | ٢٩/٤±١/٣ | ٣٣/٩±١/١ | ٣٠/٤±١/٨ |
| کلروفیل کل(میلی‌گرم\گرم‌وزن‌تر) | ٢/١١±٠/٠٣ | ٢/١±٠/٠٢ | ٢/٠١±٠/٠١ | ٢/١±٠/٠٢ | ٢/٠٣±٠/٠٤ |
| فعالیت آنتی‌اکسیدانی | ٨٠/٢±١/٢ | ٧٢/٢±١/٧ | ٦٦/٤±١/٧ | ٥٩/٥±١/٤ | ٥٨/٦±٠/٩ |
| پرولین(میکرومول\میلی‌گرم‌وزن‌تر) | ١١٠/٨±١/٣ | ١٢٤/٨±٢/٣ | ١٣٠/٨±١/٣ | ١١٥/٨±٢/٣ | ١٢٦/٨±١/٣ |
| محتوای نسبی آب برگ | ٦١/٥±٢/٧ | ٥٩/٧±١/٢ | ٥٨/٨±١/٢ | ٦٣/٥±١/٧ | ٦٠/٥±١/٧ |
| صفات | $BK_3$ | $CK_1$ | $CK_2$ | $CK_3$ | $DK_1$ |
| ارتفاع‌بوته(سانتی‌متر) | ٣٠/٢±١/٢ | ٣٦/١±١/١ | ٣٣/٤±١/٢ | ٣٠/٥±١/١ | ٣٨/٨±١/٢ |
| تعدادشاخه‌فرعی | ١٢/٨±١/٢ | ١٨/٨±١/٧ | ١٤/٥±١/٢ | ١٣/٢±١/٧ | ١٩/٢±١/٧ |
| تعداد گره | ٩/١±٠/٢ | ١١/١±٠/٧ | ١١/٢±٠/٦ | ٩/٢±٠/٢ | ١١/٨±٠/٢ |
| عملکرد ساختار هوایی(گرم‌درگیاه) | ٢٧/٧±١/٣ | ٣٣/٩±١/١ | ٣٠/٨±١/٣ | ٢٨/٤±١/٨ | ٣٣/٤±١/٨ |
| کلروفیل کل(میلی‌گرم\گرم‌وزن‌تر) | ١/٥±٠/٠١ | ٢/٢±٠/٠١ | ٢/٠٨±٠/٠٢ | ٢/٠١±٠/٠٤ | ٢/٣±٠/٠٤ |
| فعالیت آنتی‌اکسیدانی | ٤٣/١±٠/٩ | ٦١/٥±٠/٩ | ٥٩/٢±٠/٨ | ٤٩/٥±١/٤ | ٥٥/٥±١/٤ |
| پرولین(میکرومول\میلی‌گرم‌وزن‌تر) | ١٢٠/٨±٢/٣ | ١١٥/٨±١/٣ | ١٣١/٨±٤/١ | ١٣١/٨±١/٣ | ١١٥/٨±٢/٣ |
| محتوای نسبی آب برگ | ٥٩/٤±١/٢ | ٦٠/٨±١/٢ | ٥٩/٥±١/٧ | ٥٦/٥±١/٧ | ٦٥/٤±١/٢ |
| صفات | $DK_2$ | $DK_3$ | $EK_1$ | $EK_2$ | $EK_3$ |
| ارتفاع‌بوته(سانتی‌متر) | ٣٣/١±١/١ | ٣٠/٤±١/٢ | ٣٩/٥±١/١ | ٣٤/٢±١/٢ | ٣١/١±١/١ |
| تعدادشاخه‌فرعی | ١٦/٢±١/٣ | ١٤/٩±١/٢ | ١٩/٣±١/٧ | ١٧/٤±١/٢ | ١٥/٢±١/٢ |
| تعداد گره | ١٠/٩±٠/٨ | ٩/٢±١/٧ | ١١/٣±١/١ | ١١/١±٠/٩ | ٩/٢±١/٦ |
| عملکرد ساختار هوایی(گرم‌درگیاه) | ٣٠/٥±١/٢ | ٢٦/٥±١/٧ | ٣٣/٥±١/٢ | ٣٠/٥±١/٤ | ٢٥/٤±١/٣ |
| کلروفیل کل(میلی‌گرم\گرم‌وزن‌تر) | ٢/١±٠/٠٢ | ١/٥٥±٠/٠١ | ٢/١±٠/٠٢ | ٢/٠٣±٠/٠٤ | ١/٤±٠/٠١ |
| فعالیت آنتی‌اکسیدانی | ٤٨/٤±١/٢ | ٤٤/٢±١/٧ | ٥٧/٤±١/٧ | ٤٧/٥±١/٤ | ٤٥/٥±٠/٩ |
| پرولین(میکرومول\میلی‌گرم‌وزن‌تر) | ١٢٢/٨±١/٣ | ١٣٢/٨±١/١ | ١١٩/٨±٢/٣ | ١٣١/٨±١/٣ | ١٢٩/٨±٢/٣ |
| محتوای نسبی آب برگ | ٥٨/٥±٢/٧ | ٥٥/٧±١/٢ | ٦٠/٨±١/٢ | ٥٥/٥±١/٧ | ٥٢/٥±١/٧ |

**ادامه جدول ۷**: مقایسات میانگین صفات مورفوفیزیولوژیکی مریم گلی سوری تحت تنش خشکی± خطای استاندارد در سال ۱۴۰۱.*

| صفات | $FK_1$ | $FK_2$ | $FK_3$ | $GK_1$ | $GK_2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| ارتفاع‌بوته(سانتی‌متر) | ٤٨/٤±١/٢ | ٤٤/١±١/١ | ٤٠/٤±١/٢ | ٤٨/٥±١/١ | ٤١/٢±١/٢ |
| تعدادشاخه‌فرعی | ٢٠/٠٦±١/٢ | ١٦/٣±١/٧ | ١٥/٤±١/٢ | ١٨/٢±١/٧ | ١٦/٨±١/٢ |
| تعداد گره | ١١/٩±٢/١ | ١٠/٢±١/٦ | ٩/٢±١/٢ | ١٢/١±١/٥ | ١٠/١±٠/٧ |
| عملکرد ساختار هوایی(گرم‌درگیاه) | ٣٤/٩±١/٢ | ٣٣/٩±١/١ | ٣١/٨±١/٣ | ٣٤/٦±١/١ | ٣٠/٨±١/٣ |
| کلروفیل‌کل(میلی‌گرم\گرم‌وزن‌تر) | ٢/٣±٠/٠١ | ٢/٢±٠/٠٢ | ٢/٠١±٠/٠٤ | ٢/٣١±٠/٠٤ | ٢/٣±٠/٠٤ |
| فعالیت آنتی‌اکسیدانی | ٨٩/١±١/٩ | ٨٥/٥±٠/٩ | ٧٦/٢±١/٨ | ٨٨/٨±٠/٨ | ٨٥/٥±١/٤ |
| پرولین(میکرومول\میلی‌گرم‌وزن‌تر) | ١٠٠/٨±١/١ | ١٢٦/٨±٢/٣ | ١٣٠/٨±٣/٣ | ١٠٢/٨±١/١ | ١٣١/٨±٢/٢ |
| محتوای نسبی آب برگ | ٦٩/٢±١/٢ | ٦٠/٨±١/٢ | ٥٩/٥±١/٤ | ٦٦/٥±١/٧ | ٦٢/٤±١/٢ |

| صفات | $GK_3$ | $HK_1$ | $HK_2$ | $HK_3$ | $IK_1$ |
|---|---|---|---|---|---|
| ارتفاع‌بوته(سانتی‌متر) | ٣٥/٤±١/٢ | ٤٨/٨±١/١ | ٤٢/٤±١/٢ | ٣٩/٥±١/١ | ٣٠/٢±١/٢ |
| تعدادشاخه‌فرعی | ١٨/٢±١/٣ | ٢٠/١±١/٢ | ١٩/٣±١/٧ | ١٧/٤±١/٢ | ١٥/٢±١/٧ |
| تعداد گره | ٩/٩±٠/٧ | ١٢/١±٠/٧ | ١١/٣±٠/٦ | ١٠/٤±٠/٩ | ١٠/٣±٠/٩ |
| عملکرد ساختار هوایی(گرم‌درگیاه) | ٢٨/٥±١/٢ | ٣٥/٢±١/٧ | ٣٢/٥±١/٢ | ٣٠/٥±١/١ | ٢٥/٤±١/٣ |
| کلروفیل‌کل(میلی‌گرم\گرم‌وزن‌تر) | ٢/٣١±٠/٠٢ | ٢/١±٠/١ | ٢/٠٣±٠/٠٢ | ٢/٢١±٠/٠٤ | ١/٨١±٠/٠١ |
| فعالیت آنتی‌اکسیدانی | ٧٥/٥±١/٢ | ٨٩/١±١/٧ | ٧٢/٤±١/٧ | ٦١/٥±١/٤ | ٥٥/٥±٠/٩ |
| پرولین(میکرومول\میلی‌گرم‌وزن‌تر) | ١٣١/٨±١/١ | ٩٩/١±١/٣ | ١٢٢/٨±٢/٣ | ١٣٠/٨±٢/٢ | ١١١/٨±١/٢ |
| محتوای نسبی آب برگ | ٥٩/٥±٢/١ | ٦٩/١±١/٢ | ٦٥/٨±١/٢ | ٦٢/٥±١/٧ | ٥٩/٥±١/١ |

| صفات | $IK_2$ | $IK_3$ | $JK_1$ | $JK_2$ | $JK_3$ |
|---|---|---|---|---|---|
| ارتفاع‌بوته(سانتی‌متر) | ٢٧/١±١/١ | ٢٤/٤±١/٢ | ٣٠/٤±١/٢ | ٢٥/٥±١/١ | ٢٣/١±١/٢ |
| تعدادشاخه‌فرعی | ١٤/١±١/٢ | ١٢/٣±١/٧ | ١٤/٤±١/٢ | ١٢/٢±١/٧ | ١١/٢±١/٢ |
| تعداد گره | ٩/٢±٠/٦ | ٨/٢±٠/٨ | ١٠/١±٠/٨ | ٩/١±٠/٧ | ٨/١±٠/٩ |
| عملکرد ساختار هوایی(گرم‌درگیاه) | ٢٣/٧±١/٣ | ٢٢/٩±١/١ | ٢٧/٨±١/٣ | ٢٥/٦±١/٧ | ٢٢/١±١/٣ |
| کلروفیل‌کل(میلی‌گرم\گرم‌وزن‌تر) | ١/٤٥±٠/٠١ | ١/٣١±٠/٠٢ | ١/٨٩±٠/٠٤ | ١/٨١±٠/٠٤ | ١/٣٢±٠/٤ |
| فعالیت آنتی‌اکسیدانی | ٤٨/١±٠/٩ | ٣٥/٩±٠/٩ | ٥٠/٢±٠/٨ | ٤١/٨±٠/٨ | ٣٥/١±١/٤ |
| پرولین(میکرومول\میلی‌گرم‌وزن‌تر) | ١٢٢/٨±١/٣ | ١٣٢/٨±١/٢ | ١١٠/٨±١/٣ | ١٢١/٨±١/٢ | ١٣٥/٨±٢/٤ |
| محتوای نسبی آب برگ | ٥٦/٤±١/٢ | ٤٩/٣±١/٢ | ٥٨/٥±١/٣ | ٥٢/٥±١/١ | ٤٩/٢±١/٢ |

**ادامه جدول ۷**: مقایسات میانگین صفات مورفوفیزیولوژیکی مریم گلی سوری تحت تنش خشکی± خطای استاندارد در سال ۱۴۰۲.*

| صفات | $AK_1$ | $AK_2$ | $AK_3$ | $BK_1$ | $BK_2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| ارتفاع‌بوته(سانتی‌متر) | ٣٩/٤±١/٢ | ٣٤/٢±١/٢ | ٣٠/١±١/١ | ٤٠/٤±١/٢ | ٣٨/٥±١/١ |
| تعدادشاخه‌فرعی | ١٨/٢±١/٣ | ١٥/١±١/٢ | ١٤/٣±١/٧ | ١٨/٤±١/٢ | ١٧/٢±١/٧ |
| تعداد گره | ١٩/٩±٠/٧ | ١٨/٢±٠/٧ | ١٧/٣±٠/٦ | ٢٥/٢±٠/٦ | ١٨/٣±٠/٩ |
| عملکرد ساختار هوایی(گرم‌درگیاه) | ٦٦٥٢/٨±٤/٣ | ٥٥٨٦/٥±١١/٧ | ٤٩٨٩/٤±٩/٣ | ٦٢٥١/٩±٨/٧ | ٥٨٩٣/٤±٨/٨ |
| کلروفیل‌کل(میلی‌گرم\گرم‌وزن‌تر) | ١٧/١±٠/٠٢ | ١٦/١±٠/٠١ | ١٤/١±٠/٠٢ | ١٦/٣±٠/٠٤ | ١٥/٢±٠/٠١ |
| فعالیت آنتی‌اکسیدانی | ٥٥±١/٢ | ٥٦±١/٧ | ٥٧/٤±١/٧ | ٥٩/٥±١/٤ | ٦٢/٦±٠/٩ |
| پرولین(میکرومول\میلی‌گرم‌وزن‌تر) | ١١٠/٨±١/٣ | ١٢١/٨±٢/٣ | ١٣٢/٨±٤/٢ | ١٠٣/٨±٤/٣ | ١١٣/٨±٣/٣ |
| محتوای نسبی آب برگ | ٥٨/٥±٢/٧ | ٥٥/٧±١/٢ | ٥١/٨±١/٢ | ٦٠/٥±١/٧ | ٥٩/٥±١/٧ |

| صفات | $BK_3$ | $CK_1$ | $CK_2$ | $CK_3$ | $DK_1$ |
|---|---|---|---|---|---|
| ارتفاع‌بوته(سانتی‌متر) | ۳۵/۱±۱/۱ | ۴۰/۴±۱/۲ | ۳۵/۵±۱/۱ | ۳۰/۲±۱/۲ | ۴۱/۱±۱/۱ |
| تعدادشاخه‌فرعی | ۱۴/۱±۱/۲ | ۱۸/۳±۱/۷ | ۱۶/۴±۱/۲ | ۱۵/۲±۱/۷ | ۱۸/۸±۱/۲ |
| تعداد گره | ۱۶/۲±۰/۹ | ۲۲/۲±۰/۲ | ۲۱/۱±۰/۸ | ۲۰/۱±۰/۸ | ۲۳/۱±۰/۷ |
| عملکرد ساختار هوایی(گرم‌درگیاه) | ۴۵۸۹/۷±۷/۳ | ۶۷۷۵/۹±۹/۷ | ۶۲۵۹/۸±۴/۳ | ۵۸۸۶/۸±۴/۳ | ۵۶۹۵/۸±۴/۳ |
| کلروفیل‌کل(میلی‌گرم\گرم‌وزن‌تر) | ۱۳/۲±۰/۰۱ | ۱۵/۲±۰/۰۲ | ۱۴/۳±۰/۰۴ | ۱۲/۳±۰/۰۴ | ۱۵/۳±۰/۰۴ |
| فعالیت آنتی‌اکسیدانی | ۶۳/۱±۰/۹ | ۶۱/۵±۰/۹ | ۶۲/۲±۰/۸ | ۵۹/۵±۱/۴ | ۵۸/۵±۱/۴ |
| پرولین(میکرومول\میلی‌گرم‌وزن‌تر) | ۱۳۲/۸±۳/۳ | ۱۱۱/۸±۱/۳ | ۱۲۱/۸±۱/۱ | ۱۳۱/۸±۲/۳ | ۱۱۴/۸±۱/۳ |
| محتوای نسبی آب برگ | ۵۶/۴±۱/۲ | ۶۳/۸±۱/۲ | ۶۱/۵±۱/۱ | ۵۹/۵±۱/۵ | ۶۲/۴±۱/۲ |
| صفات | $DK_2$ | $DK_3$ | $EK_1$ | $EK_2$ | $EK_3$ |
| ارتفاع‌بوته(سانتی‌متر) | ۳۸/۴±۱/۲ | ۳۳/۲±۱/۲ | ۴۷/۱±۱/۱ | ۴۲/۴±۱/۲ | ۳۷/۱±۱/۱ |
| تعدادشاخه‌فرعی | ۱۷/۲±۱/۳ | ۱۴/۱±۱/۲ | ۱۸/۹±۱/۷ | ۱۶/۴±۱/۲ | ۱۴/۱±۱/۲ |
| تعداد گره | ۲۱/۹±۰/۸ | ۱۹/۲±۰/۹ | ۲۲/۳±۰/۸ | ۲۰/۲±۰/۵ | ۱۵/۳±۰/۶ |
| عملکرد ساختار هوایی(گرم‌درگیاه) | ۴۸۷۵/۵±۱۱/۲ | ۴۵۹۵/۵±۱۱/۷ | ۶۸۹۵/۴±۱۱ | ۵۶۵۹/۹±۸/۷ | ۴۵۸۴/۴±۱۲ |
| کلروفیل‌کل(میلی‌گرم\گرم‌وزن‌تر) | ۱۴/۱±۰/۰۲ | ۱۲/۱±۰/۰۱ | ۱۵/۱±۰/۰۲ | ۱۴/۳±۰/۰۴ | ۱۱/۲±۰/۰۱ |
| فعالیت آنتی‌اکسیدانی | ۵۵±۱/۲ | ۵۶±۱/۷ | ۶۷/۴±۱/۷ | ۵۶/۵±۱/۴ | ۵۴/۶±۰/۹ |
| پرولین(میکرومول\میلی‌گرم‌وزن‌تر) | ۱۲۲/۸±۱/۳ | ۱۳۹/۸±۱/۱ | ۱۱۴/۸±۱/۲ | ۱۲۱/۸±۲/۳ | ۱۳۷/۸±۱/۲ |
| محتوای نسبی آب برگ | ۵۸/۵±۲/۱ | ۵۷/۷±۰/۹ | ۶۵/۸±۱/۲ | ۶۱/۵±۱/۷ | ۵۹/۵±۱/۳ |

ادامه جدول ۷: مقایسات میانگین صفات مورفوفیزیولوژیکی مریم گلی سوری تحت تیمارهای مختلف در سال ۱۴۰۲.*

| صفات | $FK_1$ | $FK_2$ | $FK_3$ | $GK_1$ | $GK_2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| ارتفاع‌بوته(سانتی‌متر) | ۴۹/۴±۱/۲ | ۴۴/۵±۱/۱ | ۳۶/۲±۱/۲ | ۴۹/۱±۱/۱ | ۴۳/۴±۱/۲ |
| تعدادشاخه‌فرعی | ۱۹/۵±۱/۷ | ۱۸/۴±۱/۲ | ۱۶/۲±۱/۷ | ۱۸/۸±۱/۲ | ۱۷/۲±۱/۷ |
| تعداد گره | ۲۶/۲±۰/۶ | ۲۳/۲±۰/۲ | ۲۰/۱±۰/۲ | ۲۴/۱±۰/۸ | ۲۳/۱±۱/۱ |
| عملکرد ساختار هوایی(گرم‌درگیاه) | ۳۸/۷±۱/۳ | ۳۶/۹±۱/۱ | ۳۴/۸±۱/۲ | ۳۹/۸±۱/۷ | ۳۶/۸±۱/۳ |
| کلروفیل‌کل(میلی‌گرم\گرم‌وزن‌تر) | ۲/۵۵±۰/۰۱ | ۲/۲±۰/۰۲ | ۲/۱۱±۰/۰۴ | ۲/۳±۰/۴ | ۲/۱۴±۰/۰۴ |
| فعالیت آنتی‌اکسیدانی | ۸۵/۱±۰/۹ | ۸۱/۵±۰/۹ | ۷۰/۲±۰/۸ | ۸۸/۲±۰/۸ | ۷۱/۵±۱/۴ |
| پرولین(میکرومول\میلی‌گرم‌وزن‌تر) | ۱۰۰/۸±۱/۳ | ۱۱۴/۸±۲/۱ | ۱۳۵/۸±۲/۳ | ۱۰۲/۸±۲/۲ | ۱۲۵/۸±۲/۵ |
| محتوای نسبی آب برگ | ۶۶/۴±۱/۲ | ۶۲/۸±۱/۵ | ۵۹/۵±۱/۷ | ۶۷/۸±۱/۹ | ۶۲/۴±۱/۴ |
| صفات | $GK_3$ | $HK_1$ | $HK_2$ | $HK_3$ | $IK_1$ |
| ارتفاع‌بوته(سانتی‌متر) | ۳۴/۱±۱/۱ | ۴۹/۴±۱/۲ | ۴۲/۵±۱/۱ | ۳۸/۲±۱/۲ | ۳۱/۱±۱/۱ |
| تعدادشاخه‌فرعی | ۱۶/۲±۱/۱ | ۱۹/۱±۱/۱ | ۱۸/۳±۱/۱ | ۱۶/۴±۰/۲ | ۱۵/۲±۰/۷ |
| تعداد گره | ۸/۱±۰/۷ | ۱۲/۵±۰/۷ | ۱۱/۳±۰/۶ | ۹/۲±۰/۶ | ۱۰/۳±۰/۶ |
| عملکرد ساختار هوایی(گرم‌درگیاه) | ۳۰/۸±۱/۳ | ۳۹/۸±۱/۷ | ۳۶/۴±۱/۱ | ۳۳/۹±۱/۷ | ۱۹/۸±۱/۱ |
| کلروفیل‌کل(میلی‌گرم\گرم‌وزن‌تر) | ۱/۶۵±۰/۰۲ | ۲/۵۵±۰/۰۱ | ۲/۳۱±۰/۰۲ | ۱/۹۸±۰/۰۴ | ۲/۲±۰/۰۱ |
| فعالیت آنتی‌اکسیدانی | ۶۶/۶±۱/۲ | ۸۸/۲±۱/۷ | ۷۰/۴±۱/۷ | ۶۹/۵±۱/۴ | ۶۵/۵±۰/۹ |
| پرولین(میکرومول\میلی‌گرم‌وزن‌تر) | ۱۳۵/۸±۱/۳ | ۱۰۰/۷±۱/۱ | ۱۱۶/۸±۲/۲ | ۱۳۶/۸±۲/۳ | ۱۱۸/۸±۳/۳ |
| محتوای نسبی آب برگ | ۵۸/۵±۲/۷ | ۶۷/۸±۱/۲ | ۵۵/۸±۱/۲ | ۵۰/۵±۱/۷ | ۶۰/۵±۱/۷ |
| صفات | $IK_2$ | $IK_3$ | $JK_1$ | $JK_2$ | $JK_3$ |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ارتفاع‌بوته(سانتی‌متر) | ۲۸/٤±۱/۲ | ۱۱/۷±۱/۵ | ۳۲/۱±۱/۵ | ۲۸/۸±۱/٦ | ۱۱/۵±۱/۵ |
| تعدادشاخه‌فرعی | ۱۳/۸±۰/۸ | ۱۱/۵±۱/۱ | ۱۵/۵±۱/۲ | ۱۳/۵±۰/٦ | ۱۱/۵±۰/۷ |
| تعداد گره | ۸/۲±۰/٦ | ۷/۵±۰/۲ | ۹/۱±۰/۲ | ۸/۱±۰/۷ | ۷/۵±۰/۷ |
| عملکرد ساختار هوایی(گرم‌درگیاه) | ۲۱/۷±۱/۳ | ۱۹/۸±۱/۷ | ۲٤/۸±۱/۱ | ۲۲/٦±۱/۷ | ۱۹/۸±۱/۳ |
| کلروفیل‌کل(میلی‌گرم\گرم‌وزن‌تر) | ۱/۸۱±۰/۰۱ | ۱/۲۸±۰/۰۲ | ۱/۷۸±۰/۰٤ | ۱/۳۸±۰/۰٤ | ۱/۲۵±۰/۵ |
| فعالیت آنتی‌اکسیدانی | ۵۵/۱±۰/۹ | ۳۷/۲±۰/۹ | ۵۱/۲±۰/۸ | ٤٤/۸±۰/۸ | ۳۷/۳±۰/۹ |
| پرولین(میکرومول\میلی‌گرم‌وزن‌تر) | ۱۳۵/۸±۲/۳ | ۱٤۱/۸±۲/۱ | ۱۱۰/۸±۲/۳ | ۱۲٤/۸±٤/۳ | ۱٤۱/۲±۲/۲ |
| محتوای نسبی آب برگ | ۵۹/٤±۱/۲ | ۵۰/٤±۱/۲ | ۵۷/۵±۱/۱ | ۵۵/۵±۱/٤ | ۵۰/۲±۱/۱ |

* A استفاده از بوتامیسول؛ B استفاده از اسید هیومیک؛ C استفاده از کود اسبی؛ D استفاده از کود گوسفندی؛ E استفاده از کود گاوی؛ F استفاده از کود مرغی؛ G استفاده از ورمی‌کمپوست؛ H استفاده از کود کامل NPK؛ I شاهد آب‌پاشی؛ J شاهد بدون هر نوع پاشش؛ K3, K2, K1 تنش خشکی در سه سطح ظرفیت مزرعه، ۵۰ درصد و ۷۵ درصد تخلیه رطوبتی.

**بحث**

**اسانس:** با توجه به نقش محرک رشدی کودهای مورد استفاده در افزایش سبزینه گیاه و به‌تبع آن افزایش فتوسنتز، بدیهی است که متعاقب آن میزان اسانس بیشتر می‌شود (Esch et al., 2019; Caser et al., 2019). بیشترین مقادیر ترکیبات اصلی اسانس از جمله مواد مؤثره ۱و۸ سینئول، سیس توژان، ترانس توزان، کامفور (مونوترپن‌های اکسیژنه الکلی) در ترکیب تیماری کود کامل در شرایط رطوبتی ظرفیت مزرعه بدست آمد؛ هرچند همین ترکیب تیماری در شرایط تنش ملایم (۵۰ درصد تخلیه رطوبتی) به‌همراه ترکیب تیماری ورمی‌کمپوست و یا کود مرغی تحت شرایط عدم تنش خشکی در بسیاری از صفات مورد ارزیابی در گروه مشابه قرار گرفتند (جدول ۵). در تحقیق مشابهی که روی گونه‌های مرزه (*Satureja*) و آویشن (*Thymus*) انجام گردید مشخص شد که بیشترین ترکیبات غالب اسانس که از دسته مونوترپن‌های حلقوی بودند در دور آبیاری ۳ روز یکبار به همراه کاربرد اسید هیومیک و بوتامیسول بدست آمدند (Yadegari, 2022a, b). طی تحقیقی مشخص گردید که در اثر تنش رطوبتی ملایم و شدید مقادیر اسانس در مرزنگوش (*Origanum vulgare* subsp. gracile) و ماده مؤثره بتا-کاریوفیلن در گونه *O. vulgare* subsp.virens افزایش ولی مقادیر اسانس در گونه *O. vulgare* subsp. Virens و مواد مؤثره کارواکرول و آلفا-بیسابولول در هر دو گونه بدون تغییر باقی ماندند (Morshedloo et al., 2017). افزودن کود زیستی به خاک و بسترهای کشت به افزایش رشد گیاه کمک می‌کند. کود زیستی به‌واسطه فراهم نمودن مقادیر بیشتری از عناصر مغذی، منجر به بیشتر شدن وزن گیاه و مواد مؤثره موجود در آن می‌گردد (Doskočil et al., 2018). این اثرگذاری مطلوب در گیاهان شوید (*Anethum graveolens*) (Rostaei et al., 2018)، مریم گلی (*Salvia officinalis*) (Rahmani Samani et al., 2021)، گونه های آویشن (*Thymus*) و مرزه (*Satureja*) (Yadegari, 2022a, b)، خاکشیر (*Descurainia sophia L.*) و گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) (Hasani et al., 2021) به اثبات رسیده است. در تحقیق حاضر، با کاربرد کودهای مورد استفاده به خصوص کود کامل یا کود مرغی، علاوه بر افزایش صفات مورفوفیزیولوژیکی، مقدار مونوترپن‌های هیدروکربنه و اکسیژنه در اسانس افزایش یافت. به طوری که این افزایش در مورد مونوترپن‌های هیدروکربنه چشم‌گیر بود، اما با اعمال تنش خشکی، از مقدار مونوترپن‌های اکسیژنه کاسته شد و در بسیاری از موارد بر مقادیر هیدروکربن‌های سزکویی ترپن افزوده شد. افزایش معنی‌دار عملکرد اسانس در تیمار محلول‌پاشی کود کامل، کود مرغی و ورمی‌کمپوست نشان‌دهنده اهمیت عناصر مغذی مورد استفاده در کشت و پرورش گیاه دارویی مریم گلی است. با توجه به تأثیر عناصر پرمصرف بر رشد و نمو گیاه، می‌توان یکی از دلایل افزایش فعالیت فتوسنتزی را مرتبط با مهم‌ترین بخش فتوسنتز کننده در گیاه یعنی برگ‌ها دانست. به طوری که استفاده از عناصر غذایی باعث افزایش سطح برگ می‌شود که این افزایش به تولید بیشتر گل منجر می‌گردد. همچنین با افزایش سطح برگ، تعداد روزنه به عنوان محل ورود دی‌اکسید کربن و گلوکز به عنوان پیش‌ماده مناسب در سنتز اسانس‌ها و به عنوان نتیجه فرآیند فتوسنتز زیاد شده و در نتیجه سوبسترای لازم برای سنتز اسانس در گیاه فراهم می‌شود (Esch et al., 2019; Caser et al., 2019).

**صفات مورفولوژیکی:** در این تحقیق مشخص گردید، گیاهانی که تحت تیمارهای عدم تنش و یا تنش ملایم خشکی قرار داشتند همراه با دریافت یکی از کودهای ورمی‌کمپوست، کود مرغی و یا کود کامل بیشترین مقادیر صفات مورفولوژیکی (ارتفاع بوته، عملکرد ساختار هوایی و تعداد گره و تعداد شاخه فرعی) را بوجود آوردند (جدول ۷). تنش آب به‌طور مستقیم می‌تواند بر فرآیندهای بیوشیمیایی مربوط به فتوسنتز اثر گذاشته و به‌طور غیرمستقیم ورود دی‌اکسیدکربن به‌داخل روزنه‌ها را که به‌علت شرایط کم‌آبی، بسته‌اند کاهش دهد (Esch et al., 2019; Hayati et al., 2021). از این‌رو 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. بدیهی است که با محدود شدن کمبود آب، رشد گیاه و نهایتاً عملکرد آن دچار نقصان می‌شود (Kulak, 2020). افزایش صفات مورفولوژیکی از جمله ارتفاع، وزن خشک گیاه دراثرکاربرد کودهای کامل، کود مرغی و ورمی‌کمپوست را می‌توان به افزایش تولید فیتوهورمون‌ها به‌خصوص ایندول استیک اسید نسبت داد (Alizadeh et al., 2018; Hamedi et al., 2022; Zakerian et al., 2020). عناصر غذایی برای گیاه، پیام‌های شیمیایی ارسال می‌کنند که سبب پاسخ‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی می‌شوند. طی پاسخ به سیگنال ناشی از عناصر غذایی، سیستم دفاعی گیاه، فعال شده و در نتیجهٔ بیان ژن‌های دفاعی، متابولیت‌های ثانویه و محتوای اسانس، افزایش می‌یابند (Marschner, 1997; Kulak, 2020). اسیدهای فنولیک با داشتن ساختار ویژه، دارای پتانسیل بالایی برای برهمکنش با پروتئین‌های مختلف از جمله آنزیم‌ها می‌باشند. به همین دلیل آن‌ها می‌توانند باعث ممانعت از فعالیت آنزیم‌هایی مانند ایزوفرم‌های مختلف سیتوکرمP450، سیکلواکسیژناز، الکل دهیدروژناز، لیپو اکسیژناز و زانتین اکسیداز شوند که در طی فعالیت خود، میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را افزایش می‌دهند (Esch et al., 2019; Caser et al., 2019).

کاربرد کود کامل در زمان نبود تنش خشکی تا حد زیادی می‌تواند به واسطه فراهمی بیشتر آب و مواد غذایی منجر به افزایش صفات مورفولوژیکی از جمله ماده خشک گیاهی و به‌تبع آن افزایش اسانس و ترکیبات مؤثره اسانس گردد. در برخی موارد، همین ترکیب تیماری در شرایط تنش ملایم (۵۰ درصد تخلیه رطوبتی)، مقادیر بالایی از صفات مورد ارزیابی را بوجود آورد. از آنجا که گیاه مریم گلی سوری گیاهی نسبتاً متحمل به تنش خشکی است، کاربرد کود کامل و یا کود مرغی می‌تواند تا حدودی در تحمل این گیاه به خشکی مؤثر باشد. در چندین پژوهش، اثرگذاری مفید و ارزنده کودهای زیستی در زمان تنش خشکی بر افزایش صفات مورفوفیزیولوژیکی و اسانس گیاهان دارویی مرزه (*Satureja hortensis*) (Najafi vafa et al., 2020)، مرزه خوزستانی (*Satureja khuzistanica*) (Alizadeh et al., 2018)، گل محمدی (*Rosa damascena* Mill.) (Ucar et al., 2016)، آویشن باغی (*Thymus vulgaris*)، همیشه‌بهار (*Calendula officinalis*)، گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis*) و قدومه (*Alyssum desertorum*) به اثبات رسیده است (Yadegari, 2017).

**کلروفیل کل:** با توجه به این‌که عمده‌ترین عامل مؤثر بر رشد و تولید گیاهان، میزان جذب نور توسط برگ‌ها و تبدیل آن به مواد فتوسنتزی است، افزایش میزان سطح برگ، باعث افزایش میزان جذب نور می‌شود که به افزایش عملکرد منجر می‌شود

(Wibowo, 2007; Marschner, 1997). کاربرد محلول غذایی از طریق افزایش سطح برگ و فراهم نمودن زمینه مناسب جهت دریافت انرژی و نیز شرکت در ساختار کلروفیل و آنزیم‌های درگیر در متابولیسم کربن فتوسنتزی موجب افزایش بازده فتوسنتزی می‌شود. تنش آب از طریق کاهش سطح برگ، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش در قابلیت هدایت روزنه‌ها، کاهش در آب‌گیری کلروپلاست و سایر بخش‌های پروتوپلاسم، کاهش سنتز پروتئین و کلروفیل سبب تقلیل فرآیند فتوسنتز می‌گردد. تنش آب به‌طور مستقیم می‌تواند بر فرآیندهای بیوشیمیایی مربوط به فتوسنتز اثر گذاشته و به طور غیرمستقیم ورود دی‌اکسیدکربن به داخل روزنه‌ها را که به علت شرایط کم‌آبی بسته‌اند کاهش دهد و نهایتاً منجر به کاهش کلروفیل گیاهی (Esch et al., 2019) و از این طریق منجر به کاهش عملکرد می‌شود (Sasani et al., 2021; Mohammadi et al., 2021).

**فعالیت آنتی اکسیدانی:** در این تحقیق مشخص گردید که بالاترین فعالیت آنتی اکسیدانی در تیمارهایی بدست آمد که دارای یکی از تیمارهای کود کامل، کود مرغی و یا ورمی‌کمپوست بودند. این صفت در زمان عدم تنش بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد، هرچند که در تیمار تنش ملایم نیز فعالیت آنتی اکسیدانی خوبی بدست آمد (جدول ۷). از نظر تحت تنش خشکی مقادیر مواد مؤثره گیاهان دارویی رفتار مختلفی دارند. چنانچه در زمان رسیدگی و بروز تنش خشکی میزان ماده آلفا-پینن در گیاه رزماری (*Rosmarinus officinalis*) کاهش، ولی در اسطوخودوس (*Lavandula angustifolia*) افزایش یافت. ترکیبات مؤثره آلفا-پینن، لیمونن و اوکالیپتول در مریم گلی (*Salvia officinalis*) کاهش یافت، در حالی که این ترکیبات در ریحان (*Ocimum basilicum*) افزایش یافتند (Kulak, 2020). همچنین کاربرد اسید هیومیک در این شرایط منجر به افزایش مقادیر گلوکز، فروکتوز و ساکارز در گیاه سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) شده و این امر منجر به افزایش تحمل تنش خشکی توسط این گیاه گردیده است (Hayati et al., 2021). در خصوص تغییرات میزان ترپنوئیدها تحت تأثیر عناصر مغذی باید اظهار داشت که بیوسنتز اسانس‌ها در غده‌های ترشحی اتفاق می‌افتد که از لحاظ کربن هتروتروف هستند، بنابراین وجود منبع کربن از جمله ترکیبات فتوسنتزی مانند ساکارز و گلوکز برای بیوسنتز ترکیبات ترپنوئیدی لازم و ضروری است (Mc-Garvey and Croteau, 1995). تغییرات بیوسنتز ترکیبات ترپنوئیدی از جمله مونوترپن‌ها و سزکوئی‌ترپن‌ها، ممکن است به‌علت تغییرات بیوانرژیتیک سلول‌های گیاهی در پاسخ به عناصر مغذی باشد و به‌نظر می‌رسد که یکی از دلایل اختلاف در مقدار و نوع برخی از ترکیبات اسانس گیاه مورد آزمایش، مربوط به اختلاف جایگاه‌های بیوسنتزی ترکیبات از نظر بهره‌گیری از منابع انرژی باشد (Sasani et al.,2021). تنش آب از طریق کاهش سطح برگ، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش در قابلیت هدایت روزنه‌ها، کاهش در آب‌گیری کلروپلاست و سایر بخش‌های پروتوپلاسم منجر به کاهش سنتز پروتئین و کلروفیل و لذا تقلیل فرآیند فتوسنتز می‌گردد (Ucar et al., 2016).

**اسید آمینه پرولین:** میزان اسید آمینه پرولین شاخصی از تحمل گیاه نسبت به تنش خشکی است. در گیاه مریم گلی سوری، میزان پروتئین و قند گیاه تحت تنش خشکی کاهش یافته و میزان پرولین و لیپید اکسید شده، افزایش می‌یابد (جدول ۷). مکانیسم‌های محافظتی تحت تنش خشکی زیاد می‌شوند و تخریب پروتئین تحت تنش خشکی بیشتر می‌شود. پرولین طی

واکنش‌های کاهشی از گلوتامات سنتز می‌شود. پرولین-۵-کربوکسیلات (P5C) و پرولین به عنوان تنظیم کننده‌های متابولیک شناخته شده‌اند و همانند جفت ردوکس عمل می‌کنند. کاهش P5C در سیتوزول، افزایش NADP+ رافراهم می‌کند که به فعال شدن چرخه پنتوز فسفات اکسیداتیو منجر می‌شود. رابطه محکمی بین چرخه پنتوز فسفات اکسیداتیو با سنتز قند و پرولین در گیاهان وجود دارد (Zakerian et al., 2020; Albergaria et al., 2020). افزایش تنش خشکی در گیاهان منجر به افزایش اسید آمینه پرولین گردیده و میزان ذخیره آن در سیتوپلاسم سلولی بیشتر می‌شود. این اسید آمینه در حفاظت سلولی نقش دارد و می‌تواند تا اندازه‌ای موجب ادامه جذب آب از محیط ریشه شود لیکن اتکای گیاه به این ترکیبات آلی برای تنظیم اسمزی هزینه‌بر بوده و گیاه از طریق کاهش عملکرد این هزینه را جبران می‌نماید. تنش خشکی منجر به کاهش میزان کلروفیل کل گیاه گردیده و از این طریق منجر به کاهش عملکرد می‌شود (Esch et al., 2019; Sasani et al., 2021; Mohammadi et al., 2021).

**محتوای نسبی آب برگ:** تحقیقات متعدد نشان داده که محتوای نسبی آب برگ روندی معکوس با میزان پرولین اندام گیاهی دارد (Caser et al., 2019; Babaei et al., 2021). صفات مورد برآورد در گیاهان مریم گلی سوری، تحت تیمار تنش خشکی کاهش محسوسی داشتند. تیمار تغذیه ای غنی‌تر (کود مرغی و یا کود کامل NPK) منجر به تشدید کاهش صفات مختلف مورد ارزیابی در شرایط تنش خشکی گردید.با افزایش مقادیر صفات مورفولوژیکی مورد برآورد و در نتیجه آن رشد و فتوسنتز بیشتر بدیهی ات که میزان محتوای نسبی آب برگ افرایش می یابد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که در مجموع، کمترین مقادیر صفات مورد ارزیابی در گیاهان تحت تیمار شاهد و در تنش آبی شدیدتر بدست آمد. بنابراین گیاهان مریم گلی سوری قابلیت تحمل به تنش خشکی شدید را ندارند. با توجه به نتایج بدست آمده چنین مشاهده گردید که تیمار غذایی کود کامل و کود مرغی منجر به ایجاد بیشترین صفات مورفولوژیکی و نهایتاً بالاترین میزان محتوای نسبی آب برگ گردید و در این خصوص تنش آبی منجر به کاهش در این روند گردید.

## نتیجه‌گیری نهایی

در این تحقیق اثرات مفید و ارزنده‌ای ناشی از کاربرد کودهای زیستی مرغی، گاوی، اسبی، ورمی کمپوست، گوسفندی، اسید هیومیک، بوتامیسول و کود شیمیایی کامل NPK، بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی گیاهان مریم‌گلی سوری (*Salvia syriaca* L.) تحت تنش خشکی مورد مطالعه قرار گرفت. مشخص شد با افزایش عملکرد، میزان اسانس هم بیشتر می‌شود و ترکیبات غالب اسانس شامل ۱و ۸ سینئول، سیس توژان، ترانس توژان و کامفور با استفاده از تیمارهای تغذیه‌ای به ویژه کود کامل، کود مرغی و ورمی‌کمپوست افزایش یافتند. در غالب ترکیبات مؤثره اسانس، تیمار ترکیبی کود کامل تحت تنش ملایم (D2) در رقابت با بهترین تیمار بدست آمده یعنی کود کامل و یا کود مرغی، در شرایط بدون تنش (D1) بود. در غالب صفات مورد ارزیابی، دریافت کود کامل و یا کود مرغی، منجر به تولید بیشترین مقادیر شد و گیاهان در زمان تنش خشکی و به خصوص زمانی که هیچ نوع تیمار تغذیه‌ای دریافت ننمودند، کمترین مقادیر صفات مورد ارزیابی را بوجود آوردند.

**تشکر و قدردانی**

از همکـاری و مسـاعدت معـاون پـژوهش و فنـاوری دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد و همکاران ذیربط قدردانی می نمایم.

**References**

Adams, RP. (2007). Quadruple mass spectra of compounds listed in order of their retention time on DB-5. In Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/ Mass Spectroscopy. 4th ed. IL 60188-2787. Allured publishing Corp, Carol Stream, USA.

Aghaei, K., Ghasemi Pirbalouti, A., Mousavi, A., Badi, H. N. and Mehnatkesh, A. (2019). Effects of foliar spraying of L-phenylalanine and application of bio-fertilizers on growth, yield, and essential oil of hyssop [*Hyssopus officinalis* L. subsp. *angustifolius* (Bieb.)]. Biocatalyst Agriculture and Biotechnology. 21: 101318.

Alaei, Sh. (2019). Essential oil content and composition of *Dracocephalum moldavica* under different irrigation regimes. International Journal of Horticultural Science and Technology. 6(2): 167-175.

Albergaria, E.T., Oliveira, A.F. and Albuquerque, U.P. (2020). The effect of water deficit stress on the composition of phenolic compounds in medicinal plants. African Journal of Botany. 131(11): 12-17.

Alizadeh, A., Najafi, F., Hadian, J. and Salehi, P. (2018). Effect of different levels of humic-acid and vermicompost extract on growth, yield, morphological and phytochemical properties of *Satureja khuzistanica* Jamzad. Journal of Agroecology. 10(35): 69-80.

Arnon, D.I. (1975). Physiological principles of dry land crop production. In: U.S.Gupta (Ed.) Physiological Aspects of Dry Land Farming. pp. 3-14. Oxford Press.

Asadi, M., Nasiri, Y., Molla Abasiyan, S. and Morshedloo, M.R. (2018). Evaluation of quantitative and qualitative yiled of Peppermint under amino acids, chemical and organic fertilizers. Agricultural Science and Sustainable Production. 28(3): 257-275.

Asgarian, H., Abdossi, V., Danaee, E. and Moghadam, A. (2021). Effects of using humic acid and selenium on some morphophysiological characteristics of *Calendula officinalis* L. under salinity stress. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research. 37(4): 596-611.

Babaei, Kh., Moghaddam, M. and Farhadi, N. (2021). Morphological, physiological and phytochemical responses of Mexican marigold (*Tagetes minuta* L.) to drought stress. Scientia Horticulturae. 284(3): 110-116.

Caser, M., Chitarra, W., Angiolillod, F. and Perrone, I. (2019). Drought stress adaptation modulates plant secondary metabolite production in *Salvia dolomitica* Codd. Industrial Crops and Products. 129: 85-96.

Dere, S., Güneş, T. and Sivaci, R. (1998). Spectrophotometric determination of chlorophyll-A, B and total carotenoid contents of some algae species using different solvents. Turkish Journal of Botany. 22(1): 13-17.

Doskočil, L., Szewieczková, J.B., Enev, V., Kalina, L. and Wasserbauer, J. (2018). Spectral characterization and comparison of humic acids isolated from some European lignites. Fuel. 213: 123-132.

Esch, E.H., Lipson, D.A. and Cleland, E.E. (2019). Invasion and drought alter phenological sensitivity and synergistically lower ecosystem production. Ecology. 100(10): e02802.

Fariaszewska, A., Aper, J., Van Huylenbroeck, J. and De Swaef, T. (2020). Physiological and biochemical responses of forage grass varieties to mild drought stress under field conditions. International Journal of Plant Production. 14: 335–353.

Ghanbarzadeh, Z., Mohsenzadeh, S., Rowshan, V. and Moradshahi, A. (2019). Evaluation of the growth, essential oil composition and antioxidant activity of *Dracocephalum moldavica* under water deficit stress and symbiosis with *Claroideo glomusetunicatum* and *Micrococcus yunnanensis*. Scientia Horticulturae. 256: 108652.

Hamedi, B., Ghasemi Pirbalouti, A. and Rajabzadeh, F. (2022). Responses to morpho-physiological, phytochemical, and nutritional characteristics of Damask Rose (*Rosa damescena* Mill.) to the applied of organic and chemical fertilizers. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 53(17): 1-17.

Hamedi, B., Ghasemi Pirbalouti, A. and Rajabzadeh, F. (2022). Manures, vermicompost, and chemical fertilizer impacts on the yield and volatile compounds of the damask rose (*Rosa damascena* Mill.) flower petals. Industrial Crops and Products. 187: 115470.

Hasani, S.M., Azadfar, D., Arzanesh, M.H., Saeedi, Z. and Matinkhah, S.H. (2021). Effects of fertilizer treatments on morphological and qualitative traits of *Descurainia sophia* (L.) Schur and *Coriandrum sativum* L. in agroforestry systems. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research. 37(5): 766-780.

Hayati, A., Rahimi, M.M., Kelidari, A. and Hosseini, S.M. (2021). Effects of humic acid and iron nanochelate on osmolytes content of black cumin (*Nigella sativa* L.) under drought stress conditions. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research. 37(5): 809-821.

Javidnia, K. and Miri, R. (2003). Composition of the essential oil of *Salvia syriaca* L. ssp. orientale. Journal of Essential Oil Research. 15: 118-129.

Kulak, M. (2020). Recurrent drought stress effects on essential oil profile of Lamiaceae plants: An approach regarding stress memory. Industrial Crops and Products. 154: 1-17.

Marschner, H. (1997). Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nded. San Diego: Academic Press: pp: 379-396.

Mc-Garvey, D. and Croteau, R. (1995). Terpenoid metabolism. The Plant Cell. 7(7): 1015-1026.

Mohammadi, S.M., Sefidkon, F., Asadi-Sanam, S. and Kalatejari, S. (2021). Effects of nutritional treatments on morphological characteristics and essential oil yield of *Satureja khuzistanica* Jamzad. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research. 37(2): 193-213.

Mozaffarian, V. (2008). A Pictorial Dictionary of Botanical Taxonomy Latin-English-French-Germany-Persian. Germany: Koeltz Scientific Books.

Mumivand, H., Ebrahimi, A., Morshedloo, M. R. and Shayganfar, A. (2021). Water deficit stress changes in drug yield, antioxidant enzymes activity and essential oil quality and quantity of Tarragon (*Artemisia dracunculus* L.). Industrial Crops and Products. 164: 113381.

Najafi vafa, Z., Sirousmehr, A. and Bijhani, M. (2020). Effect of different levels of humic acid and nano-zinc fertilizer on the antioxidant enzyme activities and essential oil of Savory (*Satureja hortensis* L.). Horticultural Plants Nutrition. 3(2): 43-58.

Nejatzadeh, F. (2020). Effect of biofertilizer and magnesium sulfate on the components ofessential oil of *Dracocephalum moldavica*. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. 27(2): 101671.

Rahmani Samani, M., D'Urso, G., Montoro, P., Ghasemi Pirbalouti, A. and Piacente, S. (2021). Effects of bio-fertilizers on the production of specialized metabolites in *Salvia officinalis* L. leaves: An analytical approach based on LC-ESI/LTQ-Orbitrap/MS and Multivariate data analysis. Annals Journal of Pharmacology and Bio-medicals. 197: 113951.

Rostaei, M., Fallah, S., Lorigooini, Z. and Surki, A.A. (2018). The effect of organic manure and chemical fertilizer on essential oil, chemical compositions and antioxidant activity of dill (*Anethum graveolens*) in sole and intercropped with soybean (*Glycine max*). Journal of Cleaning Production. 199: 18–26.

Sasani, N., Pâques, L.E., Boulanger, G. and Singh, A.P. (2021). Physiological and anatomical responses to drought stress differ between two larch species and their hybrid. Trees. 35(5): 1467-1484.

Shahsavari, M., Naderi, D. and Gheisari, M.M. (2019). Effects of organic nano-fertilizer and humic acid on biochemical characteristics and some essential oil of Damask rose (*Rosa damascene* Mill.). Iranian Journal of Medical and Aromatic Plants. 35: 134–144.

Stojicevic, S.S., Stanisavljevic, I.T., Velickovic, D.T., Veljkovic, V.B. and Lazic, M.L. (2008). Comparative screening of the antioxidant and antimicrobial activities of *Sempervivum marmoreum* L. extracts obtained by various extraction techniques. Journal Serbian Chemistry Society. 73(6): 597-607.

Ucar, Y., Kazaz, S., Eraslan, F. and Baydar, H. (2016). Effects of different irrigation water and nitrogen levels on the water use, rose flower yield and oil yield of *Rosa damascena*. Agricultural Water Management. 182: 94-102.

Wibowo, S.T. (2007). Kandungan Hormone IAA, Serpan Hara, Dan Pertumbuhan Beberapa Tanaman Budidaya Sebagia Respon Terhadap Aplikasi Pupuk BiologiBogor: Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.432 pp.

Yadegari, M. (2022a). Effects of NPK complete fertilizer, botamisol, and humic acid on morphophysiological characteristics and essential oil in three *Thymus* species under drought stress conditions. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research. 38(2): 301-321.

Yadegari. M. (2022b). Effects of NPK, botamisol, and humic acid on morphophysiological traits and essential oil of three *Satureja* species under drought stress. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research. 38(1): 301-321.

Yadegari, M. (2021). The effect of organic and chemical fertilizers on content and composition of essential oil in lemon balm (*Melissa officinalis* L.). Journal of Plant Process and Function. 10(41): 315-329.

Yadegari, M. (2017). Irrigation periods and Fe, Zn foliar application on agronomic characters of *Borago officinalis*, *Calendula officinalis*, *Thymus vulgaris* and *Alyssum desertorum*. Communication in Soil Science and Plant Analysis. 48: 307–315.

Yadegari, M. (2014). Foliar application effects of salicylic acid and jasmonic acid on the essential oil composition of *Salvia officinalis*. Turkish Journal of Biochemistry. 43(4): 417-424.

Zakerian, F., Sefidkon, F., Abbaszadeh, A. and Kalateh, S. (2020). Drought stress and micorrhiza fungi effects on physiologic and essential oil characters of *Thymus sahandica* Bornm. Iranian Journal of Horticultural Science. 51(1): 189-201.

Zarrabi, M.M., Mafakheri, S., Hajivand, Sh. and Arvane, A. (2017). Effect of organic and chemical fertilization on qualitative and quantitative characteristics of *Melissa officinalis* (Lemon Balm). Plant Production Technology. 9(1): 113-124.