فرآیند و کارکرد گیاهی، جلد ۱۲، شماره ۵۷، آذر و دی‌ماه ۱۴۰۲ صفحه: ۴۱۷-۴۴۰
https://doi.org/10.22034/12.57.417

مقاله پژوهشی

اثر برخی کودهای زیستی و شیمیایی بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی و اسانس گلبرگ گل محمدی (*Rosa damascena* Mill.) تحت تنش خشکی

مهراب یادگاری

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

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۲۳، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۲/۰۵/۳۱)

چکیده

کودهای آلی و شیمیایی، نقش حیاتی در مراحل رشد و نمو گیاهان ایفا می‌کنند و کاربرد آن‌ها می‌تواند باعث افزایش رشد و تولید گیاهان شود. در تحقیق حاضر تأثیر کودهای زیستی (بوتامیسول، اسید هیومیک، کودهای اسبی، گوسفندی، گاوی، مرغی، ورمی‌کمپوست، کامل شیمیایی NPK همراه با دو سطح شاهد (مثبت: آب‌پاشی و منفی: بدون هر گونه محلول‌پاشی) تحت تنش خشکی بر صفات مورفوفیزیولوژیکی و اسانس گلبرگ گل محمدی (*Rosa damascena* Mill.) در طی دو سال، به صورت فاکتوریل دو عامل (کود و تنش خشکی) در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که از بین ۱۳ ترکیب شناسایی شده اسانس در کل تیمارها، بیشترین اجزاء مربوط به سیترونلول و ژرانیول (مونوترپن‌های اکسیژنه الکلی) و هنیکوزان و نونادکان (هیدروکربن‌های آلکان‌دار) بود. در بین اجزاء اسانس، ماده مؤثره هنیکوزان (۳۴/۶ و ۳۳/۶ درصد) بیشترین میزان را به خود اختصاص داد. نتایج دو سال پژوهش نشان داد که بالاترین مقادیر ارتفاع بوته (۲۱۲/۱ و ۲۱۴/۴ سانتی‌متر)، تعداد شاخه اصلی (۲۲/۲ و ۲۳/۱)، کلروفیل کل (۱۸/۱ و ۱۸/۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، محتوای نسبی آب برگ (۶۹/۵ و ۶۸/۴)، عملکرد گل (۷۶۵۱/۵ و ۷۵۹۱/۲ کیلوگرم در هکتار)، اسانس (۰/۰۷۶ و ۰/۰۶۹ درصد) توسط تیمارهای ورمی‌کمپوست، کود مرغی و یا کود کامل تحت شرایط عدم تنش خشکی به دست آمد. پیشنهاد می‌شود برای حصول بالاترین ترکیب کیفی اسانس گل محمدی یعنی دو ترکیب مهم معطر سیترونلول و ژرانیول تحت شرایط مشابه، از تیمارهای کود کامل و یا کود مرغی استفاده گردد.

کلمات کلیدی: ژرانیول، سیترونلول، کود کامل،کود مرغی، گیاه دارویی

مقدمه

گل‌محمدی با نام علمی *Rosa damascena* Mill. از مهمترین گونه‌های معطر خانواده رز یا گل سرخ است که خاستگاه و رویشگاه اولیه آن ایران و منطقه خاورمیانه است. مبدأ گونه *damascena* در ایران و *rugosa* در شرق اروپا است. میوه شامل فندقه‌های متعددی است که توسط تخمدان گوشتی احاطه شده است (Khaleghi and Khadivi, 2020). مهمترین ترکیبات گل محمدی، اسانس شامل سیترونلول، ژرانیول، اوژنول، سیترال، نرول و فارنزول است (Seify *et al.*, 2018; Alizadeh and Fattahi, 2021; Antonova *et al.*, 2020). ترکیبات غالب اسانس این گیاه نقش بسیار مهمی در صنایع داروسازی و عطرسازی دارند (Gorji Chakespari *et al.*,

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی:mehrabyadegari@gmail.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

2017; Mohammadinasab *et al.*, 2019). مهم‌ترین عوامل مؤثر بر ترکیبات ثانویه گیاهان دارویی عوامل ژنتیکی، محیطی و برهمکنش بین آنهاست. نیتروژن، فسفر و پتاسیم به عنوان عناصر پرمصرف، نقش بسیار مهمی در رشد و تولید گیاهان ایفا می‌نمایند (Bilal *et al.*, 2020). با توجه به نقش مخرب کودهای شیمیایی و نیاز به مواد مؤثره با کیفیت، امروزه استفاده از کودهای زیستی نقش بارزی در کشت و کار گیاهان دارویی دارند. در راستای ایجاد و توسعه کشاورزی پایدار، کودهای آلی باعث بهبودی حاصل‌خیزی خاک، رشد گیاه و کاهش تخریب محیط‌زیست می‌شوند. کودهای آلی 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.*, 2022a; Rostaei *et al.*, 2018). از جمله کودهای آلی، اسید هیومیک، ماده‌ای طبیعی است که محصول ثانویه گیاه خاک‌سازی یا همان فرآیند تولید دوباره خاک گیاه است. اسید هیومیک باعث بهبود ساختار خاک شده و با تیره کردن خاک، جذب انرژی خورشید را افزایش می‌دهد (Doskocil *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*) (یادگاری، ۱۴۰۱)، فعالیت آنزیم‌های کاتالازی و میزان اسانس در گل همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) (عسگریان و همکاران، ۱۴۰۰) و گل محمدی (*Rosa damascena* Mill.) (شهسواری و همکاران، ۱۳۹۸)، شده است. کود زیستی دیگر بوتامیسول است که از هیدرولیز آنزیمی گیاهان به‌دست آمده است. دارای درصد بالایی از اسید آمینه پرولین است که باعث افزایش تحمل گیاهان به تنش‌های خشکی و گرما می‌شود (Hamedi *et al.*, 2022a; Rahmani Samani *et al.*, 2021). پژوهش‌های مختلف نشان داده‌اند که اسیدهای آمینه منجر به بهبودصفات مورفولوژیکی نعناع فلفلی (*Mentha piperita*) (اسدی و همکاران، ۱۳۹۷)؛ گونه‌های مرزه (*Satureja*) و آویشن (*Thymus*) (محمدی، ۱۴۰۰؛ یادگاری، ۱۴۰۱) شده‌اند. کود مرغی یکی دیگر از انواع کودهای دامی و منبع ماده آلی مهم برای تقویت انواع خاک‌هاست. این کود افزون بر داشتن مواد مغذی یکی از کودهای ارزان قیمت در مقایسه با کودهای متداول در تولید گیاهان دارویی بوده و از نظر داشتن نیتروژن نسبت به سایر کودهای دامی غنی‌تر است (Nejatzadeh, 2020). استفاده از ورمی‌کمپوست یکی دیگر از راه‌های بهبود حاصلخیزی خاک به شمار می‌رود. ورمی‌کمپوست یک منبع ارگانیک است که ظرفیت رطوبتی خاک را بهبود بخشیده و دارای عناصر پرمصرف، ریزمغذی و موادی مانند B_{12} و اکسین، به عنوان محرک رشد گیاه، می‌باشد (Alizadeh *et al.*, 2018; Hamedi *et al.*, 2022b). تیمار با ورمی‌کمپوست، در گیاهان دارویی بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) (یادگاری، ۱۴۰۰)، زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) (Aghaei *et al.*, 2019)، بادرشبویه (*Dracocephalum moldavica*) (Nejatzadeh, 2020)، گل‌محمدی (*Rosa damascena* Mill.) (Hamedi *et al.*, 2022b)، سرخارگل (*Echinaceae purpurea* L.) (هاشم‌پور و همکاران، ۱۴۰۱)، مرزه سنبله‌ای (*Satureja spicigera* Jamzad) (صفایی و همکاران، ۱۴۰۱)، مرزه جنگلی (*Satureja mutica* Fisch C.A.Mey)، (یوسفی و همکاران، ۱۴۰۱)، خاکشیر (*Descurainia sophia* (L.) Schur) و گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) (حسنی و همکاران، ۱۴۰۰)، کشت مخلوط سیر (*Allium sativum* L.) و شنبلیله (*Trigonella foenum-graceum* L.) (اسماعیلیان و جلالی، ۱۴۰۱) منجر به افزایش معنی‌دار صفات بیوشیمیایی و مورفوفیزیولوژیکی مورد تحقیق گردیده است. کارکرد کودهای زیستی در مراحل مختلف فنولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه، بسته به شرایط محیطی متفاوت است (Hamedi *et al.*, 2022a; Rostaei *et al.*, 2018).

از سوی دیگر، با توجه به قرار گرفتن ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک، تنش آب یکی از مسائل محدودکننده رشد و نمو گیاهان است. خشکی منجر به افزایش مقادیر اسانس گیاهان دارویی ترخون (*Artemisia dracunculus* L.)

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

(Mumivand, *et al.*, 2021)، آویشن باغی (*T. vulgaris* L.) (Honorato *et al.*, 2022)، مالون دی‌آلدئید و کل فنول همیشه بهار مکزیکی (*Tagetes minuta* L.) (Babaei *et al.*, 2021)، راندمان مصرف آب، میزان پرولین و اسیدهای فنولیک گیاه چچم پرگل (*Lolium multiflorum*) و فستوکا (*Festuca arundinacea*) (Fariaszewska *et al.*, 2020)؛ کاهش پتانسیل آب برگ و فتوسنتز خالص مریم گلی (*Salvia dolomitica*) (Caser *et al.*, 2019)؛ افزایش مقادیر آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز دیسموتاز و پرولین سیاه دانه (*Nigella sativa* L.) (حیاتی و همکاران، ۱۴۰۰)، آنزیم آسکوربات پراکسیداز، گایاکول پراکسیداز بادرشبویه (*Dracocephalum moldavica*) (Ghanbarzadeh *et al.*, 2019) گردیده است. 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 می‌کنند (Albergaria *et al.*, 2020). در گیاه بادرشبویه (*Dracocephalum moldavica*)، با افزایش میزان آبیاری میزان ترکیبات عمده اسانس از دسته مونوترپن‌های اکسیژن‌دار افزایش و با افزایش تنش خشکی، ترکیبات اسانس از دسته سزکویی‌ترپن افزایش یافت (Alaei, 2019).

با وجود تنش خشکی در بیشتر مناطق کشور از یکسو و از سوی دیگر نقش بسیار ارزشمند گیاه دارویی گل محمدی، در پژوهش حاضر با استفاده از کودهای آلی و شیمیایی به بررسی تأثیرگذاری این کودها بر کمیت و کیفیت اسانس و برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی این گیاه تحت شرایط تنش خشکی پرداخته شد تا بتوان مناسب‌ترین نوع کود را در راستای کشاورزی پایدار و تولید بیشتر در این شرایط به کشاورزان ارائه نمود.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش تأثیر 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 هر گونه محلول‌پاشی (J)) تحت تنش خشکی در سه سطح ظرفیت مزرعه (K_1)، ۵۰ درصد (K_2) و ۷۵ درصد تخلیه رطوبتی (K_3) بر صفات مورفوفیزیولوژیکی و اسانس گل محمدی (*Rosa damascena* Mill.) در طی دو سال، به صورت فاکتوریل دو عامل (کود و تنش خشکی) در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. گلستان مورد پژوهش واقع در شهر چلیچه در ۳۵ کیلومتری و جنوب غربی شهرکرد، مرکز استان چهارمحال و بختیاری، به ابعاد ۸۰ ×۲۰ متر و دارای ۳۳۶ درختچه چهار ساله از نسل دوم ژنوتیپ گل محمدی (*Rosa damascena* Mill.) با اسانس بالا، شامل نهال‌های تهیه شده از طریق کشت بافت توسط موسسهٔ کشت بافت دکتر رستگار، بودند. این بخش از گلستان، به چهار کرت هر کدام به طول ۸۰ متر، با فاصله ۵ متر از یکدیگر و مشتمل بر یک کرت اصلی و سه تکرار، در نظر گرفته و پلاک‌بندی شد. در هر کرت، شش درختچه، به ارتفاع ۹۰ تا ۱۱۰ سانتی‌متر، با فاصله هر درختچه، ۱۰۰–۹۰ سانتی‌متر، انتخاب و تیمارهای آزمایش اعمال شدند. مشخصات اقلیمی منطقه و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل پژوهش به ترتیب در جداول ۱ و ۲ و خصوصیات کودهای مورد استفاده در جدول ۳ آمده است.

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 چالکود 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 (سپاهان کشت)، 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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی و اقلیمی منطقه مورد پژوهش

عرض جغرافیایی	**۳۲/۲۶ شمالی**
طول جغرافیایی	۵۰/۵۶ شرقی
ارتفاع از سطح دریا	۲۰۵۹متر
حداقل مطلق دما	۳۰ – درجه سانتی‌گراد
حداکثر مطلق دما	۳۵ درجه سانتی‌گراد
میانگین دمای روزانه	۱۱/۸ درجه سانتی‌گراد
متوسط بارندگی سالانه	۴۳۵/۷ میلی‌متر
متوسط رطوبت نسبی	۴۶ درصد
تعداد روزهای یخبندان	۱۱۲روز
میانگین ساعات آفتابی سالانه	۲۸۷۹ ساعت

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل پژوهش

سال	بافت	هدایت الکتریکی	مواد خنثی	کربن آلی	نیتروژن	**pH**	پتاسیم	فسفر	روی	منگنز	آهن	مس
		دسی‌زیمنس بر متر	درصد				میلی‌گرم در کیلوگرم					
۱۴۰۱	لوم	۰/۶۰۶	۳۱/۵۰	۰/۶۶۳	۰/۰۵۸	۷/۹۲	۲۸۷	۱۶/۵	۰/۶۸	۳/۱۶	۳/۹۸	۰/۹۸
۱۴۰۲	لوم	۰/۶۱	۲۹/۸۰	۰/۷۱۰	۰/۰۵۵	۷/۸۸	۲۹۳	۱۶/۸	۰/۷۲	۳/۲۳	۳/۶۴	۰/۸۶

جدول ۳- خصوصیات کودهای مورد استفاده

نام کود	ترکیبات
بوتامیسول (A)	۴۵٪ کل اسیدهای آمینه، ۱۸٪ اسیدهای آمینه آزاد، ۸ ٪ نیتروژن کل
اسید هیومیک (B)	۷۳٪ هیومات پتاسیم، ۱۵٪ اسید فولیک، ۱۲٪ اکسید پتاسیم

ادامه جدول ۳- ویژگی‌های کودهای مورد استفاده

خصوصیت	واحد	کود اسبی (C)	کود گوسفندی (D)	کود گاوی (E)	کود مرغی (F)	ورمی‌کمپوست (G)	کود کامل (H)
اسیدیته	–	۷/۲۰	۷/۹۰	۷/۹۲	۶/۷۱	۷/۹۰	۵/۱۰
هدایت الکتریکی	دسی‌زیمنس بر متر	۴/۴۲	۱/۹۸	۴/۳۸	۴/۷۵	۵/۲۰	۰/۹۱۴
کربن آلی	درصد	۱۸/۵۰	۱۹/۵۰	۱۷/۵۰	۳۱/۲۰	۲۰/۱۰	–
نیتروژن	درصد	۲/۷۲	۲/۳۲	۲/۶۴	۴/۵۰	۴/۵۱	۲۰
فسفر	درصد	۰/۴۸	۰/۵۶	۰/۵۹	۱/۷۱	۱/۵۸	۲۰
پتاسیم	درصد	۰/۹۸	۰/۶۳	۰/۹۸	۱/۲۵	۱/۵۱	۲۰
آهن	میلی‌گرم در کیلوگرم	۲۲۱۴	۱۷۱۸	۳۸۱۲	۱۴۷۵	۲۸۲۰	۵۰۰۰۰
روی	میلی‌گرم در کیلوگرم	۱۱۵/۵۰	۲۰۶	۱۲۰/۴۰	۴۲۵/۳۰	۱۹۸/۱۰	۲۰۰۰۰
مس	میلی‌گرم در کیلوگرم	۳۳/۳۰	۵۱/۷۲	۲۸/۱۲	۱۱۷	۸۸/۸۰	–
منگنز	میلی‌گرم در کیلوگرم	۲۸۹/۸۰	۲۲۰	۳۳۱	۴۹۳/۲۰	۳۹۶	۲۰۰۰۰

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

طلوع آفتاب، محلول‌پاشی تیمارهای بوتامیسول و اسید هیومیک انجام شد.

جهت تعیین درصد 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 ۴۸ 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. صفات مورد برآورد در این پژوهش شامل کمیت و کیفیت اسانس، صفات مورفولوژیکی (ارتفاع گیاه، تعداد شاخه اصلی و عملکرد گل) و صفات فیزیولوژیکی (محتوای نسبی آب برگ، میزان اسید آمینه پرولین و میزان کلروفیل کل)، بود. برای برآورد محتوای نسبی آب برگ، ۰/۵ گرم از جوان‌ترین برگ توسعه یافته هر گیاه جدا کرده و سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر شناور گردیدند (وزن تر برگ). پس از گذشت این مدت، وزن اشباع برگ با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ برآورد گردید (وزن اشباع). سپس برگ‌ها به مدت ۲۴ 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 (وزن خشک برگ). در نهایت محتوای آب نسبی با استفاده از معادله زیر محاسبه گردید (Arnon, 1975):

درصد محتوای نسبی آب برگ = (وزن تر- وزن خشک) / (وزن اشباع برگ - وزن خشک برگ)

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 ۶۶۳ نانومتر (حداکثر جذب نور کلروفیل a) و ۶۴۵ نانومتر (حداکثر جذب نور کلروفیل b) توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل CARY-100 ساخت واریان استرالیا) و با استفاده از استون ۸۰ درصد به‌عنوان محلول مرجع خوانده گردید (Dere *et al.*, 1998):

کلروفیل کل (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر)= (۸/۰۲× حداکثر جذب نور کلروفیل a)+ (۲۰/۲۱× حداکثر جذب نور کلروفیل b)

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 به شدت تکان داده شد. بدین ترتیب، دو فاز جامد و مایع نمونه‌ها به‌دقت تفکیک گردید. پس از خنک کردن نمونه‌ها در آب یخ، ۴ 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):

$$\frac{۵}{\text{وزن نمونه (گرم)}} \times \frac{\text{حجم عصاره (میلی‌لیتر)} \times \text{پرولین عصاره (میکروگرم در میلی‌لیتر)}}{۱۱۵/۵ \text{ (میکروگرم در میکرومول)}} = \frac{\text{پرولین برگ}}{\text{(میکرومول در گرم وزن تر)}}$$

عملیات برداشت، پس‌از گل‌دهی در چهار نوبت و هر سه روز یک بار، قبل از طلوع خورشید، صورت گرفت. به منظور محافظت نوری نمونه‌ها و حداقل آسیب به کیفیت اسانس، گلبرگ‌ها در پاکت‌های کاغذی جمع‌آوری شدند. سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و پس از توزین و شماره‌گذاری نمونه‌های گلبرگ در آزمایشگاه، از مقدار ۱۵۰ گرم گلبرگ خالص، به روش تقطیر با آب، در دستگاه کلونجر (بروسیلیکات آلمانی ساخت شیشه آلات ایران) و براساس درصد وزنی، اسانس‌گیری صورت گرفت که برای هر نمونه سه ساعت به طول انجامید. در این مدت با قرار گرفتن در معرض یک منبع حرارتی، آب و اسانس با هم تقطیر شدند. با توجه به متفاوت بودن نقطه میعان آب با نقطه میعان اسانس،

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

هر دو در دو فاز مجزا قرار گرفتند. در طی فرآیند تقطیر، واکنش‌های شیمیایی از جمله هیدرولیز، اکسیداسیون، پلیمریزاسیون که برخی مفید و باعث بهبود کیفیت کلی اسانس و ترکیبات کلی آن می‌شود، بین مواد و ترکیبات تشکیل‌دهنده صورت پذیرفت (Adams, 2007). اسانس گیاهان مورد نظر پس از آماده‌سازی، جهت شناسایی ترکیبات به دستگاه GC/MS (مدل 7890A/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 ۶۰ تا ۲۴۰ درجه سانتی‌گراد تزریق گردید. شناسایی طیف‌ها به کمک شاخص بازداری آن‌ها و مقایسه آن با شاخص‌های موجود در کتب مرجع (Adams, 2007) و با استفاده از طیف‌های جرمی ترکیبات استاندارد و استفاده ازاطلاعات موجود در کتابخانه کامپیوتری (Wiley and NIST) صورت گرفت. پس از انجام آزمون همگنی واریانس‌های خطای آزمایشی (بارتلت) و مشخص شدن عدم معنی‌داری در هر دو سال، تجزیه مرکب اطلاعات برآمده از پژوهش به‌واسطه نرم‌افزار آماری $SAS_{ver.9}$ 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 نرم‌افزار Excel ver. 2013، برآورد مجدد انجام شد.

نتایج و بحث

اسانس و ترکیبات اسانس: نتایج نشان داد که اثرگذاری تیمارهای آزمایشی در هر دو سال بر میزان اسانس و ترکیبات غالب آن (جدول ۴) معنی‌دار بود. بیشترین میزان اسانس (۰/۰۷۶ و ۰/۰۶۹ درصد) در دو سال پژوهش در تیمارهای کود کامل و کود مرغی تحت شرایط رطوبتی بدون تنش، به‌وجود آمد که در مقایسه با تیمارهای شاهد در شرایط بدون تنش خشکی، افزایشی حدود ۳۵ درصد را نشان داد (جدول ۵). نتایج برآمده از تجزیه فیتوشیمیایی اسانس، وجود ۱۳ ترکیب در اسانس این گیاه را نشان داد. بیشترین اجزای موجود در اسانس شامل سیترونلول، ژرانیول، نونادکان و هنیکوزان بود. در بین اجزای اسانس، مواد مؤثره هنیکوزان و سیترونلول بیشترین مقادیر را در تمامی گلبرگ‌های گیاهان تحت تیمار در هر دو سال پژوهش، به خود اختصاص دادند (جدول ۵). مشخص گردید که اثرگذاری تیمارهای آزمایشی بر مواد مؤثره مونوترپن‌های اکسیژنه گروه الکلی (نرال، ژرانیال، نرول، ژرانیول، سیترونلول، لینالول)، آلی حلقوی (فنیل اتیل الکل، سیکلودودکان)، آلی غیرحلقوی (اکتادکان، هپتادکان)، هیدروکربن‌های آلکان‌دار (هنیکوزان و نونادکان) و ۱-هگزادکانول از گروه الکل‌های چرب غیرحلقوی و نیز میزان اسانس، معنی‌دار بوده است. تیمار کود گاوی و نیز اسید هیومیک اثر بسیار منفی در تولید سیکلودودکان ایجاد نمودند. بیشترین میزان افزایش مواد مؤثره ژرانیول و ژرانیال در اثر تیمار کود کامل به دست آمد. بیشترین اثر در افزایش ماده مؤثره هپتادکان توسط تیمار شاهد آب‌پاشی شده به‌وجود آمد. ماده مؤثره هگزادکانول در اثر کاربرد تیمارهای ورمی‌کمپوست و بوتامیسول به‌طور مطلوبی افزایش یافت. در تولید ماده موثره هنیکوزان، تیمار ورمی‌کمپوست اثر مثبت داشت (جدول ۵). در ترکیبات عمده اسانس نیز با توجه به نتایج به‌دست آمده در دو سال پژوهش نسبت به تیمارهای شاهد در شرایط رطوبتی یکسان، افزایش بیش از ۳۰ درصد مشاهده گردید (جدول ۵). کود آلی به‌واسطه فراهم نمودن مقادیر بیشتری از عناصر مغذی، منجر به بیشتر شدن وزن گیاه و مواد مؤثره موجود در آن می‌گردد (Doskocil *et al*., 2018). این اثرگذاری مطلوب در گیاهان شوید (*Anethum graveolens*) (Rostaei *et al*., 2018)، مریم گلی (*Salvia officinalis*) (Rahmani Samani *et al*., 2021)، گونه‌های آویشن (*Thymus*) و مرزه (*Satureja*) (یادگاری، ۱۴۰۱)، خاکشیر (*Descurainia sophia* (L.) Schur) و گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) (حسنی و همکاران، ۱۴۰۰) به اثبات رسیده است.

صفات مورفوفیزیولوژیکی: تیمارهای مورد پژوهش اثر معنی‌داری بر صفات مورفوفیزیولوژیکی مورد بررسی ایجاد نمودند (جدول ۶) که به شرح ذیل اشاره می‌شوند.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

جدول ۴- تجزیه واریانس مرکب مربعات اسانس و ترکیبات اسانس گل محمدی در سال‌های اجرای پژوهش

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		لینالول	فنیل اتیل الکل	سیترونلول	نرول	نرال	سیکلو دودکان	ژرانیول
سال	۱	۰/۰۴^{ns}	۰/۶۱^{ns}	۸/۵*	۱۲/۳۵*	۱۰/۱*	۵/۱ ^{ns}	۶/۲^{ns}
تکرار در سال	۴	۰/۰۳	۰/۲۶	۱/۱	۱/۶	۱/۳	۲/۳	۱/۸
کود	۹	۰/۰۱۵**	۰/۳۱**	۴/۵**	۰/۵**	۱/۸**	۱/۵**	۰/۴۹**
تنش‌خشکی	۲	۰/۰۸**	۰/۵۲**	۰/۶۴**	۰/۸۶**	۰/۶۳**	۰/۵۵**	۰/۴**
کود × تنش‌خشکی	۱۸	۰/۰۷**	۰/۴۲**	۰/۷۲**	۰/۲۴**	۰/۴۲**	۰/۵۳**	۰/۸۳**
کود × سال	۹	۰/۰۸**	۰/۵**	۰/۰۵۶**	۰/۵**	۰/۵**	۰/۱**	۰/۶۲**
تنش‌خشکی × سال	۲	۰/۰۰۷*	۰/۱۱*	۰/۰۱۵۴*	۰/۰۱۸*	۰/۰۲۸*	۰/۰۱۷۴*	۰/۰۰۳۲*
کود × تنش‌خشکی × سال	۱۸	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۴^{ns}	۰/۰۱۵۵*	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}
خطا	۱۱۶	۰/۰۰۲۱	۰/۰۳۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۶	۰/۰۰۹	۰/۰۰۵	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات		۷/۹	۸/۳	۸/۴	۶/۵	۸/۹	۱۰/۶	۶/۹

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

ادامه جدول ۴-

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		اکتادکان	۱هگزادکانول	نونادکان	هنیکوزان	ژرانیال	هپتادکان	اسانس
سال	۱	۰/۵۱^{ns}	۰/۶۱^{ns}	۱/۵۵*	۱۱/۵۹*	۱۴/۹*	۰/۱^{ns}	۰/۷۹^{ns}
تکرار در سال	۴	۰/۴۱	۰/۳۳	۰/۲	۱/۵	۱/۹۱	۰/۵۵	۰/۴۲
کود	۹	۰/۲۲**	۰/۵۳**	۴/۹**	۰/۸۴**	۱/۷۱**	۲/۲**	۰/۰۵۶**
تنش‌خشکی	۲	۰/۱۱**	۰/۶۳**	۰/۶۹**	۰/۹۶**	۰/۷۷**	۰/۶۹**	۰/۰۹۶**
کود × تنش‌خشکی	۱۸	۰/۱۴**	۰/۵۵**	۰/۸۸**	۰/۶۷**	۰/۵۵**	۰/۷۸**	۰/۰۶۲**
کود × سال	۹	۰/۱۱**	۰/۹۱**	۰/۰۹۳**	۰/۸۹**	۰/۶۹**	۰/۲۱**	۰/۰۸۸**
تنش‌خشکی × سال	۲	۰/۰۱*	۰/۱۴*	۰/۰۲۲*	۰/۰۲۵*	۰/۰۳۴*	۰/۰۱*	۰/۰۰۱*
کود × تنش‌خشکی × سال	۱۸	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۰/۰۱۸۸*	۰/۰۰۵۷*	۰/۰۰۰۲^{ns}
خطا	۱۱۶	۰/۰۰۳۳	۰/۰۴۴	۰/۰۰۷	۰/۰۰۸۱	۰/۰۱۱	۰/۰۰۳۳	۰/۰۰۰۳۱
ضریب تغییرات		۷/۵	۵/۹	۶/۳	۸/۴	۶/۱	۹/۸	۸/۱

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

کلروفیل کل: در دو سال انجام این پژوهش، بیشترین میزان کلروفیل کل گیاه گل محمدی (۱۸/۱ و ۱۸/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر) در تیمار ترکیبی کود کامل و کود مرغی تحت عدم تنش خشکی و کمترین میزان (۹/۳ و ۹/۱ میلی‌گرم کیلوگرم وزن تر) بواسطه تیمار شاهد بدون آب‌پاشی در شرایط تنش شدید تولید شد که رشدی بالغ بر ۹۵ درصد را نشان داد (جدول ۷). با توجه به این‌که عمده‌ترین عامل مؤثر بر رشد و تولید گیاهان، میزان جذب نور توسط برگ‌ها و تبدیل آن به

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

جدول ۵- مقایسات میانگین اسانس و ترکیبات اسانس گیاه گل محمدی تحت تیمارهای مختلف در سال ۱۴۰۱

ماده مؤثره	شاخص بازداری	AK_1*	AK_2	AK_3	BK_1	BK_2	BK_3	CK_1	CK_2
لینالول	۱۰۹۹	۱/۵۶	۰/۵۷	۱/۰۲	۱/۱۵	۰/۱۳	۰/۱۱	۰/۵۶	۱/۲۲
فنیل اتیل‌الکل	۱۱۱۰	۱/۱۷	۱/۵۴	۱/۰۲	۱/۷۵	۰/۴۲	۰/۳۲	۱/۴۹	۱/۵۵
سیترونلول	۱۲۲۸	۱۵/۹۴	۲۵/۷۹	۲۴/۸۱	۲۲/۶۳	۱۳/۵۳	۱۰/۵۷	۲۱/۸۹	۲۱/۲۵
نرول	۱۲۲۸	۲/۱۷	۱/۴۵	۱/۱۷	۱/۱۱	۰/۳۲	۰/۴۱	۱/۵۵	۱/۳۳
نرال	۱۲۴۰	۲/۳۵	۲/۴۵	۲/۲۴	۲/۲۸	۰/۴۷	۰/۳۶	۱/۷۷	۰/۹۶
سیکلودودکان	۱۲۴۲	۱/۳۵	۱/۱۳	۱/۶۹	۲/۵۵	۲/۵	۰/۹	۲/۶۴	۲/۱۱
ژرانیول	۱۲۵۲	۱۵/۱۴	۱۴/۹۱	۱۷/۲۱	۱۷/۶۵	۱۰/۷۱	۱۱/۷۶	۱۵/۳۳	۱۵/۸۸
ژرانیال	۱۲۷۰	۱/۱۸	۱/۱۸	۱/۴۵	۰/۷۷	۰/۸۸	۰/۸۵	۱/۲۶	۱/۲۲
هپتادکان	۱۶۷۲	۲/۴۵	۱/۷۶	۱/۰۸	۱/۷	۲/۹	۱/۲۹	۱/۱۴	۱/۷۲
اکتادکان	۱۸۰۰	۱/۴۴	۱/۲۵	۱/۰۲	۰/۶۴	۲/۴۸	۲/۰۳	۰/۵۸	۱/۵۵
۱-هگزادکانول	۱۸۷۳	۳/۵۵	۲/۰۹	۲/۸۳	۰/۹۵	۰/۸۸	۲/۶	۱/۴۵	۱/۴۴
نونادکان	۱۹۰۰	۱۴	۱۳/۴۵	۱۲/۸	۱۲/۱۱	۱۹/۱	۲۱/۶۲	۲۱/۵۲	۱۵/۳۳
هنیکوزان	۲۱۰۹	۲۷/۲۶	۲۸/۹۵	۳۰/۴۷	۲۹/۶۳	۳۲/۳۷	۲۹/۸۱	۲۵/۸۲	۲۶/۱۴
اسانس (٪)		۰/۰۴۲	۰/۰۴۶	۰/۰۴۴	۰/۰۴۷	۰/۰۵۳	۰/۰۵	۰/۰۴۶	۰/۰۴۳

ماده مؤثره	شاخص بازداری	CK_3*	DK_1	DK_2	DK_3	EK_1	EK_2	EK_3	FK_1
لینالول	۱۰۹۹	۱/۶۶	۱/۴	۱/۸	۰/۵۱	۰/۲	۱/۵۵	۱/۳۴	۱/۵۴
فنیل‌اتیل‌الکل	۱۱۱۰	۱/۳۳	۱/۹	۰/۵۵	۲/۷	۳/۴	۰/۴	۰/۲۳	۱/۲۲
سیترونلول	۱۲۲۸	۱۹/۸	۱۰/۷۱	۱۵/۷۶	۱۳/۳	۱۶/۷۷	۱۶/۶	۱۸/۱	۲۶/۱
نرول	۱۲۲۸	۱/۹	۰/۵۵	۲/۷	۳/۴	۰/۴	۰/۲۳	۰/۸۸	۱/۳
نرال	۱۲۴۰	۱/۱	۱/۴	۰/۱۱	۰/۳	۰/۴۹	۱/۵۵	۰/۸۸	۲/۷۱
سیکلودودکان	۱۲۴۲	۲/۷۱	۲/۶۳	۲/۵	۲/۶	۰/۵۵	۰/۳۶	۱/۶۶	۱/۴۴
ژرانیول	۱۲۵۲	۱۶/۹۳	۱۸/۷۱	۱۱/۹	۱۲/۶	۱۳/۱	۱۰/۱	۱۴/۸	۱۸/۳۳
ژرانیال	۱۲۷۰	۱/۶۶	۱/۴	۱/۸	۰/۷۶	۰/۶۷	۱/۵۵	۱/۳۴	۱/۷۷
هپتادکان	۱۶۷۲	۱/۹۹	۱/۱۴	۱/۴	۱/۱۱	۱/۹	۱/۴۹	۱/۵۵	۳/۶۳
اکتادکان	۱۸۰۰	۱/۳۳	۱/۹	۰/۶۶	۲/۷	۳/۴	۰/۸۸	۰/۹۱	۳/۵۵
۱-هگزادکانول	۱۸۷۳	۲/۷۱	۲/۶۳	۲/۵	۲/۶	۱/۵۵	۱/۳۶	۱/۶۶	۳/۶۲
نونادکان	۱۹۰۰	۱۵/۸۸	۱۶/۹۳	۱۸/۷۱	۱۱/۹	۱۴/۶	۱۳/۱	۱۲/۱	۱۳/۲
هنیکوزان	۲۱۰۹	۲۷/۹۱	۲۸/۲۱	۲۷/۶۵	۳۰/۷۱	۲۵/۷۶	۲۷/۱	۲۵/۱	۳۳/۱
اسانس (٪)		۰/۰۵۵	۰/۰۵۳	۰/۰۵	۰/۰۴۶	۰/۰۴۸	۰/۰۴۴	۰/۰۵۳	۰/۰۷۳

* 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 محلول‌پاشی؛ K3, K2, K1 تنش خشکی در سه سطح ظرفیت مزرعه، ۵۰ درصد و ۷۵ درصد تخلیه رطوبتی.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

ادامه جدول۵-

ماده مؤثره	شاخص بازداری	FK_2*	FK_3	GK_1	GK_2	GK_3	HK_1	HK_2
لینالول	۱۰۹۹	۰/۶۶	۱/۱	۱/۴	۰/۱۱	۰/۰۳	۰/۴۹	۰/۵۵
فنیل اتیل‌الکل	۱۱۱۰	۱/۶۶	۱/۴	۱/۸	۰/۵۱	۰/۲	۱/۵۵	۱/۳۴
سیترونلول	۱۲۲۸	۲۴/۹	۲۲/۹	۲۵/۳	۱۲/۶۱	۱۰/۴	۲۶/۷۱	۲۲/۱
نرول	۱۲۲۸	۱/۷۸	۱/۳	۱/۴	۰/۴۴	۰/۳	۰/۴۴	۱/۴۴
نرال	۱۲۴۰	۲/۶۳	۲/۵	۲/۶	۰/۵۵	۰/۳۶	۱/۶۶	۱/۵۵
سیکلودودکان	۱۲۴۲	۱/۴	۱/۸۹	۲/۷	۲/۱	۰/۸	۲/۲۲	۱/۲۲
ژرانیول	۱۲۵۲	۱۵/۸۸	۱۶/۹۳	۱۸/۷۱	۱۱/۹	۱۴/۶	۱۹/۱	۱۲/۱
ژرانیال	۱۲۷۰	۱/۲۴	۱/۶۷	۰/۵۲	۰/۷۷	۰/۸۳	۱/۱	۱/۴۴
هپتادکان	۱۶۷۲	۱/۵۲	۱/۲	۱/۶۶	۳/۵	۲/۴	۱/۹	۱/۲
اکتادکان	۱۸۰۰	۱/۳۳	۱/۹	۰/۶۷	۲/۷	۳/۴	۰/۷۱	۰/۶۱
۱-هگزادکانول	۱۸۷۳	۲/۲	۳/۹	۳/۸۸	۱/۶۷	۳/۷۱	۱/۳۲	۱/۵۵
نونادکان	۱۹۰۰	۱۲/۳	۱۳/۵	۲۲/۷	۲۰/۱	۱۸/۷	۲۰/۴۴	۱۵/۳۳
هنیکوزان	۲۱۰۹	۲۷/۷۲	۲۵/۶	۳۴/۶	۳۳/۴	۳۳/۹	۳۲/۷۷	۲۸/۱
اسانس (٪)		۰/۰۴۷	۰/۰۴۵	۰/۰۷۴	۰/۰۵۵	۰/۰۶۱	۰/۰۷۶	۰/۰۴۲
ماده مؤثره	شاخص‌بازداری	HK_3*	IK_1	IK_2	IK_3	JK_1	JK_2	JK_3
لینالول	۱۰۹۹	۱/۴۴	۱/۴	۱/۸۹	۲/۷	۲/۱	۰/۰۸	۱/۱
فنیل‌اتیل‌الکل	۱۱۱۰	۱/۲	۰/۸۸	۱/۱	۲/۶	۱/۱	۰/۹۹	۱/۰۲
سیترونلول	۱۲۲۸	۱۰/۷۱	۱۴/۷۶	۱۳/۳	۱۱/۷۷	۱۸/۶	۱۴/۳	۱۰/۲
نرول	۱۲۲۸	۱/۴	۱/۸۹	۱/۷	۲/۱	۰/۰۸	۱/۱	۱/۴
نرال	۱۲۴۰	۱/۳۳	۱/۹	۰/۵۵	۲/۷	۳/۴	۰/۴	۰/۲۳
سیکلودودکان	۱۲۴۲	۱/۶۶	۱/۴	۱/۸	۰/۵۱	۰/۴۵	۱/۵۵	۱/۳۴
ژرانیول	۱۲۵۲	۱۲/۷۱	۱۴/۶۳	۱۵/۵	۹/۹	۱۰/۵۵	۱۱/۳۶	۹/۶۶
ژرانیال	۱۲۷۰	۱/۴	۲/۸۹	۲/۷	۲/۱	۰/۷۷	۱/۱	۱/۴
هپتادکان	۱۶۷۲	۱/۹۹	۱/۴۴	۱/۴	۱/۱	۲/۷	۲/۱	۱/۴
اکتادکان	۱۸۰۰	۰/۸۸	۱/۱	۱/۶	۰/۸۹	۰/۷۵	۰/۶۶	۰/۵۶
۱-هگزادکانول	۱۸۷۳	۱/۳۳	۱/۹	۱/۱	۰/۷	۱/۴	۰/۹	۰/۸۱
نونادکان	۱۹۰۰	۱۵/۸۸	۱۶/۹۳	۱۸/۷۱	۱۱/۹	۱۷/۶	۱۳/۱	۱۰/۱
هنیکوزان	۲۱۰۹	۲۷/۷۱	۲۷/۶۳	۲۶/۵	۲۵/۶	۲۷/۵۵	۲۵/۳۶	۲۴/۶۶
اسانس (٪)		۰/۰۴۳	۰/۰۴۷	۰/۰۴۵	۰/۰۵	۰/۰۴۶	۰/۰۶	۰/۰۳۹

* 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 محلول‌پاشی؛ K1, K2, K3 تنش خشکی در سه سطح ظرفیت مزرعه، ۵۰ درصد و ۷۵ درصد تخلیه رطوبتی.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

ادامه جدول ۵-

ماده مؤثره	شاخص بازداری	AK1*	AK2	AK3	BK1	BK2	BK3	CK1	CK2
لینالول	۱۰۹۹	۱/۵۶	۰/۵۷	۱/۰۲	۱/۱۵	۰/۱۳	۰/۰۸	۰/۵۶	۰/۷۹
فنیل اتیل‌الکل	۱۱۱۰	۱/۱۷	۱/۵۴	۱/۰۲	۱/۷۵	۰/۴۲	۰/۳۲	۱/۴۹	۲/۵۱
سیترونلول	۱۲۲۸	۱۵/۹۴	۲۵/۷۹	۲۴/۸۱	۲۸/۶۳	۱۳/۵۳	۱۳/۵۷	۲۱/۸۹	۲۱/۲۵
نرول	۱۲۲۸	۲/۱۷	۱/۴۵	۱/۱۷	۱/۱۱	۰/۶۶	۰/۷۵	۰/۶۹	۱/۰۸
نرال	۱۲۴۰	۲/۳۵	۲/۴۵	۲/۲۴	۲/۲۸	۰/۴۷	۰/۳۶	۱/۷۷	۰/۹۶
سیکلودودکان	۱۲۴۲	۱/۳۵	۱/۱۳	۱/۶۹	۲/۵۵	۲/۵	۰/۱۱	۲/۲۲	۱/۵۵
ژرانیول	۱۲۵۲	۱۵/۱۴	۱۴/۹۱	۱۷/۲۱	۱۷/۶۵	۱۴/۷۱	۱۵/۷۶	۱۴/۳	۱۵/۳۳
ژرانیال	۱۲۷۰	۱/۱۸	۱/۱۸	۱/۴۵	۰/۴۵	۰/۳۶	۰/۱	۱/۲۶	۱/۲۲
هپتادکان	۱۶۷۲	۲/۴۵	۱/۷۶	۱/۰۸	۰/۷	۲/۹	۱/۲۹	۱/۱۴	۰/۷۲
اکتادکان	۱۸۰۰	۱/۴۴	۱/۲۵	۱/۰۲	۰/۸۹	۲/۴۸	۲/۰۳	۰/۷۷	۰/۸۸
۱-هگزادکانول	۱۸۷۳	۱/۵۵	۲/۰۹	۲/۸۳	۰/۹۵	۰/۷۷	۲/۶	۱/۴۵	۱/۴۴
نونادکان	۱۹۰۰	۱۴	۱۳/۴۵	۱۲/۸	۱۲/۱۱	۱۹/۲	۲۱/۶۲	۲۱/۵۲	۱۵/۳۳
هنیکوزان	۲۱۰۹	۲۴/۲۶	۲۲/۹۵	۲۲/۴۷	۲۲/۶۳	۳۰/۳۷	۲۹/۸۱	۲۳/۸۲	۲۴/۳۶
اسانس (٪)		۰/۰۴۲	۰/۰۴۶	۰/۰۴۴	۰/۰۴۷	۰/۰۵۳	۰/۰۵	۰/۰۴۶	۰/۰۴۳

ماده مؤثره	شاخص بازداری	CK3*	DK1	DK2	DK3	EK1	EK2	EK3	FK1
لینالول	۱۰۹۹	۱/۱	۲/۳۵	۲/۴۵	۲/۲۴	۲/۲۸	۰/۴۷	۱/۴	۱/۵۴
فنیل‌اتیل‌الکل	۱۱۱۰	۰/۹۹	۰/۸۸	۰/۷۴	۲/۱	۱/۳	۱/۴	۰/۵۶	۱/۲۲
سیترونلول	۱۲۲۸	۱۶/۵	۱۲/۷۱	۸/۷۶	۱۳/۳	۱۹/۷۷	۱۶/۵	۱۲/۶	۲۵/۱
نرول	۱۲۲۸	۱/۴۴	۱/۲۵	۱/۰۲	۰/۶۴	۲/۴۸	۲/۰۳	۰/۵۸	۱/۳
نرال	۱۲۴۰	۰/۸۹	۰/۷	۱/۱	۰/۲۳	۰/۵۵	۰/۷۸	۱/۱	۲/۱۱
سیکلودودکان	۱۲۴۲	۱/۳۳	۱/۹	۰/۵۵	۱/۷	۱/۴	۰/۹۱	۰/۸۱	۱/۴۴
ژرانیول	۱۲۵۲	۱۵/۸۸	۱۶/۹۳	۱۸/۷۱	۱۴/۹	۱۷/۶	۱۴/۱	۱۳/۱	۱۵/۳۳
ژرانیال	۱۲۷۰	۱/۶۶	۱/۴	۱/۵۵	۰/۵۱	۰/۲	۱/۴۵	۱/۳۴	۱/۷۷
هپتادکان	۱۶۷۲	۲/۶	۱/۱	۱/۴	۰/۶۶	۰/۹۹	۰/۴۹	۱/۵۵	۳/۷۴
اکتادکان	۱۸۰۰	۰/۹۹	۱/۱	۲/۲	۲/۳	۱/۵۶	۱/۳	۱/۱	۲/۵۷
۱-هگزادکانول	۱۸۷۳	۲/۷۱	۲/۶۳	۲/۵	۲/۶	۰/۵۵	۰/۳۶	۱/۶۶	۲/۶۲
نونادکان	۱۹۰۰	۱۵/۸۸	۱۶/۹۳	۱۸/۷۱	۱۱/۹	۱۷/۶	۱۳/۱	۱۱/۱	۲۳/۲
هنیکوزان	۲۱۰۹	۲۵/۵۳	۲۶/۵۷	۲۱/۸۹	۲۴/۲۵	۲۶/۵	۲۸/۷۱	۲۵/۵	۳۲/۱
اسانس (٪)		۰/۰۵۵	۰/۰۶	۰/۰۶۶	۰/۰۶۷	۰/۰۵۶	۰/۰۴۹	۰/۰۴۸	۰/۰۶۹

* 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 محلول‌پاشی؛ K3, K2, K1 تنش خشکی در سه سطح ظرفیت مزرعه، ۵۰ درصد و ۷۵ درصد تخلیه رطوبتی.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

ادامه جدول ۵-

ماده مؤثره	شاخص بازداری	FK_2*	FK_3	GK_1	GK_2	GK_3	HK_1	HK_2
لینالول	۱۰۹۹	۰/۶۶	۱/۱	۱/۴	۰/۱۱	۰/۰۳	۰/۴۹	۱/۵۵
فنیل اتیل‌الکل	۱۱۱۰	۱/۶۶	۱/۴	۱/۸	۰/۵۱	۰/۲۲	۱/۵۵	۱/۳۴
سیترونلول	۱۲۲۸	۲۴/۹	۲۲/۹	۲۶/۳	۲۲/۶۱	۱۵/۴	۲۷/۷۱	۲۲/۱
نرول	۱۲۲۸	۱/۷۸	۱/۳	۱/۴	۱/۴۴	۱/۳	۱/۴۴	۱/۳۳
نرال	۱۲۴۰	۱/۶۳	۱/۵	۱/۶	۰/۵۵	۰/۳۹	۱/۶۶	۰/۶۸
سیکلودودکان	۱۲۴۲	۱/۴	۱/۸۹	۲/۳۲	۲/۱	۰/۷۸	۲/۲۲	۱/۲
ژرانیول	۱۲۵۲	۱۵/۸۸	۱۶/۹۳	۱۸/۷۱	۱۳/۹	۱۴/۶	۲۰/۲	۱۸/۱
ژرانیال	۱۲۷۰	۱/۲۴	۱/۶۷	۲/۵۲	۱/۴۴	۰/۵	۱/۲۲	۱/۶۶
هپتادکان	۱۶۷۲	۱/۵۲	۱/۲	۰/۶۶	۳/۵	۲/۴	۱/۹	۰/۶۵
اکتادکان	۱۸۰۰	۱/۳۳	۱/۹	۰/۷۷	۱/۷	۲/۴	۰/۹۳	۰/۹۸
۱-هگزادکانول	۱۸۷۳	۲/۲	۱/۹	۰/۸۸	۰/۶۷	۲/۷۱	۱/۳۲	۱/۵۵
نونادکان	۱۹۰۰	۱۲/۳	۱۳/۵	۱۳/۲	۲۰/۱	۲۲/۷	۲۰/۴۴	۱۵/۳۳
هنیکوزان	۲۱۰۹	۲۷/۷۲	۲۲/۶	۳۳/۶	۳۳/۴	۲۵/۹	۲۶/۷۷	۲۶/۱
اسانس (٪)		۰/۰۴۷	۰/۰۴۵	۰/۰۴۶	۰/۰۵۵	۰/۰۵۱	۰/۰۴۷	۰/۰۴۶

ماده مؤثره	شاخص بازداری	HK_3*	IK_1	IK_2	IK_3	JK_1	JK_2	JK_3
لینالول	۱۰۹۹	۱/۳۳	۱/۹	۰/۵۵	۲/۷	۱/۴	۰/۴	۰/۲۳
فنیل‌اتیل‌الکل	۱۱۱۰	۲/۲	۳/۹	۰/۸۸	۰/۶۷	۳/۷۱	۱/۳۲	۱/۵۵
سیترونلول	۱۲۲۸	۱۴/۴	۱۳/۷۱	۱۸/۷۶	۱۳/۳	۱۵/۷۷	۱۲/۲	۱۱/۱
نرول	۱۲۲۸	۱/۸۸	۱/۹۳	۱/۷۱	۱/۹	۱/۶	۱/۱	۱/۱
نرال	۱۲۴۰	۰/۵۵	۰/۶۸	۰/۷۷	۲/۲	۱/۳	۲/۴	۱/۵
سیکلودودکان	۱۲۴۲	۱/۸	۱/۹	۰/۸۸	۰/۸۹	۱/۷۱	۱/۳۲	۱/۵۵
ژرانیول	۱۲۵۲	۱۵/۱	۱۴/۲	۱۵/۳	۱۴/۴	۱۴/۱	۱۲/۴	۱۲/۳
ژرانیال	۱۲۷۰	۱/۴	۱/۳۴	۰/۵۱	۰/۲	۱/۵۵	۱/۳۴	۰/۰۸
هپتادکان	۱۶۷۲	۱/۵	۱/۱	۱/۴	۰/۱۱	۰/۹۸	۰/۴۹	۱/۱
اکتادکان	۱۸۰۰	۱/۷۱	۱/۶۳	۱/۵	۱/۶	۰/۸۹	۰/۷۶	۰/۶۶
۱-هگزادکانول	۱۸۷۳	۱/۳۳	۱/۹	۰/۵۵	۲/۷	۲/۴	۰/۴	۰/۴۱
نونادکان	۱۹۰۰	۱۵/۸۸	۱۶/۹۳	۱۸/۷۱	۱۱/۹	۱۱/۶	۱۱/۱	۱۰/۷
هنیکوزان	۲۱۰۹	۲۷/۵۳	۲۸/۵۷	۲۱/۸۹	۲۱/۲۵	۲۵/۵	۲۶/۷۱	۲۷/۴
اسانس (٪)		۰/۰۴۳	۰/۰۵۵	۰/۰۶	۰/۰۵۱	۰/۰۴۴	۰/۰۴۳	۰/۰۴

* **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 محلول‌پاشی؛ **K3, K2, K1** تنش خشکی در سه سطح ظرفیت مزرعه، ۵۰ درصد و ۷۵ درصد تخلیه رطوبتی.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

جدول ۶- تجزیه واریانس مرکب مربعات صفات مورفوفیزیولوژیکی گیاهان گل محمدی در سال‌های اجرای پژوهش

منبع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل کل	فعالیت آنتی‌اکسیدانی	پرولین	محتوای آب برگ	ارتفاع بوته	تعداد شاخه اصلی	تعداد گره	عملکرد گل
سال	۱	۵/۵۱^{ns}	۴۳/۷۷*	۲۹/۱**	۳۰/۹**	۵۵/۳**	۱۹/۸*	۲/۱^{ns}	۰/۱^{ns}
تکرار در سال	۴	۶/۳۱	۵/۲	۱/۲	۱/۳۵	۲/۱	۲/۵۵	۲/۵	۰/۱
کود	۹	۷/۴۹**	۲/۷۷**	۵/۶**	۲/۴**	۳۲/۲**	۷۷/۲**	۵۶/۹**	۵۴۸/۵**
تنش خشکی	۲	۵/۶۷**	۵/۸**	۴/۲**	۱/۵**	۲۵/۲**	۶۴/۵**	۴۴/۱**	۴۸۹/۱**
کود × تنش‌خشکی	۱۸	۵/۶۳**	۲/۹۳**	۳/۱**	۴/۱**	۲۳/۳**	۵۵/۱**	۸۵/۲**	۳۵۷/۳**
کود × سال	۹	۴/۵۳**	۶/۱**	۳/۶**	۱/۱**	۲۷/۲**	۸۱/۱**	۷۸/۲**	۵۷۸/۶**
تنش‌خشکی × سال	۲	۱/۴۱*	۲/۴۲*	۱/۶*	۰/۰۸*	۱۱/۱*	۱۸/۰۱*	۲۶/۱*	۲۰۱/۱*
کود ×تنش‌خشکی× سال	۱۸	۰/۱^{ns}	۰/۲۱^{ns}	۰/۱^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۵/۶۱*	۱/۶^{ns}	۷/۲^{ns}	۷۱/۲^{ns}
خطا	۱۱۶	۰/۴۴	۰/۷۹	۰/۱۴	۰/۰۲۳	۳/۳	۵/۵	۸/۸	۶۶/۵
ضریب تغییرات		۸/۸	۳/۶	۴/۴	۶/۲	۱۴/۱	۱۴/۹	۱۲/۲	۱۶/۹

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

مواد فتوسنتزی است، افزایش میزان سطح برگ، باعث افزایش میزان جذب نور می‌شود که به افزایش عملکرد منجر می‌شود (Wibowo, 2007). 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 (Bilal *et al.*, 2020; Thakur and Kumar, 2020). 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 دی‌اکسید کربن به داخل روزنه‌ها را که به علت شرایط کم‌آبی بسته‌اند، کاهش دهد که این امر منجر به کاهش تثبیت کربن و نهایتاً منجر به کاهش کلروفیل گیاهی می‌شود (Esch *et al.*, 2019).

فعالیت آنتی‌اکسیدانی: بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۶۵/۲ و ۶۵/۵ میکروگرم در میلی‌لیتر) در تیمار کود مرغی و کود کامل در شرایط بدون تنش خشکی به‌دست آمد که از لحاظ آماری هم‌گروه با میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی ایجاد شده در تیمار ورمی‌کمپوست در شرایط بدون تنش خشکی بود. کمترین میزان (۴۹/۹ و ۵۰/۵ میکروگرم در میلی‌لیتر) در تیمار شاهد آب‌پاشی و شاهد بدون آب‌پاشی در شرایط تنش شدید خشکی به‌وجود آمد که افزایش بیش از ۲۴ درصدی فعالیت آنتی‌اکسیدانی را نشان داد (جدول ۷). فعالیت آنتی‌اکسیدانی به دلیل بازداشتن و یا ایجاد تأخیر در اکسیداسیون مولکول‌ها با مهار ایجاد و تکثیر فعالیت‌های زنجیره اکسیداسیون است (Ucar *et al.*, 2016; Yousefi and Jaimand, 2018). بدلیل فرآیندهای فیزیولوژیکی مشابه، بین ظرفیت آنتی‌اکسیدان با عملکرد اسانس، عملکرد گلبرگ، کلروفیل کل و ترکیبات ترپنوئیدی، همبستگی مثبت و معنی‌دار در این راستا وجود دارد (Hamedi *et al.*, 2022a؛ رجب‌زاده و همکاران، ۱۴۰۱). 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، همچنین ترکیبات مؤثره آلفا- پینن، لیمونن و اوکالیپتول در مریم‌گلی (*Salvia*

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

جدول ۷- مقایسات میانگین صفات مورفوفیزیولوژیکی گیاهان گل محمدی تحت تیمارهای مختلف در سال ۱۴۰۱.*

صفات	AK_1*	AK_2	AK_3	BK_1	BK_2
ارتفاع‌بوته (سانتی‌متر)	۱۹۸/۴±۱/۲	۱۹۶/۲±۱/۲	۱۸۵/۱±۱/۱	۱۶۵/۴±۱/۲	۱۵۶/۵±۱/۱
تعداد شاخه اصلی	۱۴/۲±۱/۳	۱۲/۱±۱/۲	۱۰/۳±۱/۷	۱۵/۴±۱/۲	۱۴/۲±۱/۷
تعداد گره	۱۷/۹±۰/۷	۱۶/۲±۰/۷	۱۵/۳±۰/۶	۲۵/۲±۰/۶	۲۴/۲±۰/۲
عملکرد گل (کیلوگرم در هکتار)	۶۵۴۱/۵±۱۱/۲	۵۵۴۱/۵±۱۱/۷	۴۵۴۱/۴±۹/۳	۶۶۲۳/۹±۸/۷	۶۴۱۲/۴±۸/۸
کلروفیل کل (میلی‌گرم در کیلوگرم‌وزن‌تر)	۱۲/۱۱±۰/۰۳	۱۱/۱±۰/۰۲	۱۰/۱±۰/۰۱	۱۴/۱±۰/۰۲	۱۲/۳±۰/۰۴
فعالیت آنتی‌اکسیدانی (میکروگرم در میلی‌لیتر)	۵۵/۲±۱/۲	۵۳±۱/۷	۵۲/۴±۱/۷	۵۹/۵±۱/۴	۵۹±۰/۹
پرولین (میکرومول در گرم وزن تر)	۱۱۰/۸±۴/۳	۱۲۴/۸±۴/۳	۱۳۵/۸±۴/۳	۱۱۵/۸±۴/۳	۱۲۶/۸±۴/۳
محتوای نسبی آب برگ	۶۱/۵±۲/۷	۵۹/۷±۱/۲	۵۸/۸±۱/۲	۶۳/۵±۱/۷	۶۰/۵±۱/۷
صفات	BK_3*	CK_1	CK_2	CK_3	DK_1
ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	۱۵۵/۲±۱/۲	۲۰۱/۱±۱/۱	۱۹۹/۴±۱/۲	۱۹۶/۵±۱/۱	۲۰۱/۸±۱/۲
تعداد شاخه اصلی	۱۳/۸±۱/۲	۱۵/۸±۱/۷	۱۵/۵±۱/۲	۱۴/۲±۱/۷	۱۶/۲±۱/۷
تعداد گره	۲۳/۱±۰/۲	۲۴/۱±۰/۷	۲۲/۲±۰/۶	۱۹/۲±۰/۲	۲۰/۱±۰/۲
عملکرد گل (کیلوگرم در هکتار)	۵۲۱۵/۷±۷/۳	۶۵۸۹/۹±۹/۷	۵۸۹۶/۸±۴/۳	۵۶۵۴/۴±۸/۸	۶۵۷۹/۴±۸/۸
کلروفیل کل (میلی‌گرم در کیلوگرم‌وزن‌تر)	۱۱/۲±۰/۰۱	۱۶/۲±۰/۰۱	۱۴/۲±۰/۰۲	۱۲/۳±۰/۰۴	۱۵/۳±۰/۰۴
فعالیت آنتی‌اکسیدانی (میکروگرم در میلی‌لیتر)	۶۰/۱±۰/۹	۶۱/۵±۰/۹	۶۲/۲±۰/۸	۵۹/۵±۱/۴	۵۵/۵±۱/۴
پرولین (میکرومول در گرم وزن تر)	۱۳۶/۸±۴/۳	۱۱۵/۸±۴/۳	۱۳۱/۸±۴/۳	۱۴۱/۸±۴/۳	۱۱۵/۸±۴/۳
محتوای نسبی آب برگ	۵۹/۴±۱/۲	۶۰/۸±۱/۲	۵۹/۵±۱/۷	۵۶/۵±۱/۷	۶۵/۴±۱/۲
صفات	DK_2*	DK_3	EK_1	EK_2	EK_3
ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	۱۸۵/۱±۱/۱	۱۶۵/۴±۱/۲	۱۶۹/۵±۱/۱	۱۵۲/۲±۱/۲	۱۴۵/۱±۱/۱
تعداد شاخه اصلی	۱۱/۲±۱/۳	۹/۹±۱/۲	۱۶/۳±۱/۷	۱۱/۴±۱/۲	۱۱/۲±۱/۲
تعداد گره	۱۷/۹±۰/۸	۱۷/۲±۱/۷	۲۳/۳±۱/۱	۲۲/۳±۰/۹	۲۵/۲±۱/۶
عملکرد گل (کیلوگرم در هکتار)	۵۸۹۶/۵±۱۱/۲	۵۱۴۵/۵±۱۱/۷	۶۵۴۱/۵±۱۱/۲	۴۵۴۱/۵±۱۱/۷	۴۵۴۱/۴±۹/۳
کلروفیل کل (میلی‌گرم در لیتر)	۱۴/۱±۰/۰۲	۱۲/۱±۰/۰۱	۱۷/۱±۰/۰۲	۱۶/۳±۰/۰۴	۱۱/۲±۰/۰۱
فعالیت آنتی‌اکسیدانی (میکروگرم در میلی‌لیتر)	۵۵±۱/۲	۵۴/۲±۱/۷	۵۷/۴±۱/۷	۵۹/۵±۱/۴	۶۰±۰/۹
پرولین (میکرومول در گرم وزن تر)	۱۲۲/۸±۴/۳	۱۳۲/۸±۴/۳	۱۱۹/۸±۴/۳	۱۳۱/۸±۴/۳	۱۴۱/۸±۴/۳
محتوای نسبی آب برگ	۵۸/۵±۲/۷	۵۵/۷±۱/۲	۶۰/۸±۱/۲	۵۵/۵±۱/۷	۵۲/۵±۱/۷

*** 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 محلول‌پاشی؛ K3, K2, K1 تنش خشکی در سه سطح ظرفیت مزرعه، ۵۰ درصد و ۷۵ درصد تخلیه رطوبتی.**

officinalis) کاهش یافت، در حالی که این ترکیبات در ریحان (*Ocimum basilicum*) افزایش یافتند (Kulak, 2020). همچنین کاربرد اسید هیومیک، 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 (حیاتی و همکاران، ۱۴۰۰). روند مشابهی در گیاه گل محمدی در این راستا گزارش گردیده است (Antonova *et al.*, 2020; شهسواری و همکاران، به‌نظر

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

ادامه جدول ۷-

صفات	FK_1*	FK_2	FK_3	GK_1	GK_2
ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	۲۱۰/۴±۱/۲	۱۸۵/۱±۱/۱	۱۶۵/۴±۱/۲	۲۰۰/۵±۱/۱	۱۴۵/۲±۱/۲
تعداد شاخه اصلی	۲۰/۱±۱/۲	۱۸/۳±۱/۷	۱۱/۴±۱/۲	۲۲/۲±۱/۷	۱۸/۸±۱/۲
تعداد گره	۲۶/۳±۲/۱	۲۵/۲±۱/۶	۲۴/۲±۱/۲	۲۷/۱±۱/۵	۲۴/۱±۰/۷
عملکرد گل (کیلوگرم در هکتار)	۶۶۲۳/۹±۸/۷	۵۶۸۹/۹±۹/۷	۴۷۴۵/۸±۴/۳	۶۹۸۵/۶±۶/۷	۶۱۱۵/۸±۴/۳
کلروفیل کل (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر)	۱۶/۲±۰/۰۱	۱۴/۲±۰/۰۲	۱۳/۳±۰/۰۴	۱۵/۳±۰/۰۴	۱۴/۳±۰/۰۴
فعالیت آنتی‌اکسیدانی (میکروگرم در میلی‌لیتر)	۶۵/۲±۰/۹	۶۱/۵±۰/۹	۶۲/۲±۰/۸	۶۲/۸±۰/۸	۵۹/۵±۱/۴
پرولین (میکرومول در گرم وزن تر)	۱۱۵/۸±۴/۳	۱۲۶/۸±۴/۳	۱۴۳/۸±۴/۳	۱۰۲/۸±۴/۳	۱۳۱/۸±۴/۳
محتوای نسبی آب برگ	۶۲/۴±۱/۲	۶۰/۸±۱/۲	۵۹/۵±۱/۷	۶۹/۵±۱/۷	۶۲/۴±۱/۲
صفات	GK_3*	HK_1	HK_2	HK_3	IK_1
ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	۱۳۵/۴±۱/۲	۲۱۲/۱±۱/۱	۱۹۹/۴±۱/۲	۱۵۶/۵±۱/۱	۱۸۹/۲±۱/۲
تعداد شاخه اصلی	۱۵/۲±۱/۳	۲۰/۱±۱/۲	۱۸/۳±۱/۷	۱۶/۴±۱/۲	۱۷/۲±۱/۷
تعداد گره	۲۱/۹±۰/۷	۲۱/۲±۰/۷	۲۲/۳±۰/۶	۲۰/۲±۰/۹	۲۲/۳±۰/۹
عملکرد گل (کیلوگرم در هکتار)	۵۶۴۵/۵±۱۱/۲	۷۶۵۱/۵±۱۱/۷	۶۵۴۱/۵±۱۱/۲	۵۵۴۱/۵±۱۱/۷	۶۵۴۱/۴±۹/۳
کلروفیل کل (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر)	۱۱/۱±۰/۰۲	۱۸/۱±۰/۱	۱۷/۱±۰/۰۲	۱۲/۳±۰/۰۴	۱۷/۲±۰/۰۱
فعالیت آنتی‌اکسیدانی (میکروگرم در میلی‌لیتر)	۵۵±۱/۲	۵۶±۱/۷	۵۲/۴±۱/۷	۵۹/۵±۱/۴	۶۱±۰/۹
پرولین (میکرومول در گرم وزن تر)	۱۴۱/۸±۴/۳	۱۰۰/۸±۴/۳	۱۲۲/۸±۴/۳	۱۴۱/۸±۴/۳	۱۲۱/۸±۴/۳
محتوای نسبی آب برگ	۵۹/۵±۲/۷	۶۸/۷±۱/۲	۶۵/۸±۱/۲	۶۲/۵±۱/۷	۵۹/۵±۱/۷
صفات	IK_2*	IK_3	JK_1	JK_2	JK_3
ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	۱۷۹/۱±۱/۱	۱۷۸/۴±۱/۲	۱۴۴/۴±۱/۲	۱۲۲/۵±۱/۱	۱۱۸/۸±۱/۲
تعداد شاخه اصلی	۱۲/۱±۱/۲	۱۰/۳±۱/۷	۱۲/۴±۱/۲	۱۲/۲±۱/۷	۱۱/۸±۱/۲
تعداد گره	۱۷/۲±۰/۶	۱۴/۲±۰/۸	۱۸/۱±۰/۸	۱۶/۱±۰/۷	۱۵/۱±۰/۹
عملکرد گل (کیلوگرم در هکتار)	۴۴۴۹/۷±۷/۳	۳۸۸۹/۹±۹/۷	۴۹۵۶/۸±۴/۳	۳۵۸۹/۶±۶/۷	۳۲۱۵/۸±۴/۳
کلروفیل کل (میلی‌گرم در لیتر)	۱۶/۲±۰/۰۱	۱۴/۲±۰/۰۲	۱۰/۳±۰/۰۴	۹/۹±۰/۰۴	۹/۳±۰/۴
فعالیت آنتی‌اکسیدانی (میکروگرم در میلی‌لیتر)	۶۰/۱±۰/۹	۴۹/۹±۰/۹	۵۰/۲±۰/۸	۵۱/۸±۰/۸	۵۰/۵±۱/۴
پرولین (میکرومول در گرم وزن تر)	۱۲۲/۸±۴/۳	۱۳۲/۸±۴/۳	۱۱۰/۸±۴/۳	۱۲۱/۸±۴/۳	۱۴۵/۸±۴/۳
محتوای نسبی آب برگ	۵۶/۴±۱/۲	۵۱/۸±۱/۲	۵۸/۵±۱/۷	۵۲/۵±۱/۷	۴۹/۴±۱/۲

*** 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 محلول‌پاشی؛ K3, K2, K1 تنش خشکی در سه سطح ظرفیت مزرعه، ۵۰ درصد و ۷۵ درصد تخلیه رطوبتی.**

۱۳۹۸؛ Hamedi *et al.*, 2022b). 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 به علت تغییرات

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

ادامه جدول ۷-

صفات	AK_1*	AK_2	AK_3	BK_1	BK_2
ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	۲۰۲/۴±۱/۲	۱۹۵/۲±۱/۲	۱۸۵/۱±۱/۱	۱۶۵/۴±۱/۲	۱۵۶/۵±۱/۱
تعداد شاخه اصلی	۱۸/۲±۱/۳	۱۵/۱±۱/۲	۱۴/۳±۱/۷	۱۸/۴±۱/۲	۱۷/۲±۱/۷
تعداد گره	۱۹/۹±۰/۷	۱۸/۲±۰/۷	۱۷/۳±۰/۶	۲۵/۲±۰/۶	۱۸/۳±۰/۹
عملکرد گل (کیلوگرم در هکتار)	۶۶۵۲/۸±۴/۳	۵۵۸۶/۵±۱۱/۷	۴۹۸۹/۴±۹/۳	۶۲۵۱/۹±۸/۷	۵۸۹۳/۴±۸/۸
کلروفیل کل (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر)	۱۷/۱±۰/۰۲	۱۶/۱±۰/۰۱	۱۴/۱±۰/۰۲	۱۶/۳±۰/۰۴	۱۵/۲±۰/۰۱
فعالیت آنتی‌اکسیدانی (میکروگرم در میلی‌لیتر)	۵۵±۱/۲	۵۶±۱/۷	۵۷/۴±۱/۷	۵۹/۵±۱/۴	۶۲/۶±۰/۹
پرولین (میکرومول در گرم وزن تر)	۱۱۰/۸±۴/۳	۱۲۱/۸±۴/۳	۱۴۱/۸±۴/۳	۱۰۳/۸±۴/۳	۱۱۳/۸±۴/۳
محتوای نسبی آب برگ	۵۸/۵±۲/۷	۵۵/۷±۱/۲	۵۱/۸±۱/۲	۶۵/۵±۱/۷	۶۲/۵±۱/۷

صفات	BK_3*	CK_1	CK_2	CK_3	DK_1
ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	۱۵۵/۱±۱/۱	۱۶۵/۴±۱/۲	۱۵۶/۵±۱/۱	۱۵۴/۲±۱/۲	۲۰۱/۱±۱/۱
تعداد شاخه اصلی	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 گل (کیلوگرم در هکتار)	۴۵۸۹/۷±۷/۳	۶۷۷۵/۹±۹/۷	۶۲۵۹/۸±۴/۳	۵۸۸۶/۸±۴/۳	۵۶۹۵/۸±۴/۳
کلروفیل کل (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر)	۱۳/۲±۰/۰۱	۱۵/۲±۰/۰۲	۱۴/۳±۰/۰۴	۱۲/۳±۰/۰۴	۱۵/۳±۰/۰۴
فعالیت آنتی‌اکسیدانی (میکروگرم در میلی‌لیتر)	۶۳/۱±۰/۹	۶۱/۵±۰/۹	۶۲/۲±۰/۸	۵۹/۵±۱/۴	۵۸/۵±۱/۴
پرولین (میکرومول در گرم وزن تر)	۱۳۲/۸±۴/۳	۱۱۱/۸±۴/۳	۱۲۱/۸±۴/۳	۱۳۱/۸±۴/۳	۱۱۴/۸±۴/۳
محتوای نسبی آب برگ	۶۰/۴±۱/۲	۶۳/۸±۱/۲	۶۱/۵±۱/۷	۵۹/۵±۱/۷	۶۲/۴±۱/۲

صفات	DK_2*	DK_3	EK_1	EK_2	EK_3
ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	۱۹۶/۴±۱/۲	۱۷۸/۲±۱/۲	۱۷۵/۱±۱/۱	۱۸۱/۴±۱/۲	۱۵۶/۱±۱/۱
تعداد شاخه اصلی	۱۷/۲±۱/۳	۱۴/۱±۱/۲	۱۸/۳±۱/۷	۱۵/۴±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 گل (کیلوگرم در هکتار)	۴۸۷۵/۵±۱۱/۲	۴۵۹۵/۵±۱۱/۷	۶۸۹۵/۴±۱۱	۵۶۵۹/۹±۸/۷	۴۵۸۴/۴±۱۲
کلروفیل کل (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر)	۱۴/۱±۰/۰۲	۱۲/۱±۰/۰۱	۱۵/۱±۰/۰۲	۱۴/۳±۰/۰۴	۱۱/۲±۰/۰۱
فعالیت آنتی‌اکسیدانی (میکروگرم در میلی‌لیتر)	۵۵±۱/۲	۵۶±۱/۷	۵۷/۴±۱/۷	۵۶/۵±۱/۴	۵۴/۶±۰/۹
پرولین (میکرومول در گرم وزن تر)	۱۲۲/۸±۱/۳	۱۴۴/۸±۱/۱	۱۱۴/۸±۱/۲	۱۲۱/۸±۲/۳	۱۴۵/۸±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

*** 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 محلول‌پاشی؛ K3, K2, K1 تنش خشکی در سه سطح ظرفیت مزرعه، ۵۰ درصد و ۷۵ درصد تخلیه رطوبتی.**

بیوانرژیتیک سلول‌های گیاهی در پاسخ به عناصر مغذی باشد و 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).

اسید آمینه پرولین: میزان اسید آمینه پرولین شاخصی از تحمل گیاه نسبت به تنش خشکی است (Sasani *et al.*, 2021;

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

ادامه جدول ۷-

صفات	FK_1*	FK_2	FK_3	GK_1	GK_2
ارتفاع‌بوته (سانتی‌متر)	۲۱۴/۴±۱/۲	۲۰۱/۵±۱/۱	۱۸۹/۲±۱/۲	۲۰۱/۱±۱/۱	۱۹۹/۴±۱/۲
تعداد شاخه اصلی	۲۰/۳±۱/۷	۱۹/۴±۱/۲	۱۷/۲±۱/۷	۱۹/۸±۱/۲	۱۸/۲±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 گل (کیلوگرم در هکتار)	۷۳۶۵/۷±۷/۳	۵۹۸۶/۹±۹/۷	۵۲۶۹/۸±۴	۷۵۹۱/۲±۶/۷	۶۹۸۵/۸±۴/۳
کلروفیل کل (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر)	۱۶/۲±۰/۰۱	۱۴/۲±۰/۰۲	۱۳/۳±۰/۰۴	۱۸/۳±۰/۴	۱۵/۳±۰/۰۴
فعالیت آنتی‌اکسیدانی (میکروگرم در میلی‌لیتر)	۶۳/۱±۰/۹	۶۱/۵±۰/۹	۶۲/۲±۰/۸	۶۲/۸±۰/۸	۵۹/۵±۱/۴
پرولین (میکرومول در گرم وزن تر)	۱۱۲/۸±۱/۳	۱۱۴/۸±۲/۱	۱۳۵/۸±۲/۳	۱۰۲/۸±۲/۲	۱۲۵/۸±۲/۵
محتوای نسبی آب برگ	۶۸/۴±۱/۲	۶۲/۸±۱/۵	۵۹/۵±۱/۷	۶۷/۹±۱/۹	۶۲/۴±۱/۴
صفات	GK_3*	HK_1	HK_2	HK_3	IK_1
ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	۱۸۵/۱±۱/۱	۲۱۲/۴±۱/۲	۱۹۶/۵±۱/۱	۱۸۹/۲±۱/۲	۱۵۶/۱±۱/۱
تعداد شاخه اصلی	۱۷/۲±۱/۱	۲۳/۱±۱/۱	۲۰/۳±۱/۱	۱۹/۴±۰/۲	۲۱/۲±۰/۷
تعداد گره	۱۹/۹±۰/۷	۲۷/۲±۰/۷	۲۵/۳±۰/۶	۲۴/۲±۰/۶	۲۶/۳±۰/۶
عملکرد گل (کیلوگرم در هکتار)	۵۴۸۹/۸±۴/۳	۶۵۹۵/۵±۱۱/۷	۵۶۵۴/۴±۹	۵۲۱۴/۹±۸/۷	۶۶۸۹/۴±۸
کلروفیل کل (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر)	۱۴/۱±۰/۰۲	۱۸/۱±۰/۰۱	۱۷/۱±۰/۰۲	۱۶/۳±۰/۰۴	۱۵/۲±۰/۰۱
فعالیت آنتی‌اکسیدانی (میکروگرم در میلی‌لیتر)	۵۵±۱/۲	۶۵/۵±۱/۷	۶۰/۴±۱/۷	۵۹/۵±۱/۴	۶۵/۵±۰/۹
پرولین (میکرومول در گرم وزن تر)	۱۴۱/۸±۴/۳	۱۰۵/۸±۴/۳	۱۱۶/۸±۴/۳	۱۴۵/۸±۴/۳	۱۱۸/۸±۴/۳
محتوای نسبی آب برگ	۵۸/۵±۲/۷	۵۹/۷±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
ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	۱۲۳/۴±۱/۲	۹۹/۵±۱/۵	۱۵۹/۱±۱/۵	۱۳۸/۸±۱/۶	۱۰۱/۱±۱/۵
تعداد شاخه اصلی	۱۹/۸±۰/۸	۱۷/۲±۱/۱	۱۵/۵±۱/۲	۱۳/۵±۰/۶	۱۳/۲±۰/۷
تعداد گره	۲۵/۲±۰/۶	۲۴/۲±۰/۲	۲۴/۱±۰/۲	۲۳/۱±۰/۷	۲۲/۱±۰/۷
عملکرد گل (کیلوگرم در هکتار)	۵۴۱۲/۷±۷/۳	۳۵۷۸/۹±۹/۷	۴۴۵۹/۸±۸	۴۱۲۱/۶±۶/۷	۳۶۵۶/۸±۴/۳
کلروفیل کل (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر)	۱۳/۲±۰/۰۱	۱۲/۲±۰/۰۲	۱۴/۳±۰/۰۴	۱۰/۳±۰/۰۴	۹/۱±۰/۵
فعالیت آنتی‌اکسیدانی (میکروگرم در میلی‌لیتر)	۶۳/۱±۰/۹	۵۹/۵±۰/۹	۶۲/۲±۰/۸	۵۹/۸±۰/۸	۵۰/۵±۰/۹
پرولین (میکرومول در گرم وزن تر)	۱۳۵/۸±۴/۳	۱۴۸/۸±۴/۳	۱۱۰/۸±۴/۳	۱۲۴/۸±۴/۳	۱۴۹/۸±۴/۲
محتوای نسبی آب برگ	۵۹/۴±۱/۲	۴۹/۸±۱/۲	۵۷/۵±۱/۷	۵۵/۵±۱/۷	۴۸/۷±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 محلول‌پاشی؛ K3, K2, K1 تنش خشکی در سه سطح ظرفیت مزرعه، ۵۰ درصد و ۷۵ درصد تخلیه رطوبتی.**

Caser *et al.*, 2019). این ماده در تنش آبی بیشتر، افزایش یافت و به ۱۴۵/۸ و ۱۴۹/۸ میکرومول در گرم وزن تر در تیمارهای شاهد بدون آب‌پاشی در شرایط تنش خشکی شدید در دو سال پژوهش 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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

خشکی در گل محمدی گردید. کمترین میزان این ماده در گیاهان تحت تیمار تیمارهای کود کامل و ورمی‌کمپوست در شرایط بدون تنش خشکی به میزان ۱۰۰/۸ و ۱۰۲/۸ میکرومول در گرم وزن ماده تر به‌دست آمد. پایین‌ترین مقادیر بدست آمده از پرولین در تیمارهای تحت تنش خشکی شدید، نشان از روند نزولی حدود ۵۰ درصد نسبت به تیمارهای کود کامل و یا ورمی‌کمپوست تحت شرایط بدون تنش خشکی است. تحت تنش خشکی در گیاه گل محمدی، میزان پروتئین و قند، کاهش یافته و میزان پرولین و لیپید اکسید شده، افزایش می‌یابد. 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 تنظیم‌کننده‌های 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 پنتوزفسفات اکسیداتیو با سنتز قند و پرولین در گیاهان وجود دارد (Albergaria *et al.*, 2020؛ ذاکریان و همکاران، ۱۳۹۹). 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 (Esch *et al.*, 2019). در تحقیق حاضر با افزایش اسید آمینه پرولین، مقادیر صفات مورفوفیزیولوژیکی گیاهان تحت تیمار، کاهش چشم‌گیری داشتند (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 (۶۹/۵ و ۶۸/۴ درصد) در تیمارهای ورمی‌کمپوست و کود مرغی در شرایط بدون تنش خشکی به‌دست آمد. کمترین مقدار (۴۹/۴ و ۴۸/۷ درصد) توسط تیمار شاهد بدون آب‌پاشی تحت شرایط تنش خشکی شدید به‌دست آمد. افزایش به‌وجود آمده محتوای نسبی آب برگ در برترین تیمارها در دو سال انجام این پژوهش، نسبت به کمترین ارقام به‌دست آمده، رشدی حدود ۲۰ درصد را نشان داد (جدول ۷). 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) و از این طریق منجر به کاهش عملکرد می‌شود (Esch *et al.*, 2019).

صفات مورفولوژیکی: بیشترین مقادیر صفات مورفولوژیکی مورد برآورد در این پژوهش شامل ارتفاع بوته، تعداد شاخه اصلی، تعداد گره و عملکرد گل در هر دو سال اجرای پژوهش، در گیاهان تحت تیمار با کود کامل، ورمی‌کمپوست و کود مرغی تحت شرایط بدون تنش خشکی یا تنش ملایم خشکی به‌وجود آمد. مقایسه بیشترین و کمترین مقادیر صفات مختلف مورفولوژیکی مورد تحقیق تحت شرایط رطوبتی مشابه، برتری ۲۴-۳۷ درصدی را نشان داد (جدول ۷). تنش آب به‌طور مستقیم می‌تواند بر فرآیندهای بیوشیمیایی مربوط به فتوسنتز اثر گذاشته و به‌طور غیرمستقیم ورود دی‌اکسید کربن به‌داخل روزنه‌ها را که به علت شرایط کم‌آبی، بسته‌اند، کاهش دهد (Esch *et al.*, 2019). 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 گیاه و عملکرد گل، در اثر کاربرد 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.*, 2022a؛ ذاکریان و همکاران، ۱۳۹۹). عناصر غذایی، مسئول ارسال پیام‌های شیمیایی هستند که سبب پاسخ‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی و تجمع فیتوآلکسین می‌شوند.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

طی پاسخ به سیگنال ناشی از عناصر غذایی، سیستم دفاعی گیاه، فعال شده و در نتیجه بیان ژن‌های دفاعی، متابولیت‌های ثانویه و محتوای اسانس، افزایش می‌یابند (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 سیتوکرم P_{450}، سیکلو اکسیژناز، الکل دهیدروژناز، لیپو اکسیژناز و زانتین اکسیداز شوند که در طی فعالیت خود، میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را افزایش داده و نهایتاً منجر به افزایش صفات رشدی گیاه از جمله مقادیر کلروفیل کل و عملکرد گل می‌شوند (Thakur and Kumar, 2020; Nunes and Miguel, 2017).

در پژوهش 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، تیمارهای مورد استفاده منجر به بهبود صفات مورد ارزیابی شدند. صفات مورد برآورد در گیاهان گل محمدی، تحت تیمار تنش خشکی کاهش محسوسی داشتند. تیمار تغذیه‌ای غنی‌تر (کود مرغی و یا کود کامل NPK) منجر به تشدید کاهش صفات مختلف مورد ارزیابی در شرایط تنش خشکی گردید. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که در مجموع، کمترین مقادیر صفات مورد ارزیابی در گیاهان تحت تیمار شاهد و در تنش آبی شدیدتر به‌دست آمد. بنابراین گیاهان گل محمدی قابلیت تحمل به تنش خشکی شدید را ندارند. با توجه به نتایج به‌دست آمده چنین مشاهده گردید که تیمار غذایی کود کامل منجر به ایجاد بیشترین صفات مورفوفیزیولوژیکی نسبت به سایر تیمارها گردید و در این خصوص تنش آبی منجر به کاهش در این روند گردید. بیشترین ترکیبات مؤثره اسانس در تمام تیمارها شامل سیترونلول، ژرانیول، نونادکان و هنیکوزان بود که با تحقیقات قبلی در مورد این گیاه دارویی تطابق دارد (Toluei *et al.*, 2019; Yousefi and Jaimand, 2018). افزایش معنی‌دار عملکرد اسانس در تیمار محلول‌پاشی کود کامل، کود مرغی و یا ورمی‌کمپوست، نشان‌دهنده اهمیت عناصر مغذی مورد استفاده در کشت و پرورش گیاه دارویی گل محمدی است. با توجه به تأثیر عناصر پرمصرف بر رشد و نمو گیاه، می‌توان یکی از دلایل افزایش فعالیت فتوسنتزی را مرتبط با مهم‌ترین بخش فتوسنتزکننده 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. نتایج این پژوهش در تطابق با گزارشات سایر محققین است (Ghavam *et al.*, 2021; Liu *et al.*, 2020; Nayebi *et al.*, 2017; Nunes and Miguel, 2017).

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 (Yadegari, 2022; Thakur, 2019). بیشترین مقادیر ترکیبات اصلی اسانس از جمله مواد مؤثره هنیکوزان، نونادکان، سیترونلول و ژرانیول در همین ترکیب تیماری در شرایط رطوبتی ظرفیت مزرعه به‌دست آمد؛ هر چند همین ترکیب تیماری در شرایط تنش ملایم (۵۰ درصد تخلیه رطوبتی) به‌همراه ترکیب تیماری کود کامل، کود مرغی یا ورمی‌کمپوست در بسیاری از صفات مورد ارزیابی در گروه مشابه قرار گرفتند. 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 شرایط عدم تنش خشکی، به همراه کاربرد اسید هیومیک و بوتامیسول به‌دست آمدند (یادگاری، ۱۴۰۱). به‌طورکلی در پژوهش حاضر، در اغلب موارد، با افزایش سطوح تنش خشکی، مقادیر صفات

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

مورفوفیزیولوژیکی و به تبع آن مواد مؤثره اسانس کاهش یافت که در این راستا محلول‌پاشی کود کامل، این اثر را تشدید نمود. 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 عملکرد گل 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 به وجود آورد. از آنجا که گیاه گل محمدی 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*) (Yadegari, 2017) به اثبات رسیده است.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش اثرات مفید و ارزنده‌ای ناشی از کاربرد کودهای زیستی مرغی، گاوی، اسبی، ورمی‌کمپوست، گوسفندی، اسید هیومیک، بوتامیسول و کود شیمیایی کامل NPK، بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی گیاهان دارویی گل محمدی (*Rosa damascena* Mill.) تحت تنش خشکی مورد مطالعه قرار گرفت. مشخص شد با افزایش عملکرد گل، میزان اسانس هم بیشتر می‌شود و ترکیبات غالب اسانس شامل سیترونلول، ژرانیول، نونادکان و هنیکوزان با استفاده از تیمارهای تغذیه‌ای به ویژه کود کامل، کود مرغی و ورمی‌کمپوست افزایش یافتند. در بیشتر ترکیبات مؤثره اسانس، تیمار ترکیبی کود کامل تحت تنش ملایم (K_2) با تیمار کود کامل و یا کود مرغی، در شرایط بدون تنش (K_1) در رقابت بود. در بیشتر صفات مورد ارزیابی، از جمله عملکرد گل، میزان اسانس و کلروفیل کل، 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 به وجود آوردند.

منابع

اسدی، محمد، نصیری، یوسف، ملاعلی عباسیان، سارا، و مرشدلو، محمدرضا (۱۳۹۷). ارزیابی عملکرد کمی و کیفی نعناع فلفلی تحت تأثیر اسیدهای آمینه، کودهای شیمیایی و آلی. *نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار*، ۲۸(۳)، ۲۵۷-۲۷۵. https://sustainagriculture.tabrizu.ac.ir/article_8073.html

اسماعیلیان، یاسر، و جلالی، عباس (۱۴۰۱). بررسی جنبه‌های کمّی، کیفی و اقتصادی کشت مخلوط سیر (*Allium sativum* L.) و شنبلیله (*Trigonella foenum-graceum* L.) در سیستم‌های تغذیه آلی و شیمیایی. *تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*، ۳۸ (۱)، ۱۳۳-۱۴۹. https://dorl.net/dor/20.1001.1.17350905.1401.38.1.8.6

حسنی، سید محسن، آزادفر، داود، ارزانش، محمد حسین، سعیدی، زهره، و متین خواه، سید حمید (۱۴۰۰). تأثیر تیمارهای کودی بر صفات مورفولوژیکی و کیفی خاکشیر (*Descurainia sophia* (L.) Schur) و گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) در سیستم بیشه زراعی. *تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*، ۳۷(۵)، ۷۶۶-۷۸۰. https://dorl.net/dor/20.1001.1.17350905.1400.37.5.4.3

حیاتی، عزیز، رحیمی، محمد مهدی، کلیدری، عبدالصمد، و حسینی، سید ماشاءاله (۱۴۰۰). تأثیر هیومیک اسید و نانوکلات آهن بر محتوای اسمولیت‌های سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) در شرایط تنش خشکی. *تحقیقات گیاهان دارویی و معطر*، ۳۷(۵)، ۸۰۹-

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

https://doi.org/10.22092/ijmapr.2021.354715.2995 .۸۲۱

ذاکریان، فاطمه، سفیدکن، فاطمه، عباس‌زاده، بهلول، و کلاته جاری، سپیده (۱۳۹۹). تأثیر تنش خشکی و قارچ‌های میکوریزا بر صفات فیزیولوژیک و درصد اسانس مرزه سهندی (*Satureja sahendica* Bornm.). *نشریه علوم باغبانی ایران*، ۵۱(۱)، ۱۸۹-۲۰۱. https://doi.org/10.22059/ijhs.2018.267489.1521

رجب‌زاده، شهرام، قاسمی، عبدالله، یادگاری، مهراب، و رحیمی، تورج (۱۴۰۱). بررسی اثر محلول‌پاشی برگی بر ترکیبات شیمیایی اسانس گلبرگ‌های گیاه دارویی *Rosa damascena* Mill. در استان چهارمحال و بختیاری. *فصلنامه اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی*، ۱۰(۲)، ۸۰-۹۵. https://doi.org/10.30495/ejmp.2022.1954175.1682

شهسواری، مرضیه، نادری، داود، و قیصری، محمد مهدی (۱۳۹۸). تأثیر محلول‌پاشی نانو کود آلی و هیومیک اسید بر ویژگی‌های بیوشیمیایی و برخی ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس گل‌محمدی (*Rosa damascena* Mill.). *تحقیقات گیاهان دارویی و معطر*، ۳۵(۱)، ۱۳۴-۱۴۴. https://doi.org/10.22092/ijmapr.2019.116512.2213

صفایی، لیلی، سفیدکن، فاطمه، دوازده امامی، سعید، و امین آزرم، داود (۱۴۰۱). اثر کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد اسانس و ترکیبات تشکیل‌دهنده آن در گیاه مرزه سنبله‌ای (Satureja spicigera Jamzad) در اصفهان. *فرآیند و کارکرد گیاهی*، ۱۱(۴۸)، ۲۸۳-۲۹۸. http://dorl.net/dor/20.1001.1.23222727.1401.11.48.18.9

عسگریان، هوشمند، عبدوسی، وحید، دانایی، الهام، و لادن مقدم، علیرضا (۱۴۰۰). تأثیر کاربرد توأم اسید هیومیک و سلنیوم بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) تحت تنش شوری. *تحقیقات گیاهان دارویی و معطر*، ۳۷(۴)، ۵۹۶-۶۱۱. https://doi.org/10.22092/ijmapr.2021.353520.2940

محمدی، سیده محدثه، سفیدکن، فاطمه، اسدی صنم، سمانه، و کلاته جاری، سپیده (۱۴۰۰). تأثیر تیمارهای تغذیه‌ای بر ویژگی‌های مورفولوژیک و عملکرد اسانس مرزه خوزستانی (*Satureja khuzistanica* Jamzad). *فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*، ۳۷(۲)، ۱۹۳-۲۱۳. https://doi.org/10.22092/ijmapr.2021.351383.2840

هاشم‌پور، ژینوس، اسدی صنم، سمانه، میرزا، مهدی و قنبری جهرمی، مرضیه (۱۴۰۱). اثر تیمارهای تغذیه‌ای بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی سرخارگل (*Echinaceae purpurea* L.). *تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*، انتشار آنلاین. https://doi.org/10.22092/ijmapr.2022.357096.3110

یادگاری، مهراب (۱۴۰۰). اثرات کودهای آلی و شیمیایی بر خصوصیات کمی و کیفی اسانس گیاه دارویی بادرنجبویه. *فرآیند و کارکرد گیاهی*، ۱۰(۴۱)، ۳۱۵-۳۲۹.۱۴۰۰.10.41.20.0.http://dorl.net/dor/20.1001.1.23222727

یادگاری، مهراب (۱۴۰۱). اثر کود کامل NPK، بوتامیسول و اسید هیومیک بر صفات مورفوفیزیولوژیک و اسانس سه گونه از جنس آویشن تحت تنش خشکی. *نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر*، ۳۸(۲)، ۳۰۱-۳۲۱. https://doi.org/10.22092/ijmapr.2022.357303.3119

یادگاری، مهراب (۱۴۰۱). اثر کود کامل NPK، بوتامیسول و اسید هیومیک بر صفات مورفوفیزیولوژیک و اسانس سه گونه از جنس مرزه تحت تنش خشکی. *نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر*، ۳۸(۱)، ۶۱-۸۰. https://doi.org/10.22092/ijmapr.2022.356264.3073

یوسفی، برزو، سفیدکن، فاطمه، میرزا، مهدی، و لباسچی، محمدحسین (۱۴۰۱). اثر تراکم‌های مختلف کشت و تغذیه با کودهای آلی بر بازده، عملکرد و ترکیبات شیمیایی اسانس گیاه دارویی *Satureja mutica* Fisch. & C. A. Mey. در شرایط دیم. *تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*، ۳۸(۱)، ۱۰۲-۱۱۳. https://doi.org/10.22092/ijmapr.2021.354198.2976

Adams, R. P. (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.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

Aghaei, K., Ghasemi Pirbalouti, A., Mousavi, A., Badi, H. N., & 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. https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101318

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. DOI: 10.22059/ijhst.2019.280572.294

Albergaria, E.T., Oliveira, A. F., & Albuquerque, U. P. (2020). The effect of water deficit stress on the composition of phenolic compounds in medicinal plants. *South African Journal of Botany*, *131*(11), 12-17. http://dx.doi.org/10.1016/j.sajb.2020.02.002

Alizadeh, Z. & Fattahi, M. (2021). Essential oil, total phenolic, flavonoids, anthocyanins, carotenoids and antioxidant activity of cultivated Damask Rose (*Rosa damascena*) from Iran: With chemotyping approach concerning morphology and composition. *Scientia Horticulturae*, *288*, 110341. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110341

Alizadeh, A., Najafi, F., Hadian, J., & 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. https://doi.org/10.22067/jag.v10i1.47161

Antonova, D. V., Medarska, Y. N., Stoyanova, A. S., Nenovc, N. S., Slavovd, A. M., & Antonov, L. M. (2020). Chemical profile and sensory evaluation of Bulgarian rose (*Rosa damascena* Mill.) aroma products, isolated by different techniques. *Journal of Essential Oil Research*, *33*(2), 171-181. DOI: 10.1080/10412905.2020.1839583

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

Babaei, Kh., Moghaddam, M., & Farhadi, N. (2021). Morphological, physiological and phytochemical responses of Mexican marigold (*Tagetes minuta* L.) to drought stress. *Scientia Horticulturae*, *284*(3), 110-116. http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110116

Bilal, H. M., Tahir, R., Adnan, M., Ali, S. M., Islam, H., & Umer, M. S. (2020). Does foliar application of macro and micronutrients have any impact on Roses production? A review. *Annals of Reviews and Research*, *6*, 555677. http://dx.doi.org/10.19080/ARR.2020.06.555677

Bates, L. S., Waldren, R. P., & Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Journal of Plant Science*, *1*, 205-207. https://doi.org/10.1007/BF00018060

Caser, M., Chitarra, W., Angiolillod, F., & Perrone, I. (2019). Drought stress adaptation modulates plant secondary metabolite production in *Salvia dolomitica* Codd. *Industrial Crops and Products*, *129*, 85-96. http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.11.068

Dere, S., Gunes, T., & 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. https://www.researchgate.net/publication/235938850

Doskocil, L., Szewieczkova, J. B., Enev, V., Kalina, L., & Wasserbauer, J. (2018). Spectral characterization and comparison of humic acids isolated from some European lignites. *Fuel*, *213*, 123-132. http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2017.10.114

Esch, E. H., Lipson, D. A., & Cleland, E. E. (2019). Invasion and drought alter phenological sensitivity and synergistically lower ecosystem production. Ecology, *100*(10), e02802. http://dx.doi.org/10.1002/ecy.2802

Fariaszewska, A., Aper, J., Van Huylenbroeck, J., & 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. https://doi.org/10.1007/s42106-020-00088-3

Ghanbarzadeh, Z., Mohsenzadeh, S., Rowshan, V., & 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. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108652

Ghavam, M., Afzali, A., Manconi, M., Bacchetta, G., & Manca, M. L. (2021). Variability in chemical composition and antimicrobial activity of essential oil of *Rosa×damascena* Herrm. from mountainous regions of Iran. *Chemistry Biology and Technology of Agriculture*, *8*(22), 1-16. https://doi.org/10.1186/s40538-021-00219-622, 1–16

Gorji Chakespari, A., Nikbakht, A. M., Sefidkon, F., & Ghasenmi Varnamkhasti, M. (2017). Classification of essential oil composition in *Rosa damascena* Mill. genotypes using an electronic nose. *Journal of Applied Research in Medicinal and Aromatic Plants*, *4*, 27-34. http://dx.doi.org/10.1016/j.jarmap.2016.07.004

Hamedi, B., Ghasemi Pirbalouti, A., & Rajabzadeh, F. (2022a). 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, https://doi.org/10.1080/00103624.2022.2070634

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

Hamedi, B., Ghasemi Pirbalouti, A., & Rajabzadeh, F. (2022b). 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. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115470

Honorato, A. C., Maciel, J. F., Assis, R. M., Nohara, G. A., Carvalho, A. A., Pinto, J. E., & Bertolucci, S. K. (2022). Combining green manure and cattle manure to improve biomass, essential oil, and thymol production in *Thymus vulgaris* L. *Industrial Crops and Products*, *187*, 115469. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115469

Khaleghi, A. & Khadivi, A. (2020). Morphological characterization of Damask rose (*Rosa damascena* Herrm.) germplasm to select superior accessions. *Genetic Research Crop Evolution*, *67*, 1981-1997. https://doi.org/10.1007/s10722-020-00954-z

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. http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112695

Liu, W., Chen, L., Huang, Y., Fu, L., Song, L., & Wang, Y. (2020). Antioxidation and active constituents analysis of flower residue of *Rosa damascena*. *Chinese Herbal Medicines*, *12*, 336-341. https://doi.org/10.1016/j.chmed.2020.05.005

Mc-Garvey, D. & Croteau, R. (1995). Terpenoid metabolism. *The Plant Cell*, *7*(7), 1015-1026. https://doi.org/10.1105/tpc.7.7.1015

Mohammadinasab, S., Ravari, A., Mirzaei, T., & Sayadi, A. R. (2019). The effect of aromatherapy with essential rose oils on blood pressure in hypertensive patients. *Journal of Medicinal Plants*, *18*(72), 202-214. http://dorl.net/dor/20.1001.1.2717204.2019.18.72.41.8

Mumivand, H., Ebrahimi, A., Morshedloo, M. R., & 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. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113381

Najafi vafa, Z., Sirousmehr, A., & 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. https://doi.org/10.22070/hpn.2020.4876.1050

Nayebi, N., Khalili, N., Kamalinejad, M., & Emtiazy, M. (2017). A systematic review of the efficacy and safety of *Rosa damascena* Mill. with an overview on its phytopharmacological properties. *Complementary Therapies in Medicine*, *34*, 129-140. http://dx.doi.org/10.1016/j.ctim.2017.08.014

Nejatzadeh, F. (2020). Effect of biofertilizer and magnesium sulfate on the components ofessential oil of *Dracocephalum moldavica*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, *27*(2), 101671. http://dx.doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101671

Nunes, H. S. & Miguel, M. G. (2017). *Rosa damascena* essential oils: A brief review about chemical composition and biological properties. *Trends in Phytochemical Research*, *1*(3), 111-128. https://dorl.net/dor/20.1001.1.25883623.2017.1.3.2.7

Rahmani Samani, M., D'Urso, G., Montoro, P., Ghasemi Pirbalouti, A., & 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. doi: 10.1016/j.jpba.2021.113951

Rostaei, M., Fallah, S., Lorigooini, Z., & 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. http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.141

Sasani, N., Paques, L. E., Boulanger, G., & Singh, A. P. (2021). Physiological and anatomical responses to drought stress differ between two larch species and their hybrid. *Trees*, *35*(5), 1467-1484. https://doi.org/10.1007%2Fs00468-021-02129-4

Seify, Z., Yadegari, M., & Ghasemi Pirbalouti, A. (2018). Essential oil composition of *Rosa damescena* produced with different storage temperatures and dur*ations. Horticultural Science and Technology*, *36*, 552-559. http://dx.doi.org/10.12972/kjhst.20180055

Thakur, M. & Kumar, R. (2020). Foliar application of plant growth regulators modulates the productivity and chemical profile of Damask rose (*Rosa damascena* Mill.) under mid hill conditions of the western Himalaya. *Industrial Crop Products*, *158*, 113024. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.113024

Thakur, M. Bhatt, V., & Kumar, R. (2019). Effect of shade level and mulch type on growth yield and essential oil composition of damask rose (*Rosa damascena* Mill.) under mid hill conditions of Western Hymalayas. *PLoS ONE*, *14*(4), e0214672. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214672

Toluei, Z., Hosseini Tafreshi, S. A., & Arefi Torkabadi, M. (2019). Comparative chemical composition analysis of essential oils in different populations of Damask rose from Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*, *21*(2), 423-437. http://dorl.net/dor/20.1001.1.16807073.2019.21.2.7.8

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

Ucar, Y., Kazaz, S., Eraslan, F., & 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. http:///dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2016.12.004

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.

Yadegari, M. (2022). The effects of foliar application of some micronutrient elements on the content and composition of the essential oil of Damask rose (*Rosa damascena* Mill.). *Iran Agricultural Research*, *41*(2), 1-17. DOI: 10.22099/IAR.2022.42152.1467

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. https://doi.org/10.1080/00103624.2016.1269796

Yousefi, B. & Jaimand, K. (2018). Chemical variation in the essential oil of iranian *Rosa damascena* landraces under semi-arid and cool conditions. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, *5*(1), 81-92. DOI: 10.22059/ijhst.2018.256329.234

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

Effects of some biological and chemical fertilizers on morphophysiological characters and essential oil in*Rosa damascena*Mill. in drought stress

Mehrab Yadegari

Medicinal, Spicy and Aromatic Plants Research Center, Islamic Azad University, Shahrekord Branch, Shahrekord, Iran

(Received: 2023/07/14, Accepted: 2023/08/22)

Abstract

Biological and chemical fertilizers have important effects on the growth and development of plants and consumption of these fertilizers has increased 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 controls (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 the content/composition of the essential oil of *Rosa damascena*were investigated. This research was performed in a randomized complete block design in a factorial layout with three replications. From thirteen essential oil components, the most components were Citronellol, Geraniol (alcoholic oxygenated monoterpenoides), Heneicosane and Nonadecane (alkane hydrocarbons). Heneicosane (33.6 % and 34.6 %) had the highest amounts of essential oil components. Treatments of poultry manure, vermicompost or complete chemicals in field capacity conditions increased the height of the plant (214.4 cm and 212.1 cm), number of stems (23.1 and 22.2), total chlorophyll (18.3 and 18.1 mg.Kg FW^{-1}), R.W.C (68.4 and 69.5), petal yield (7651.5 and 7591.2 $Kg.ha^{-1}$) and content of essential oil (0.076 and 0.069%). Suggest to obtain the highest quality of essential oil in damask rose, such as important components (Citronellol, Geraniol) in the same condition, using poultry manure and complete chemical fertilizers.

Keywords: Citronellol, Complete fertilizer, Geraniol, Medicinal plant, Sheep manure

Corresponding author, Email: mehrabyadegari@gmail.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-24]