بررسی اثر محلول‌پاشی برگی بر ترکیبات شیمیایی اسانس گلبرگ‌های گیاه دارویی *Rosa damascena* Mill. در استان چهارمحال و بختیاری

شهرام رجب‌زاده[۱]، عبدالله قاسمی پیربلوطی[۲]*، مهراب یادگاری[۳]، تورج رحیمی[٤]

[۱]دانشجوی دکتری، دانشکده کشاورزی، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران

[۲]استاد، مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، واحد شهرقدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

[۳]دانشیار، مرکز تحقیقات گیاهان دارویی و عطری، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران

[٤]استادیار، گروه بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، واحد شهرقدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۰۰/۱۱/۱۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱٤۰۱/۰۱/۲۸

چکیده

اسانس یکی از فرآورده‌های مهم از گلبرگ‌های گل محمدی (*Rosa damascena* Mill.) است. وجود غلظت بیشتر ترکیبات معطر (بتا- سیترونلول و ژرانیول) در اسانس گل محمدی بیانگر شاخص مهم کیفی و استاندارد اسانس گل محمدی بوده که محلول پاشی ممکن است در راستای ارتقای این ماده موثره کارآمد باشد. تحقیق حاضر با هدف ارزیابی اثر محلول پاشی الکلی و کتونی بر ترکیبات اسانس گل محمدی طی دو سال زراعی (۱۳۹۷-۱۳۹٦ و ۱۳۹۸-۱۳۹۷) در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلستان گل محمدی واقع در جنوب شهرکرد به مرحله اجرا درآمد. اسانس حاصل از روش تقطیر با آب با استفاده از گاز کروماتوگرافی متصل به طیف سنج جرمی (GC/MS) مورد تجزیه قرار گرفت. در همین راستا، ۲۹ ترکیب در اسانس شناسایی شدند که مهمترین آنها شامل : بتا- سیترونلول و ژرانیول (مونوترپن‌های الکلی) و هنیکوزان و نونادکان (هیدروکربن‌های آلکان‌دار) بودند. نتایج نشان داد که بهترین تیمار محلول پاشی محلول اتانول ۲۰ درصد طی دو سال آزمایش بود؛ به طوری‌که بالاترین میزان بتا- سیترونلول (۳۳ درصد) و ژرانیول (۱۸ درصد) از اسپری اتانول (۲۰ درصد) در مقایسه با سایر تیمارها و شاهد به دست آمد. همچنین، این تیمار از نظر غلظت هیدروکربن‌های آلکان‌دار در اسانس به‌عنوان یک شاخص منفی ترکیبات معطر اسانس گل محمدی در پایین‌ترین میزان بودند. محلول پاشی استون دارای بالاترین میزان هیدروکربن‌های آلکان‌دار و کمترین درصد ترکیبات معطر در مقایسه با شاهد و سایر تیمارها بودند. در برآورد ضرایب همبستگی ساده پیرسون، بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار، بین ترکیبات معطر (مونوترپن‌های الکلی) با یکدیگر و بین هیدروکربن‌های آلکان‌دار با هم به دست آمد، اگر چه بین این دو گروه ترکیبات مهم در اسانس گل محمدی روابط منفی و معنی داری مشاهده شد. در نهایت، پیشنهاد می‌شود برای حصول بالاترین ترکیب کیفی اسانس گل محمدی تحت شرایط مشابه اقلیمی (سرد و نیمه خشک)، می‌توان از محلول پاشی اتانول با غلظت ۲۰ درصد استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: اسانس، بتا- سیترونلول، ژرانیول، گل محمدی، هیدروکربن‌های آلکان‌دار.

*نویسنده مسئول: ghasemi@qodsiau.ac.ir

مقدمه

گل محمدی با نام علمی *Rosa damascene* Mill. از مهمترین گونه‌های معطر خانواده رزاسه یا گل سرخ است که خاستگاه و رویشگاه اولیه آن ایران و مناطق خاورمیانه است. مبدأ گونه *damascena* در ایران و گونه دیگر *rugosa* در شرق اروپا است (Khaleghi and Khadivi, 2020). اسانس و ترکیبات معطر به‌عنوان مهمترین ماده موثره از گلبرگ گل‌های گل محمدی دارای ارزش اقتصادی و کاربرد فراوانی در صنایع دارویی، غذایی، آرایشی و بهداشتی، عطر و ادکلن سازی و فرآورده‌های طبیعی و معطر در طب سنتی و رایحه درمانی یا آروماتراپی[1] دارند (Nasiri et al., 2021; Thakur and Kumar, 2020). گل ارزشمندترین اندام قابل مصرف این گیاه بوده که در ایران فرآورده‌های آن به صورت‌های مختلف از قبیل اسانس، گلاب، مربا و گل خشک به صورت سنتی یا صنعتی مورد استفاده قرار می گرفته است (Akram et al., 2020). بر اساس نتایج تحقیقات قبلی مشخص شده است که اسانس گل محمدی دارای خواص درمانی و پیشگیری کننده خوبی نظیر خاصیت آنتی اکسیدانی (Alizadeh and Fattahi, 2021) ضدمیکروب و ضد التهاب (Fatemi et al., 2020)، آرام‌بخش و سایر خواص دیگر است (Shabbir et al., 2020). مهمترین ترکیبات اسانس گل محمدی شامل بتا- سیترونلول، ژرانیول، اوژنول، سیترال، نرول و فارنزول است (Erbas and Baydar, 2016; Seify et al., 2018; Liu et al., 2020; Farahani et al., 2020). علاوه بر اسانس، محصولات اصلی دیگری، مانند کانکریت رز، آبسولوت رز و گلاب، به‌دست می‌آید که در صنایع غذایی، عطرسازی و دارویی استفاده می‌شوند. ترکیبات غالب اسانس این گیاه نقش بسیار مهمی در صنایع داروسازی و عطرسازی دارند (Gorji Chakespari et al., 2017; Farahani et al., 2020).

ویژگی‌های رشد، عملکرد و به خصوص خصوصیات فیتوشیمیایی گیاهان دارویی و معطر یا کمیت و کیفیت ماده موثره مانند اسانس، متأثر از عوامل ژنتیکی، شرایط محیطی (جغرافیایی) و اکولوژیکی (اقلیمی، ادافیکی) و عوامل مدیریتی (از کاشت تا فرآیندهای پس از برداشت) و اثرات متقابل آن‌هاست (Alavi Samny et al., 2022). یکی از رهیافت‌های نوین در مدیریت و به باغی گیاهان دارویی و معطر همانند سایر گیاهان زراعی و باغی استفاده از الیستورها[2] هستند که این القاء کننده‌ها می‌توانند با اثر بر مسیرهای بیوسنتز ترکیبات ثانویه را تحریک یا بهبود داده و به عبارتی دیگر دستیابی به غلظت‌های بیشتر این متابولیت‌ها را سرعت می‌بخشند (Thakur and Kumar, 2020). الیستورها دارای منشأ زیستی یا غیرزیستی هستند که یک گروه از این الیستورهای آلی و اثربخش بر گیاهان ترکیبات الکلی مانند اتانول و متانول هستند. اتانول و متانول از ساده‌ترین محصولات گیاهی هستند که در اغلب گیاهان در طی مراحل اولیه رشد برگ‌ها در اثر دمیتلاسیون پکتین به‌عنوان یک ترکیب فرار از روزنه‌ها خارج می‌شوند (Moghaddam et al., 2018). به‌طورکلی، اتانول به عنوان یک ترکیب الکلی، در بافت گیاهی به فرم آلدهید و در نهایت به دی اکسیدکربن تبدیل می‌شود. افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن داخلی به دلیل کاهش تنفس نوری منجر به افزایش راندمان فتوسنتزی می‌گردد (Mousavi et al., 2022). متانول به صورت فرم آلدهید و دی‌اکسید کربن در گیاه، اکسید شده و به صورت اسیدهای آمینه (سرین و متیونین) و کربوهیدرات‌ها، در بافت‌های مختلف گیاهان به

1. Aromatherapy

2. Elicitors

خصوص گیاهان به خصوص گیاهان C_3 سنتز می‌شوند. تحقیقات قبلی (Vojodi Mehrabani, 2019) نشان داده است که اتانول با غلظت ۲۰ درصد در شرایط تنش شوری اثرات مثبتی بر افزایش تحمل گیاه ژرانیوم (*Pelargonium graveolens*) داشته است. هم‌چنین مقدم و همکاران (Moghaddam et al., 2018) گزارش کردند که محلول پاشی اتانول و متانول ۲۵ درصد سبب افزایش ترکیبات ثانویه و موثره نظیر میزان فنل و خاصیت آنتی اکسیدان گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum c.v.* Keshkeni luvelou). شد. در پژوهشی دیگر (Mousavi et al., 2022)، محلول‌پاشی متانول و اتانول به خصوص در غلظت های ۲۰ و ۳۰ درصد سبب بهبود ماده خشک و میزان ترکیبات ثانویه در آویشن باغی گردید. اتانول و متانول با داشتن مولکول های کوچکتر از دی اکسید کربن به راحتی از طریق انتشار ساده بدون صرف انرژی از غشاء سلول گیاهی عبور کرده و جذب سلول‌های گیاهی می‌شود و حتی در زمان خشکی و کم آبی که روزنه های گیاهی بسته باشد به آسانی کربن خود را در اختیار گیاه، برای انجام فرآیند فتوسنتز قرار می دهد و ماده خشک گیاه افزایش می‌یابد (Erbas and Baydar, 2016). نتایج یک تحقیقی توسط خیری و همکاران (Kheiri et al., 2020) مشخص شد که محلول پاشی متانول سبب افزایش راندمان مصرف آب، کاهش تنفس نوری، افزایش سطح و دوام برگ و در نهایت افزایش تولید در گیاه گلرنگ در شرایط تنش خشکی می‌شود.

نتایج سایر تحقیقات در خصوص اثر محلول پاشی ترکیبات غیر الکلی بر کمیت و کیفیت اسانس گل محمدی نشان داد که اسپری محرک‌های رشد مانند جاسمونات، دی فنیل اوره و کینیتن بر گل محمدی کشت شده در منطقه غرب هیمالیا (Thakur and Kumar, 2020)، محلول پاشی نمک نیترات پتاسیم (KNO_3) بر گل محمدی از منطقه غرب هیمالیا (Kumar et al., 2016) و محلول پاشی سیلکون بر گل محمدی کشت شده در شرایط تنش خشکی در ایران (Farahani et al., 2020)، همه تیمارها اثرات معنی داری بر عملکرد کمی و کیفی ماده موثره (اسانس و ترکیبات معطر) گل محمدی داشته اند. این در حالی است که تاکنون پژوهشی در خصوص اثر محلول پاشی الکل‌ها مانند اتانول و متانول و استون بر رشد، عملکرد و اسانس گل محمدی کشت شده در ایران انجام نشده است؛ لذا این تحقیق با هدف بررسی اثر محلول پاشی غلظت‌های مختلف اتانول، متانول و استون بر خصوصیات کمی و کیفی ماده موثره (اسانس و ترکیبات معطر) گل محمدی طی دو سال متوالی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با سه تکرار، در مزرعه‌ی تولیدی ۱۰ هکتاری گل محمدی واقع در شهر چلیچه (فارسان) در ۳۵ کیلومتری و جنوب غربی شهرکرد، مرکز استان چهارمحال و بختیاری، طی دو سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ و ۱۳۹۸-۱۳۹۷ انجام شد. مشخصات اقلیمی منطقه از نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی واقع در شهرستان فارسان دریافت شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل تحقیق، طی تجزیه ۵ نمونه خاک برداشت شده (عمق ۳۰ سانتی متری زمین به طور تصادفی) در آزمایشگاه خاک مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری به ترتیب در جداول ۱ و ۲ آمده است. بخشی از گلستان گل محمدی به عنوان باغ مورد تحقیق که با روش آبیاری قطره‌ای آبیاری می‌شد به ابعاد ۵۰ ×۱۵ متر و دارای ۱۹۲ درختچه چهار ساله از ژنوتیپ‌های

اصلاح شدهٔ گل محمدی (*Rosa damascena* Mill.) شامل نهال‌های تهیه شده از طریق کشت بافت توسط موسسهٔ کشت بافت دکتر رستگار، به کار گرفته شد. این بخش از گلستان، به ٤ کرت هر کدام به طول ٥٠ متر، با فاصله ٥ متر از یکدیگر و مشتمل بر یک کرت اصلی و سه تکرار، در نظر گرفته و پلاک بندی شد. در هر کرت، ٦ درختچه، به ارتفاع ٩٠ تا ١١٠ سانتی‌متر، با فاصله هر درختچه، ١٠٠-٩٠ سانتی‌متر، انتخاب و تیمارهای آزمایش اعمال شدند.

جدول ١: مشخصات جغرافیایی و اقلیمی منطقه مورد تحقیق

پارامتر	میزان (واحد)
عرض جغرافیایی	٣٢ درجه شمالی و ٣٦ دقیقه
طول جغرافیایی	٥٠ درجه شرقی و ٥٦ دقیقه
ارتفاع از سطح دریا	٢٠٥٩ متر از سطح دریا
پوشش گیاهی	استپی
حداقل مطلق دما	٣٠ - درجهٔ سانتی‌گراد
حداکثر مطلق دما	٣٥ درجهٔ سانتی‌گراد
میانگین دمای روزانه	١١/٨ درجهٔ سانتی‌گراد
متوسط بارندگی سالانه	٤٣٥/٧ میلی‌متر در سال
متوسط رطوبت نسبی	٤٦ درصد
تعداد روزهای یخبندان	١١٢ روز
میانگین ساعات آفتابی سالانه	٢٨٧٩ ساعت

جدول ٢: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل تحقیق

سال	بافت خاک	هدایت الکتریکی	مواد خنثی	کربن‌آلی	نیتروژن	اسیدیته	پتاسیم	فسفر	روی	منگنز	آهن	مس
		دسی‌زیمنس بر متر		درصد		pH	میلی‌گرم در کیلوگرم					
١٣٩٧	لوم	٠/٦٠٦	٣١/٥	٠/٦٦٣	٠/٠٥٨	٧/٩٢	٢٨٧	١٦/٥	٠/٦٨	٣/١٦	٣/٩٨	٠/٩٨
١٣٩٨	لوم	٠/٦١	٢٩/٨	٠/٧١	٠/٠٥٥	٧/٨٨	٢٩٣	١٦/٨	٠/٧٢	٣/٢٣	٣/٦٤	٠/٨٦

تیمارهای آزمایش شامل محرک‌های پایهٔ الکل شامل استون، اتانول و متانول (در دو سطح ١٠ و ٢٠ درصد) برای این آزمایش انتخاب و دو تیمار کنترل مثبت (با آب مقطر) و کنترل منفی (بدون آب مقطر) به عنوان شاهد در نظر گرفته شدند. در هر دو سال آزمایش، در ابتدای پیدایش غنچه‌ها و قبل از گلدهی، با استفاده از دستگاه مه‌پاش دستی، هر پنج روز یک بار روی برگ‌ها، در سه نوبت، قبل از طلوع آفتاب، محلول‌پاشی تیمارهای مورد آزمایش انجام شد. برداشت، پس‌از گل‌دهی در ٤ 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 جمع آوری شدند. سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و پس از توزین و شماره‌گذاری نمونه‌های گلبرگ در آزمایشگاه، از مقدار ٥٠٠ گرم گلبرگ خالص، به روش تقطیر با آب، در دستگاه کلونجر، از ٣٢ نمونه جمع آوری شده هر کدام یک نوبت اسانس‌گیری به

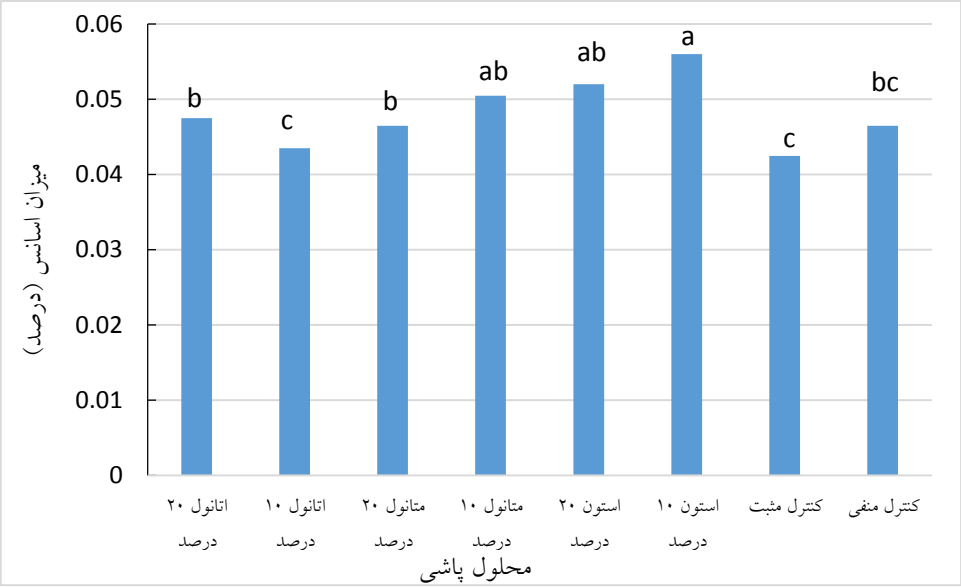
مدت ۱۸۰ دقیقه به عمل آمد. اسانس به دست آمده در لوله‌های شیشه‌ای درب‌دار مخصوص، جمع‌آوری، برچسب گذاری و پس از فویل‌پیچی نمونه‌ها در یخچال با دمای ٤ درجه سانتی‌گراد تا زمان تجزیه‌ی اسانس نگهداری شدند.

شناسایی ترکیبات اسانس به کمک دستگاه کروماتوگرافی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC/MS) در مرکز تحقیقات گیاهان دارویی دانشگاه آزاد اسلامی شهرکرد انجام گرفت. تجزیه اسانس با دستگاه GC مدل Agilent 7890 A و نوع ستون 5% HP-5 MS (طول ستون ۳۰ m، قطر داخلی ستون ۰/۲۵ µm، قطر بیرونی ستون ۰/۲۵ mm) انجام شد. گاز هلیوم با سرعت ۰/۸ mL/min جریان داشت. دمای اولیه ستون ٦۰ درجه سانتی‌گراد و دمای نهایی ستون ۲۸۰ ٦۰ درجه سانتی‌گراد بود. برنامه‌ریزی دمایی به‌صورت ٤ °C /min برنامه‌ریزی شد. نسبت جداسازی ۱۰۰:۱ تنظیم شد. دمای تزریق کننده ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد بود. خلوص گاز هلیوم ۹۹/۹۹۹٪ بود. میزان تزریق نمونه‌ها ۰/۱ میکرولیتر اسانس بود. تجزیه MS توسط دستگاه Agilent 5975 C انجام شد. انرژی یونیزاسیون در طیف‌سنج جرمی ۷۰ الکترون ولت انتخاب شد. طیف جرمی از *m/z* ۵۵۰– ۵۰ بود. شاخص‌های بازداری (RI) برای تمام اجزا با استفاده از یک‌سری هومولوگ از *ان* – الکان‌ها (C_5 - C_{25}) که در شرایط مشابه نمونه‌ها تزریق شدند، محاسبه 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 از اطلاعات موجود در کتابخانه کامپیوتری (Wiley and NIST) صورت گرفت.

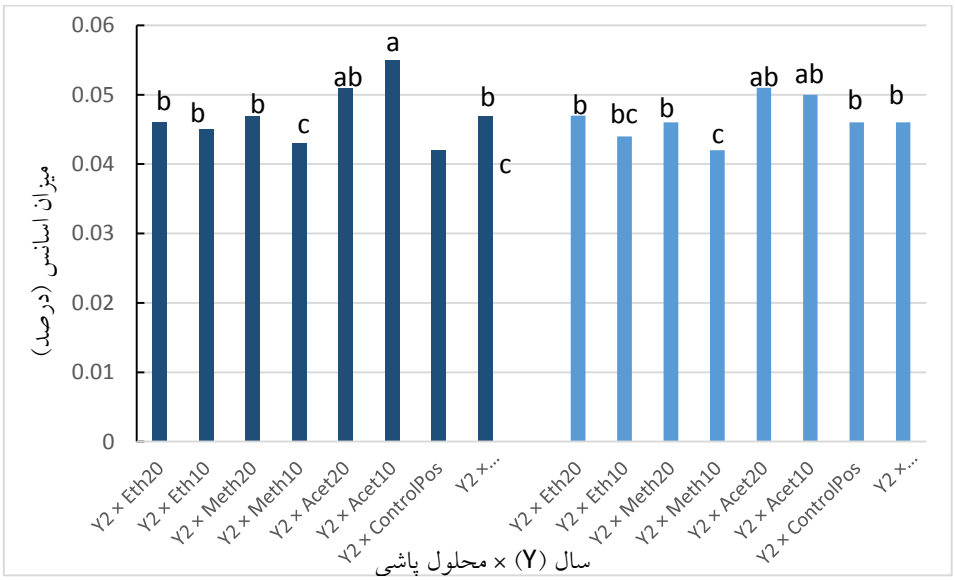
به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها، از نرم‌افزار SAS 9.1، برای مقایسهٔ میانگین تیمارها، از آزمون L.S.D با سطح احتمال ۵ درصد و به منظور بررسی رابطه بین اسانس و ترکیبات اسانس، از تجزیه همبستگی پیرسون (r^2) در سطوح معنی‌داری ۱ و ۵ درصد استفاده شد.

نتایج

میزان‌های اسانس گلبرگ‌های تازه گل محمدی به عنوان یک صفت کمی در هر دو سال آزمایش به‌طور مجزا تحت تأثیر ($P \leq 0.01$) تیمار محلول پاشی قرار گرفتند (جدول ۳)؛ به طوری که در هر دو سال آزمایش، بیشترین میزان محتوی اسانس از تیمار محلول پاشی استون در غلظت ۱۰ درصد به طور میانگین حدود ۰/۰٥٦ درصد به‌دست آمد (شکل ۱). نتایج تجزیه واریانس میزان اسانس با استفاده از تجزیه مرکب دو سال آزمایش نیز حاکی از اثرات معنی دار سال ($P \leq 0.01$)، محول پاشی ($P \leq 0.01$) و اثرات متقابل آن‌ها یا سال × محلول پاشی ($P \leq 0.01$) بر میزان اسانس گل محمدی بودند (جدول ٤). حداکثر میزان اسانس از محلول پاشی استون با ۰/۰٥٦ درصد (شکل ۱)، نتایج مقایسه میزان اسانس برای دو سال بیانگر بالاترین میزان اسانس در سال دوم با حدود ۰/۰٦ درصد بود؛ در حالی که برایز سال اول میزان ۰/۰٥٥ درصد به دست آمد. بیشترین از اثر متقابل سال و محلول پاشی از تیمار تلفیقی سال دوم × محلول پاشی استون با حدود ۰/۰٦ درصد به دست آمد (شکل ۲). کمترین میزان اسانس هم از تیمار محلول پاشی متانول (۱۰ درصد) و شاهد مثبت (حلال) مشاهده شد (جدول ۵). در خصوص تجزیه همبستگی ساده به روش پیرسون نیز بین میزان اسانس با میزان اغلب ترکیبات در اسانس گل محمدی رابطه مثبت و معنی داری برای هر دو سال آزمایش مشاهده شد (جدول ٦).

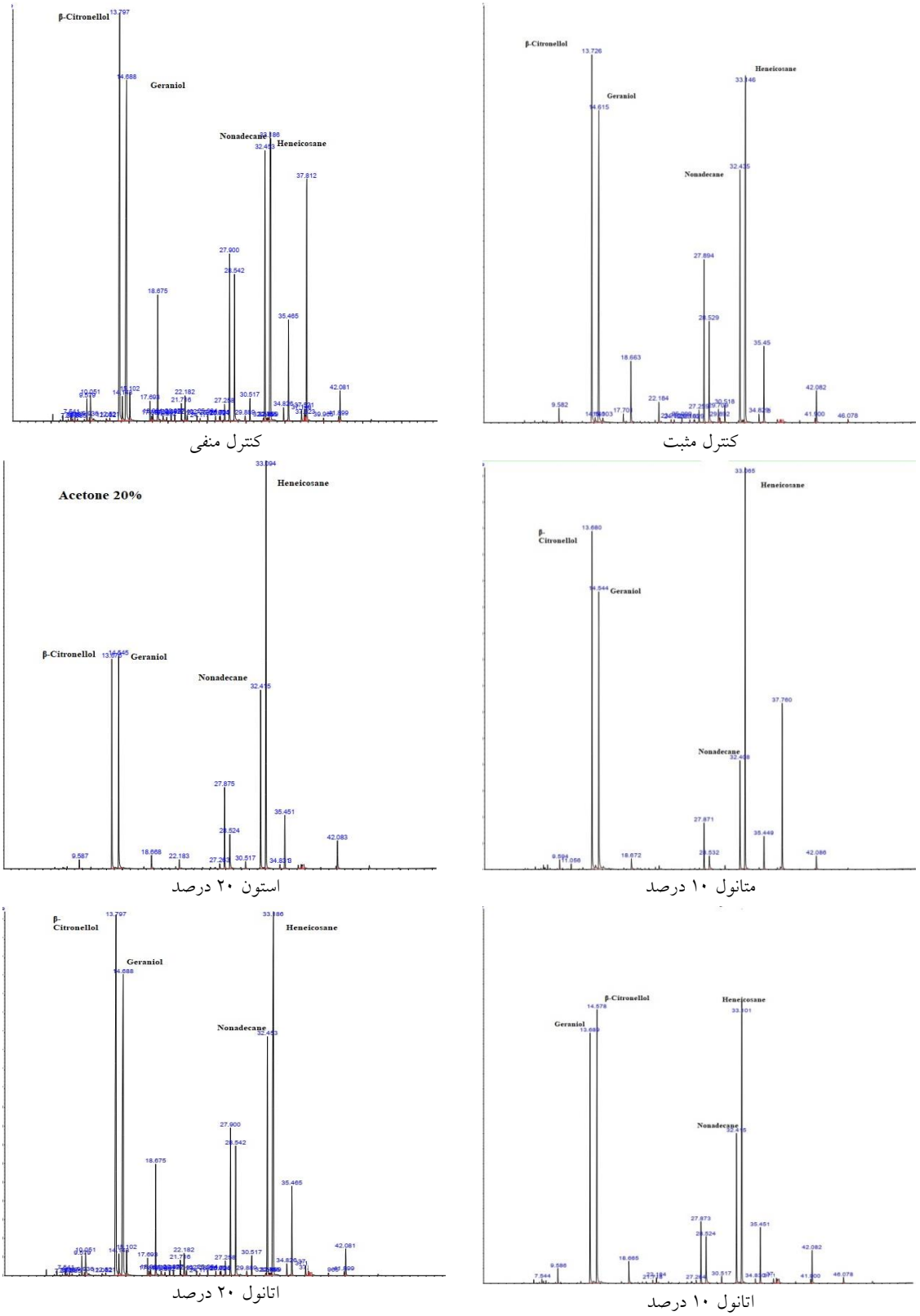


شکل ۱: اثر ساده محلول پاشی بر میزان اسانس طی دو سال آزمایش (حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار است)



شکل ۲: اثر متقابل محلول پاشی × سال بر میزان اسانس (حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار است)

ترکیبات شیمیایی نمونه‌های اسانس گلبرگ‌های تازه گل محمدی به عنوان یک صفت کیفی اسانس تحت تیمارهای مختلف محلول پاشی طی دو سال زراعی با استفاده از روش تقطیر با آب استخراج و به کمک گاز کروماتوگرافی متصل به طیف سنج جرمی (GC/MS) شناسایی شدند و بر مبنای سطح زیر منحنی، درصد ترکیبات مشخص شدند (شکل ٤ و جدول ٥). در همین راستا، ۲۹ ترکیب بین ۸۹ تا ۹۷ درصد از کل ترکیبات در اسانس شناسایی شدند (شکل ۱ و جدول ۵). در این مطالعه، ۱۳ ترکیب مهم بالای یک درصد مندرج در جداول ۳ تا ۵ شامل لینالول، فنیل اتیل‌الکل، بتا- سیترونلول، ژرانیول، نرول، نرال، سیکلودودکان، ژرانیال، هپتادکان، اکتادکان، ۱ - هگزادکانول، نونادکان و هنیکوزان مورد تجزیه و تحلیل آماری نظیر تجزیه واریانس، مقایسه میانگین و تجزیه همبستگی قرار گرفتند.



کنترل منفی | کنترل مثبت

استون ۲۰ درصد | متانول ۱۰ درصد

اتانول ۲۰ درصد | اتانول ۱۰ درصد

شکل ۳: کروماتوگرام یونی‌کل (TIC) گلبرگ تازه گل محمدی به‌وسیله GC/MS در تیمارهای مختلف آزمایش

جدول ۳: تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات فیتوشیمیایی شامل میزان اسانس و درصد ترکیبات غالب در اسانس حاصل از گلبرگ‌های گل محمدی در سال‌های اجرای تحقیق

سال ۱۳۹۷

منبع تغییرات	درجه آزادی	لینالول	فنیل اتیل الکل	بتا-سیترونلول	نرول	نرال	سیکلودودکان	ژرانیول	ژرانیال	هپتادکان	اکتادکان	۱-هگزادکانول	نونادکان	هنیکوزان	محتوای اسانس
محلول پاشی	۷	۰/۹۹**	۱/۱**	۱۱٤/۱**	۱/۱**	۲/۱**	۳/۲**	۸۰/۲**	۱/۷**	۱/۲**	۱/۳**	۷/۲**	٥٥/٦**	۱۲۱/٦**	۰/۰۰۰۰۷۲**
خطا	۱٦	۰/۰٥	۰/۱۱	۱/۰۲	۰/۱٥	۰/۱۲	۰/۰۹	۱/٤۳	۰/۰۸	۰/۰٥	۰/۰٥	۰/۳	۱/۳	۸/٥	۰/۰۰۰۰۰۲٤
ضریب تغییرات		۱٥/۳	۲۰/٦۹	٤/۱	۱۷/۳	۱٦/۱	۱٥/۲	۸/۳	۱۱/۱	۱٤/۱	۱٥/۳	۱٤/۲	٥/۳	۹/۱	٤/٤

سال ۱۳۹۸

منبع تغییرات	درجه آزادی	لینالول	فنیل اتیل الکل	سیترونلول	نرول	نرال	سیکلودودکان	ژرانیول	ژرانیال	هپتادکان	اکتادکان	۱-هگزادکانول	نونادکان	هنیکوزان	محتوای اسانس
محلول پاشی	۷	۱/۲**	۱/۲**	۱۲٥/۱**	٤/٤**	٥/۲**	٥/۱**	٦۳/۳**	۲/٤۷**	٥/۲**	۲/۱**	۷/۲**	٥٥/۱**	۱٥۱/۱**	۰/۰۰۰۰۸**
خطا	۱٦	۰/۰٦	۰/۱۱	۲/۲	۰/۲۳	۰/۱٥	۰/۳٥	۱/۲	۰/۲۱	۰/۱۱	۰/۰٥	۰/۰۸	۲/۳	٦/۲	۰/۰۰۰۰۰۲
ضریب تغییرات		۱٥/۲	۱۲/۱	۷/۳	۱٤/۱	۱۲/۱	۱٤/۲	۷/۳	۱۲/۱	۱۷/۱	۱٤/۱	۱۱/۲	۸/۲	۸/۱	٦/۲

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

جدول ٤: تجزیه واریانس مرکب مربعات اسانس و ترکیبات غالب اسانس گل محمدی در دو سال اجرای تحقیق

منبع تغییرات	درجه آزادی	لینالول	فنیل اتیل الکل	بتا-سیترونلول	نرول	نرال	سیکلودودکان	ژرانیول	ژرانیال	هپتادکان	اکتادکان	۱- هگزادکانول	نونادکان	هنیکوزان	اسانس
سال	۱	۰/۹۲**	۱/۲**	۰/۰۰٤٥^{ns}	۲/۷**	۰/۰۱٥^{ns}	۰/۰۹۲^{ns}	۰/۰۰٥٤^{ns}	۸/٤**	۲/۳**	۰/۷۷**	۰/۰۰۷^{ns}	۰/۰۳۲^{ns}	۰/۹۹^{ns}	۰/۰۰۰۱۲**
تکرار در سال	٤	۰/۰۳۱^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۹۹^{ns}	۰/۰۱۱^{ns}	۰/۰۸۲^{ns}	۰/۰۳۲^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۸/۲**	٤/۲**	۰/۹٥**	۰/۰۰۱^{ns}	۱/۱^{ns}	۷/۹^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۳٤^{ns}
محلول پاشی	۷	۵/۷**	۷/۹**	۲۳۱/۱**	۱۲/۹**	۱٦/۲**	۱۸/۱**	۱۲۱/۱**	٦/۳**	۳/۱٦**	۸/۸**	۸/۸**	۱۱۱/۱**	۱٥۲/۱**	۰/۰۰۲**
محلول پاشی× سال	۷	۰/٦٦^{ns}	۰/۰۹۲^{ns}	۰/۱۸^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰٥^{ns}	۰/۰٥٥^{ns}	۰/۲۲^{ns}	۳/٤**	۰/۰٦^{ns}	۰/۰٤^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۷۲^{ns}	۰/۸۹^{ns}	۰/۰۰۰۹**
خطا	۲۸	۰/۰۲	۰/۰۰۲٦	۰/۰۰۳۷	۰/۰٤٥	۰/۰۹۱	۰/۰۱۸۱	۰/۰۱٤	۰/۰۸۸	۰/۰۹٤	۰/۰۰۳۲	۰/۰۱٤	۲/۲	۱۲/۱	۰/۰۰۰۰۱

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

نتایج تجزیه واریانس برای ترکیبات اصلی اسانس شامل لینالول، فنیل اتیل‌الکل، بتا- سیترونلول، ژرانیول، نرول، نرال، سیکلودودکان، ژرانیال، هپتادکان، اکتادکان، ۱- هگزادکانول، نونادکان و هنیکوزان نشان داد که اثر محلول پاشی ($P \leq 0.01$) در دو سال مجزا (سال ۹۷ و ۹۸) و هم‌چنین در تجزیه مرکب تیمار محول پاشی ($P \leq 0.01$)، سال ($P \leq 0.01$) و اثرات متقابل محلول پاشی × سال ($P \leq 0.01$) بر درصد ترکیبات غالب اسانس گل محمدی معنی دار بودند (جدول ٤).

نتایج مقایسه میانگین تیمارهای مختلف محلول پاشی بر درصد دو ترکیب مهم و کیفی اسانس گل محمدی حاکی از آن است که بالاترین میزان بتا- سیترونلول به میزان ۳۲ درصد و ژرانیول به میزان ۱۸ درصد در تیمار محلول پاشی اتانول (غلظت ۲۰ درصد) مشاهده شد (جدول ۵). به عبارتی دیگر میانگین میزان ترکیب بتا- سیترونلول در دو سال در مقایسه با شاهد (مثبت و منفی) در حدود ٤٥ درصد در گیاهان تحت تیمار محلول پاشی اتانول (۲۰ درصد) افزایش داشته است و هم‌چنین میزان متوسط ژرانیول در این تیمار در دو سال در مقایسه با شاهد (کنترل منفی) حدود ٤٠ درصد و شاهد (کنترل مثبت) در حدود ۸۰ درصد افزایش نشان داشته است (جدول ۵). در مقابل، محلول پاشی استون در دو غلظت مختلف اثرات منفی و کاهنده بر میزان دو ترکیب معطر یا کیفی داشت؛ در واقع استون ۲۰ درصد میزان ترکیب بتا- سیترونلول را در مقایسه با دو شاهد به نصف تقلیل داد (جدول ۵).

نتایج مقایسه میانگین تیمارهای محلول پاشی بر غلظت هیدروکربن‌های آلکان‌دار در اسانس گل محمدی نشان داد که اتانول ۲۰ درصد در هر دو سال آزمایش دارای پایین ترین غلظت دو ترکیب هنیکوزان و نونادکان (هیدروکربن‌های آلکان‌دار) بودند؛ در حالی که محلول پاشی استون (به ویژه ۲۰ درصد) دارای بیشترین غلظت این دو ترکیب هیدروکربن آلکان‌دار بود (جدول ۵). برای مثال میزان هنیکوزان در تیمار محلول پاشی استون در مقایسه با شاهد (کنترل منفی) تقریباً دو برابر افزایش یافته است.

نتایج تجزیه همبستگی سادهٔ پیرسون مشخص گردید بیشترین همبستگی مستقیم و معنی‌دار، بین میزان اسانس و ترکیبات موجود در اسانس به دست آمد (جدول ٦). نتیجه مهم و جالب توجه از جداول تجزیه همبستگی هر دو سال آزمایش، وجود روابط مثبت بین ترکیبات معطر مونوترپن‌های الکلی شامل نرال، ژرانیال، نرول، ژرانیول، بتا- سیترونلول و لینالول با یکدیگر به خصوص همبستگی مثبت و معنی دار بین دو ترکیب مهم و معطر و هم‌چنین وجود همبستگی مثبت و معنی دار بین ترکیبات آلی به خصوص هیدروکربن‌های آلکان‌دار مثلاً دو ترکیب هنیکوزان و نونادکان مشاهده شد. اگر چه بین این دو گروه ترکیبات یعنی مونوترپن‌های الکلی (بتا- سیترونلول و ژرانیول) و هیدروکربن‌های آلکان‌دار (هنیکوزان و نونادکان) همبستگی منفی و معنی داری به دست آمد (جدول ٦).

بحث

در این تحقیق اثرات محلول پاشی دو نوع الکل شامل اتانول و متانول در غلظت های ۱۰ و ۲۰ درصد و استون نیز در دو غلظت ۱۰ و ۲۰ درصد بر خصوصیات فیتوشیمایی اسانس گل محمدی طی دو سال مورد بررسی قرار گرفت. به طور کلی اثرات محلول پاشی استون بیشترین اثر را میزان کمی اسانس داشت در حالی که محلول پاشی اتانول ۲۰ درصد اثرات افزایشی و معنی داری بر میزان کیفیت اسانس از نظر ترکیبات معطر شامل بتا-سیترونلول و ژرانیول (مونوترپن‌های الکلی) داشت.

میزان اسانس حاصل از گلبرگ‌های تازه گل محمدی تحت تاثیر معنی دار تیمارهای آزمایش در

هر دو سال زراعی و تجزیه مرکب قرار گرفت. اگر چه میزان اسانس در گل محمدی بسیار پایین است و در تحقیقات قبلی (Ghavam et al., 2021; Alizadeh and Fattahi, 2021) نیز کمتر از ۰/۱ درصد گزارش شده است در این تحقیق نیز بالاترین میزان به طور میانگین حدود ۰/۰۵ درصد در تیمار محلول پاشی استون به دست آمد. احتمالاً استون با اثر مثبت بر تولید متابولیت‌های اولیه در گیاه از طریق افزایش سرعت فتوسنتز و هم‌چنین به واسطه اثرات مثبت بر هورمون‌های گیاهی، آنزیم‌ها و پیش ماده های سنتز اسانس توانسته بر مسیرهای بیوسنتزی ترپنوئیدها در گیاه گل محمدی موثر باشد (Vojodi Mehrabani, 2019).

نتایج تجزیه فیتوشیمیایی اسانس به دست آمده از گلبرگ‌های تازه گل محمدی تحت تیمارهای محلول پاشی نشان داد که در اسانس ارزشمند این گیاه گروه-های مهمی نظیر مونوترپن‌های اکسیژنه – الکلی شامل نرال، ژرانیال، نرول، ژرانیول، بتا–سیترونلول و لینالول، گروه ترکیبات آلی حلقوی شامل فنیل اتیل الکل و سیکلودودکان، گروه ترکیبات آلی غیرحلقوی نظیر اکتادکان و هپتادکان و دو ترکیب مهم از گروه هیدروکربن‌های آلکان‌دار شامل هنیکوزان و نونادکان و در نهایت گروه الکل‌های چرب غیرحلقوی مانند ۱–هگزادکانول وجود دارد. نتایج تحقیقات قبلی (Gorji-Chakespari et al., 2017; Ghavam et al., 2021; Farahani et al., 2020; Alizadeh and Fattahi, 20218) در خصوص ترکیبات شیمیایی اسانس حاصل از گلبرگ‌های گل محمدی ژنوتیپ-های مختلف جمع آوری شده از مناطق مختلف ایران نیز حاکی از آن است که عمدتاً ترکیبات غالب با ترکیبات شناسایی شده در تحقیق حاضر مشابهت دارد. در این بین، چهار ترکیب مهم بتا– سیترونلول، ژرانیول، هنیکوزان و نونادکان به دلیل غلظت بیشتر و اهمیت آن‌ها از لحاظ کیفیت اسانس بیشتر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. میزان بتا– سیترونلول و ژرانیول (مونوترپن‌های الکلی) در اسانس بیانگر شاخص کیفیت اسانس گل محمدی و به عبارتی به عنوان شاخص استاندارد رایحه گل محمدی در نظر گرفته می‌شود (Thakur and Kumar, 2020)؛ در حالی که میزان بالای هنیکوزان و نونادکان (هیدروکربن‌های آلکان‌دار) از جنبه معطر بودن و شاخص‌های کیفی اسانس گل محمدی چندان مطلوب نمی‌باشند. با توجه به نتایج هر دو سال به طور مجزا و هم‌چنین در تجزیهٔ مرکب واریانس مشخص گردید که تیمارهای محلول پاشی بر میزان ترکیبات شیمیایی به خصوص چهار ترکیب مهم اخیر معنی‌دار بوده است. با اعمال تیمارهای پایه الکلی به خصوص اتانول ۲۰ درصد و مقایسه با نمونه‌های کنترل (منفی و مثبت)، شاهد افزایش شاخص کیفیت در اسانس بودیم. به عبارتی کاربرد محلول پاشی الکل ها به ویژه اتانول ۲۰ درصد اثرات فزاینده ای بر میزان ترکیبات معطر یا با جرم مولکولی پایین نظیر بتا– سیترونلول، ژرانیول و ژرانیال، نرول و نرال داشته است. مطابق با نتایج پژوهش‌های پیشین محلول پاشی اتانول اثرات مثبتی بر میزان ترکیبات مهم و اصلی به عنوان شاخص کیفی اسانس گیاهان دارویی نظیر منتول در نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) توسط نورافکن و همکاران (Nourafcan et al., 2018)، میزان فنل کل، آنتوسیانین و خاصیت آنتی اکسیدان در آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.) توسط موسوی و همکاران (Mousavi et al., 2021)، میزان فنل و خاصیت آنتی اکسیدان گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* c.v. Keshkeni luvelou) توسط مقدم و همکاران (Moghaddam et al., 2018)، میزان نرال و ژرانیال در اسانس بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) توسط حدادی و همکاران (Hadaddi et al., 2018) داشته است.

جدول ۵: میانگین میزان ترکیبات اسانس حاصل از گلبرگ های گل محمدی دو سال اجرای تحقیق بر حسب SD± درصد

ردیف	ترکیبات	RI lit*	KI	فرمول	متانول ٪۱۰	متانول ٪۲۰	اتانول ٪۱۰	اتانول ٪۲۰	استون۱ ٪۰	استون ٪۲۰	کنترل منفی	کنترل مثبت
۱	1-Nonene	890	885	C9H18	0.41¥	0.32	0.32	0.46	0.00	0.00	1.45	2.11
۲	1-Decene	990	993	C10H20	0.29	0.86	0.19	0.46	0.00	0.00	1.79	2.15
۳	Linalool	1100	1098	C10H18O	1.55	0.11	1.03	0.76	0.07	0.00	0.00	2.37
٤	Phenyl ethyl alcohol	1114	1110	C8H10O	1.17	1.54	0.51	1.17	0.21	0.16	1.50	2.52
٥	E-Rose oxide	1117	1111	C10H18O	0.59	0.12	0.31	0.73	0.10	0.00	0.00	0.00
٦	α-Terpineol	1194	1189	C10H18O	0.11	0.04	0.10	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00
۷	Dodecane	1197	1199	C12H26	0.16	0.43	0.22	0.34	0.00	0.00	0.30	0.20
۸	**β-Citronellol**	**1227**	**1228**	**C10H20O**	**16.07bc**	**28.79ab**	**24.82b**	**32.63**	**13.54c**	**10.56c**	**21.89b**	**21.26b**
۹	Nerol	1229	1228	C10H18O	2.14	1.55	1.18	0.37	0.16	0.21	0.00	0.00
۱۰	Neral	1239	1240	C10H16O	2.38	2.45	2.24	2.28	0.24	0.18	1.78	0.97
۱۱	Cyclododecane	12	1242	C12H24	1.35	0.75	1.72	2.55	0.11	0.00	2.66	4.11
۱۲	**Geraniol**	**1253**	**1255**	**C10H18O**	**15.15ab**	**14.91ab**	**17.21a**	**17.65**	**10.66bc**	**8.79c**	**13.37b**	**9.81bc**
۱۳	Geranial	1264	1270	C10H16O	1.17	1.35	1.45	0.15	0.18	0.00	1.27	1.40
١٤	Eugenol	1360	1355	C10H12O2	1.07	0.12	0.53	1.76	0.00	0.00	0.66	1.02
١٥	1-Tridecene	1403	1400	C14H28	0.31	0.18	0.33	0.12	0.11	0.06	0.00	0.00
١٦	α-Guaine	1437	1439	C15H24	0.16	0.00	0.11	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00
١٧	1-Pentadecene	1489	1485	C15H30	1.11	0.49	0.77	0.07	0.36	0.91	0.37	0.62
١٨	α-Eudesmol	1650	1652	C15H26O	0.18	0.00	0.21	0.00	0.51	0.20	0.00	0.00
١٩	1-Tetradecanol	1670	1675	C14H30O	0.48	0.11	0.53	0.93	0.52	0.32	0.00	0.00
٢٠	Pentadecan-2-ol	1684	1690	C15H32O	0.42	0.00	0.36	0.12	0.42	0.24	0.00	0.00
٢١	(E,Z)-Farnesol	1699	1697	C15H26O	0.29	0.00	0.35	0.00	0.32	0.42	0.00	0.00
٢٢	Heptadecane	1703	1700	C17H36	2.47	1.76	0.54	0.47	2.90	1.29	1.11	0.71
٢٣	Octadecane	1807	1800	C18H38	1.45	1.25	0.51	0.21	2.49	2.03	0.00	0.00
٢٤	1-Hexadecanol	1893	1883	C16H34O	3.56	2.09	2.85	0.95	3.37	2.61	1.45	1.47
٢٥	**Nonadecane**	**1896**	**1900**	**C19H40**	**13.95b**	**13.45b**	**12.80b**	**12.11**	**19.00ab**	**21.64a**	**21.53a**	**18.93ab**
٢٦	1-Hexadecene-3-ol	1919	1920	C20H40O	1.28	0.90	1.07	1.81	0.52	1.30	0.49	0.00
٢٧	Eicosane	2003	2000	C20H42	2.98	1.17	1.18	0.67	4.55	3.52	1.30	0.00
٢٨	**Heneicosane**	**2111**	**2100**	**C21H44**	**24.29b**	**18.95bc**	**20.47b**	**13.63**	**32.38ab**	**37.81a**	**17.83bc**	**21.40b**
٢٩	Tricosane	2291	2300	C23H48	1.20	1.38	1.29	0.65	0.59	1.83	0.00	0.00
جمع					**97.68**	**95.05**	**95.13**	**93.18**	**93.45**	**94.04**	**90.72**	**91.01**

¥ میزان میانگین ترکیبات شناسایی شده در اسانس گل محمدی بر حسب **SD± درصد**

*RI شاخص بازداری محاسبه شده بر اساس یک‌سری هومولوگ از *ان* – الکان‌ها (C_5 - C_{25}) ستون HP-5

جدول ٦: همبستگی بین اسانس و ترکیبات غالب اسانس گل محمدی در دو سال اجرای تحقیق

سال ۱۳۹۷

صفات	لینالول (۱)	فنیل‌اتیل‌الکل (۲)	سیترونلول (۳)	نرول (٤)	نرال (٥)	سیکلودودکان (٦)	ژرانیول (۷)	ژرانیال (۸)	هپتادکان (۹)	اکتادکان (۱۰)	۱هگزادکانول (۱۱)	نونادکان (۱۲)	هنیکوزان (۱۳)	اسانس (۱٤)
۱	۱													
۲	۰/٤۷**	۱												
۳	۰/٤۸**	۰/٤۹**	۱											
٤	۰/٤۸**	۰/٤۰**	۰/۷۰**	۱										
٥	۰/٥۸**	۰/٤٦**	۰/٦۳**	۰/۷۷**	۱									
٦	۰/٦۱**	۰/۸۰**	۰/٥۷**	۰/۳٥*	۰/٥۰**	۱								
۷	۰/۷۳**	۰/۲۷ ns	۰/٤٤**	۰/٤۰**	۰/۳٤*	۰/۲۹ ns	۱							
۸	۰/٦۱**	۰/٥۳**	۰/۳٤*	۰/٤۲**	۰/٤۷**	۰/٥۲**	۰/٦۹**	۱						
۹	−۰/۳ns	۰/۳۸*	−۰/٤۲**	−۰/۱۷ ns	−۰/۱٥ ns	−۰/٤٤**	−۰/۲٦ns	−۰/۱۱ ns	۱					
۱۰	−۰/٤٤**	−۰/٦۳**	−۰/٦٦**	−۰/٤۸**	−۰/۳۸*	−۰/٦٤**	−۰/٤۷**	−۰/۳۹*	۰/٥٤**	۱				
۱۱	−۰/۲٥ns	−۰/٥۷**	−۰/۷۹**	−۰/٥۳**	−۰/۳۸*	−۰/٦۰**	−۰/۲۲ns	−۰/۲۰ ns	۰/٦٤**	۰/۷۹**	۱			
۱۲	−۰/٦۱**	−۰/۳٦*	−۰/۷۸**	−۰/۸۲**	−۰/۷۰**	−۰/۳۳*	−۰/٦٦**	−۰/٤۷**	۰/۱٦ ns	۰/٤۷**	۰/٤۸**	۱		
۱۳	−۰/۷۱**	−۰/٦۷**	−۰/۸٤**	−۰/٦۹**	−۰/۷۷**	−۰/۷۲**	−۰/٦۳**	−۰/٦٦**	۰/٤۱**	۰/٦٥**	۰/٦٦**	۰/۷۸**	۱	
۱٤	۰/۷۷**	۰/٦٦**	۰/٤٤**	۰/٥٦**	۰/٦۷**	۰/٦٦**	۰/۸۸**	۰/۷۳**	۰/٦۲**	۰/٦۹**	۰/۸۱**	۰/۷۸**	۰/٦۲**	۱

سال ۱۳۹۸

صفات	لینالول (۱)	فنیل‌اتیل‌الکل (۲)	سیترونلول (۳)	نرول (٤)	نرال (٥)	سیکلودودکان (٦)	ژرانیول (۷)	ژرانیال (۸)	هپتادکان (۹)	اکتادکان (۱۰)	۱هگزادکانول (۱۱)	نونادکان (۱۲)	هنیکوزان (۱۳)	اسانس (۱٤)
۱	۱													
۲	۰/٥۳**	۱												
۳	۰/٤۷**	۰/٥٦**	۱											
٤	۰/٥۳**	۰/٤۸**	۰/٦٥**	۱										
٥	۰/٥۷**	۰/٤۷**	۰/٦۸**	۰/۸۰**	۱									
٦	۰/٥٥**	۰/۸۰**	۰/٥۳**	۰/۳۸*	۰/٤٤**	۱								
۷	۰/۷۲**	۰/۲۲ ns	۰/٤٥**	۰/۳۲*	۰/۳۹*	۰/۲٦ ns	۱							
۸	۰/۷٤**	۰/٥٦**	۰/۳۲*	۰/٤۲**	۰/٥۱**	۰/٥۹**	۰/٦۲**	۱						
۹	−۰/۳۲*	−۰/٤٤**	−۰/٤٥**	−۰/۱٦ ns	−۰/۲ ns	−۰/٥٥**	۰/۲۹ ns	−۰/۳ ns	۱					
۱۰	−۰/٤۷**	−۰/٥٤**	−۰/۷٥**	−۰/٥۰**	−۰/٥۱*	−۰/۷۱**	−۰/٤٥**	−۰/٤۲**	۰/۷۱**	۱				
۱۱	−۰/۲٦ns	−۰/٦۰**	−۰/۷۹**	−۰/٤۷**	−۰/٤۰**	−۰/٦۲**	−۰/۲۷ ns	−۰/۱۹ ns	۰/٦۸**	۰/۷۹**	۱			
۱۲	−۰/٦۳**	−۰/٤۱**	−۰/۸۱**	−۰/۷۹**	−۰/۷۳**	−۰/۳۲*	−۰/٦٦**	−۰/٤۳**	۰/۲۳**	۰/٥٥**	۰/٤۹**	۱		
۱۳	−۰/۷٥**	−۰/۷۱**	−۰/۸٥**	−۰/٦۸**	−۰/۷۷**	−۰/۷**	−۰/٦۳**	−۰/٦٦**	۰/٤٦**	۰/۷۳**	۰/۷**	۰/٦۸**	۱	
۱٤	۰/۷۳**	۰/۷۱**	۰/٥٥**	۰/٦٦**	۰/٦۳**	۰/۷۱**	۰/۸۲**	۰/٦٦**	۰/٥۹**	۰/۸۱**	۰/۷٤**	۰/٦۳**	۰/٦۹**	۱

ns، * و ** به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ٥ و ۱ درصد.

در خصوص اثرات مثبت فیزیولوژیکی و بیوشمیایی محلول پاشی برگی الکل های اتانول و متانول مشخص شده است که متابولیسم اتانول و متانول و تبدیل آن‌ها به قند در برگ گیاهان تحت تیمار محلول پاشی این دو الکل با قابلیت تغییر در پتانسیل اسمزی برگ یا افزایش فشار آماس و افزایش هدایت روزنه‌ای (کاهش مقاومت در برابر دی اکسید کربن) سبب بهبود سرعت اسیمیلاسیون یا فتوسنتز در برگ می‌شود که در ادامه، ابتدا تولید ترکیبات اولیه و سپس سنتز متابولیت‌های ثانویه افزایش می‌یابند (Moghaddam et al., 2018; Nourafcan et al., 2018; Akbarpour et al., 2022). بر اساس نتایج حاصل، تیمارهای الکلی به ویژه اتانول با داشتن مولکول‌های کوچک‌تر از دی اکسید کربن از طریق انتشار ساده و بدون صرف انرژی از طریق جذب غشاء سلول های گیاهی سبب افزایش تجمع کربوهیدرات‌ها و افزایش غلظت دی اکسیدکربن داخلی برگ شده و کاهش مقاومت یا افزایش هدایت دی اکسید کربن به محل انجام فتوسنتز شده و با کاهش تنفس نوری در گیاهان سه کربنه مانند گل محمدی منجر به افزایش راندمان فتوسنتزی و در نهایت از طریق افزایش تولید مواد اولیه یا مواد فتوسنتزی به عنوان پیش ماده سنتز ترکیبات ثانویه منجر به بهبود کمیت و کیفیت ماده موثره مانند اسانس در گیاهان دارویی و معطر می‌شود (Moghaddam et al., 2018; Nourafcan et al., 2018; Akbarpour et al., 2022; Vojodi Mehrabani, 2019). سایر اثرات مثبت محلول پاشی متانول و به ویژه اتانول را اثر مثبت آن بر فعالیت آنزیمی پکتین متیل استراز در فرآیند گسترش دیواره سلولی، تحریک تولید سیتوکینین و رشد گیاه، افزایش میزان کلروفیل، افزایش میزان فعالیت آنزیم‌های موثر بر فرآیند فتوسنتز (Moghaddam et al., 2018; Mousavi et al., 2021; Akbarpour et al., 2022; Vojodi Mehrabani, 2019) و افزایش تحمل گیاه در شرایط خشکی و کم آبی با بستن روزنه‌های گیاهی و قراردادن کربن خود در اختیار گیاه برای انجام فرآیند فتوسنتز (Thakur and Kumar, 2020; Kheiri et al., 2020) اشاره می‌کنند.

در خصوص روابط همبستگی بین صفات می توان چنین بیان داشت که با افزایش عملکرد، میزان اسانس هم بیشتر می‌شود و ترکیبات غالب اسانس شامل سیترونلول، ژرانیول، نونادکان و هنیکوزان با محلول پاشی ترکیبات الکلی به ویژه متانول و اتانول به دلیل راه اندازی چرخه سنتز اسید آمینه و آنزیم‌های پروتئینی در افزایش ترکیبات اسانس مؤثر هستند.

نتیجه‌گیری نهایی

استفاده از روش‌های نوین مدیریت تولید فرآورده طبیعی حاصل از گیاهان دارویی و معطر به ویژه اسانس و ترکیبات معطر با ارزش اقتصادی فراوان نظیر اسانس گل محمدی در راستای دستیابی به یک اسانس با کیفیت و مطابق با استانداردهای جهانی در بازارهای بین المللی نقش تعیین کننده‌ای در مدیریت پایدار تولید گیاهان دارویی و معطر مانند گل محمدی خواهد داشت. در تحقیق حاضر محلول پاشی ترکیباتی مانند اتانول، متانول و استون برای اثرات آن ها بر کمیت و کیفیت اسانس گل محمدی طی دو سال بررسی شد. نتایج نشان داد که اگر هدف تولید با کیفیت گل محمدی که مقادیر بالایی از ترکیبات معطر از گروه مونوترین های الکلی نظیر سیترونلول و ژرانیول باشد می توان از محلول پاشی الکل ها به خصوص اتانول با غلظت ۲۰ درصد دو تا سه مرتبه از شروع غنچه دهی تا بازشدن گل ها در اقلیم سرد و نیمه خشک استفاده کرد. از سویی دیگر اسپری اتانول توانست میزان دو ترکیب هنیکوزان و نونادکان از گروه هیدروکربن‌های آلکان‌دار که وجود میزان بالای

آن ها در اسانس گل محمـدی از کیفیـت مطلـوب آن می کاهد را در مقایسه با شاهد یا سایر تیمارها بکاهـد و به عبـارتی دیگـر کیفیـت اسـانس گـل محمـدی را افزایش دهد.

References

1. Adams, R.P. 2007. Identification of essential oil components by gas chromatography/ quadruple mass spectroscopy. Illinois: Allured publishing corporation, Carol Stream.
2. Akbarpour, V., Motaharinejad, M., Bahmanyar, M. 2022. Investigation of morpho-physiological properties of peppermint (*Mentha piperita* L.) affected by carbon sources of ethanol and methanol, Journal of Horticultural Science, DOI: 10.22067/jhs.2022.61778.0 (In Persian).
3. Akram, M., Riaz, M., Munir, N., Akhter, N., Zafar, S., Jabeen, F., Shariati, M.A., Akhtar, N., Riaz, Z., Altaf, S.H. et al. 2020. Chemical constituents, experimental and clinical pharmacology of *Rosa damascena*: a literature review. Journal of Pharmacy and Pharmacology, 72: 161–174. DOI:10.1111/jphp.13185.
4. Alavi Samany, S.M., Ghasemi Pirbalouti, A., Malekpoor, F. 2022. Phytochemical and morpho-physiological changes of hyssop in response to chitosan-spraying under different levels of irrigation. Industrial Crops and Products, 176: 114330.
5. 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. DOI:10.1016/j.scienta.2021.110341.
6. Baydar, H., Baydar, N. G. 2004. The effects of harvest date, fermentation duration and Tween 20 treatment on essential oil content and composition of industrial oil rose (*Rosa damascena Mill.*). Industrial Crops and Products, 21: 251-255.
7. Erbas, S. and Baydar, H. 2016. Variation in scent compounds of oil bearing Rose (*Rosa damascena* Mill.) produced by headspace solid phase micro extraction, hydro distillation and solvent extraction record. Natural Records of Products, 10(5): 555-565.
8. Farahani, H., Sajedi, N.A., Madani, H., Changizi, M., Naeini, M.R. 2020. Effect of foliar-applied silicon on flower yield and essential oil composition of Damask Rose (*Rosa damascene* Miller) under water deficit stress. Silicon, DOI:1007/s12633-020-00762-1.
9. Fatemi, F., Golbodagh, A., Hojihosseini, R., Dadkhah, A., Akbarzadeh, K., Dini, S., Malayeri, M.R.M. 2020. Anti-inflammatory effects of deuterium-depleted water plus *Rosa damascena* Mill. essential oil via cyclooxygenase-2 pathway in rats. Turkish Journal of Pharmaceutical Science, 17: 99–107. DOI:10.4274/tjps.galenos.2018.24381.
10. 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. Chemical and Biological Technologies in Agriculture, 8(1): 1-16.
11. 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(1): 27-34.
12. Hadaddi, H., Moradi, P., Motalebi, E. 2016. The Effect of methanol and manganese sulfate spraying on quantity and essential oil components of (*Melissa officinalis* L.). Journal of Medicinal Plants, 15 (58):80-88. (In Persian).
13. 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.

14. Kheiri, A., Mohajjel shoja, H., Sarajoughi, M. 2020. Study on the effect of drought stress and methanol spraying on dehydrine1 gene expression in *Carthamus tinctorius*. Genetic Engineering and Biosafety Journal, 9(1): 67-75. (In Persian).
15. Kumar, R., Sharma, S., Kaundal, M., Sood, S., Agnihotri, V.K., 2016. Variation in essential oil content and composition of damask rose (*Rosa damascena* Mill) flowers by salt application under mid hills of the western Himalayas. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 19(2): 297-306.
16. Liu, W.Y., Chen, L.Y., Huang, Y.Y., Fu, L., Song, L.Y., Wang, Y.Y., Bai, Z., Meng, F.F. and Bi, Y.F.2020. Antioxidation and active constituents analysis of flower residue of *Rosa damascena*. Chinese Herbal Medicines, 12: 336-341. DOI:10.1016/j.chmed.2020.05.005.
17. Moghaddam, M., Narimani, R., Rostami, G., Mojarab, S. 2018. Studying the effect of foliar application of methanol and ethanol on morphological and biochemical characteristics of sweet basil (*Ocimum basilicum* cv Keshkeni luvelou). Iranian Journal of Field Crops Research, 16(2): 345-354, DOI:10.22067/GSC.V16I2.57520 (In Persian).
18. Mousavi, S.M., Akbarpour, V., Moradi, H., Sadeghi, H. 2021. Effect of methanol and ethanol foliar application on some growth characteristics and some of secondary metabolites thyme (*Thymus vulgaris* L.). Journal of Plant Production Research, 28(1): 213-229.DOI: 10.22069/JOPP.2021.18130.2685 (In Persian).
19. Nasiri, M., Torkaman, M., Feizi, S.H., Beigom Bigdeli Shamloo, M. 2021. Effect of aromatherapy with Damask rose on alleviating adults' acute pain severity: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Complementary Therapies in Medicine, 56: 102596, 10.1016/j.ctim.2020.102596
20. Nourafcan, H., Kalantari, Z., Sefidkon, F. 2018. The effect of methanol and ethanol foliar application on essential oil composition of peppermint, Agroecology Journal, 14(2): 9-18. DOI: 10.22034/aej.2018.543125(In Persian).
21. Seify, Z., Yadegari, M., Ghasemi Pirbalouti, A. 2018. Essential oil composition of *Rosa damescena* produced with different storage temperatures and *durations.* Horticultural Science and Technology, 36(4): 552-559.
22. Shabbir, F., Hanif, M.A., Ayub, M.A., Jilani, M.I., Rahman, S.H. 2020. Damask Rose. Medicinal Plants of South Asia, 217-230. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102659-5.00017-3.
23. 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.
24. Vojodi Mehrabani, L. 2019. The effects of methanol and ethanol foliar application under salinity stress on some physiological characteristics of *Pelargonium graveolens* L. Journal of Plant Physiology and Breeding, 9(1): 63-73.

Evaluation of the foliar application effect on the chemical compositions of *Rosa damascene* Mill. essential oil of Chaharmahal va Bakhtiari province

Rajabzadeh, SH.[1], Ghasemi Pirbalouti, A.[2]*, Yadegari, M.[1] , Rahimi, T.[2]

[1]PhD student, Faculty of Agriculture, Shahrekord branch, Islamic Azad University, Shahrekord, Iran

[2]Professor, Medicinal Plants Research Center, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

[3]Associate Professor, Medicinal, Spicy and Aromatic Plants Research Center, Shahrekord Branch, Islamic Azad University, Shahrekord, Iran

[4]Assistant Professor, Department of Biotechnology, Faculty of Agriculture, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Received: 4-3-2022; Accepted: 17-4-2022

Abstract

Essential oil is one of the most important natural products of damask rose petals (*Rosa damascena* Mill.). The presence of higher concentrations of aromatic compounds (β-citronellol and geraniol) in the damask rose essential oil indicates an important quality and standard indicator that foliar spraying may be effective in promoting this effective substance. The aim of this study was to evaluate the effect of alcoholic and ketone foliar application on the chemical composition of *R. damascena* essential oil during 2017-2018 and 2018-2019 in a completely randomized design in a rose garden located in the south of Shahrekord, southwestern Iran. The essential oil obtained by hydro-distillation was analyzed using GC/MS. In this regard, 29 compounds were identified in the essential oil, the most important of which were β-citronellol and geraniol (alcoholic monoterpenes) and henicosan and nonadcan (alkane hydrocarbons). The results indicated that the best foliar treatment was 20% ethanol solution during two experimental years; the highest levels of β-citronellol (33%) and geraniol (18%) were obtained from the ethanol spraying (at 20%) compared to other treatments and controls. In addition, this treatment was at the lowest level in terms of the concentration of alkane hydrocarbons in essential oil as a negative indicator of aromatic compounds of the rose essential oil. The acetone foliar spraying had the highest amount of alkane hydrocarbons and the lowest percentage of aromatic compounds compared to control and other treatments. In correlation's Pearson coefficients analysis, the highest significant positive correlation was obtained between aromatic compounds (alcoholic monoterpenes) with each other and between alkane hydrocarbons, meanwhile negative and significant relationships were observed between these two groups of important compounds in the rose essential oil. Finally, it is suggested that to obtain the highest quality of the *R. damascena* essential oil under similar climatic conditions (cold and semi-arid), the ethanol foliar application with a concentration of 20% can be useful.

Keywords: Alkane hydrocarbons; Aromatic composition; β-Citronellol; Damask rose; Geraniol.

*Corresponding author; ghasemi@qodsiau.ac.ir