Journal of Entomological Society of Iran
https://jesi.areeo.ac.ir
Entomological Society of Iran
2024, 44 (1), 55–73
Research Article
https://doi.org.10.61186/jesi.44.1.5
pISSN: 0259-9996
eISSN: 2783-3968
OPEN ACCESS

تاثیر برخی از هورمون‌های گیاهی بر متابولیت‌های ثانویه میوه زیتون و خسارت مگس میوه زیتون، *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae)

هاله فرد مسعود[1]، جبرائیل رزمجو[1]، بهرام ناصری[1]، محمدرضا عباسی مژدهی[2]

۱- گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
fardmasoud.h@gmail.com https://orcid.org/0009-0006-4081-0675
razmjou@uma.ac.ir https://orcid.org/0000-0003-0948-8279
bnaseri@uma.ac.ir https://orcid.org/0000-0001-5821-0957

۲- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گیلان، بخش گیاه‌پزشکی، رشت، ایران
mozhdehi.185@gmail.com https://orcid.org/0000-0001-5310-0214

چکیده: مگس میوه زیتون، *Bactrocera oleae* Rossi، آفت تک‌خوار و چند نسلی مهم میوه زیتون می‌باشد. با توجه به خسارت این آفت، در این تحقیق تاثیر برخی از هورمون‌های گیاهی در جهت کاهش جمعیت آفت روی رقم فیشمی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی طی سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ مورد بررسی قرار گرفت. محلول‌پاشی درختان در دو نوبت قبل از گلدهی و رشد میوه با اسیدهای جاسمونیک (۱ و ۲ میلی‌گرم بر لیتر)، سالیسیلیک (۱و ۲ میلی‌مولار) انجام شد. نتایج بررسی تراکم مراحل مختلف رشدی نابالغ این آفت (تخم، لارو سنین اول، دوم، سوم و شفیره) در دو سال آزمایش نشان داد که تاثیر سال (زمان) فقط در صفت تخم معنی‌دار، و تاثیر تیمار در سایر صفات دارای تفاوت معنی‌دار (به جز تخم و لارو سنین اول) در سطح احتمال یک درصد بودند. تفاوت معنی‌داری بین تاثیر تیمار در سال، در لاروهای سنین سوم و شفیره در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد. بررسی صفات مورفولوژیکی میوه نشان داد که تاثیر تیمار در طول، وزن، حجم، چگالی و وزن گوشت میوه؛ و تاثیر تیمار در سال، فقط در طول و عرض میوه و هسته، و وزن هسته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند. ترکیبات شیمیایی موجود در روغن نمونه‌های سالم تیمار شده نشان داد که درصد اسیدهای چرب غیر اشباع اولئیک و لینولئیک، مقادیر کلروفیل، کاروتنویید و فنول کل نسبت به شاهد افزایش یافت. بنابراین، ترکیبات اسید جاسمونیک و اسید سالیسیلیک می‌توانند با تاثیر بر برخی صفات مورفولوژیکی و افزایش مقادیر متابولیت‌های ثانویه میوه، با ایجاد مقاومت آنتی‌بیوزی سبب اختلال در چرخه زندگی و کاهش خسارت آفت شوند.

واژه‌های کلیدی: اسید جاسمونیک، اسید سالیسیک، رقم بومی، متابولیت‌های ثانویه، مگس میوه زیتون

تاریخچه مقاله
دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۲۱
پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۰۳
دبیر تخصصی: فاطمه یاراحمدی

Citation: Fardmasoud, H., Razmjou, J., Naseri, B. & Mozhdehi, M. (2024) The effect of some plant hormones on the secondary metabolites of olive fruit and olive fruit fly damage, *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae. J. Entomol. Soc. Iran 44 (1), 55–73.

مقدمه

مگس میوه زیتون، *Bactrocera oleae* Rossi (Diptera: Tephritidae)، از آفات مهم زیتون در اغلب مناطق زیتون‌کاری دنیا محسوب می‌شود (Sharaf, 1980) و بر حسب شرایط آب و هوایی، به میوه زیتون خسارت وارد می‌نماید که سبب کاهش کمیت و کیفیت محصول می‌شود (Basilios *et al*., 2002؛ Sime *et al*., 2006). آلودگی به این آفت مونوفاژ و چند نسلی برای نخستین بار در سال ۱۳۸۳ از منطقه رستم‌آباد استان گیلان گزارش شد (Jafari & Rezaei, 2004). حشرات ماده تخم‌های خود را در زیر پوست میوه قرار داده و لاروهای آفت با تغذیه از بافت گوشتی میوه سبب ریزش میوه‌ها قبل از برداشت، کاهش کیفیت روغن زیتون، ورود قارچ‌های بیماری‌زا از محل سوراخ خروجی لاروها و افزایش اسیدیته روغن میوه‌های آلوده به میزان ۲۰ درصد می‌شوند (Sharaf, 1980؛ Elson-Harris & White, 1992). آفت مرحله‌ی شفیرگی و زمستان‌گذرانی را درون میوه‌های آلوده و خاک سپری می‌کند. طول دوره‌های زیستی آفت از تخم تا حشره بالغ، وابسته به دما بوده و در دماهای مختلف تغییر می‌کند (Tsitsipis, 1977).

ایران از لحاظ سطح زیرکشت شانزدهمین کشور و از لحاظ تولید زیتون بیستمین کشور بزرگ تولیدکننده این محصول در دنیا به حساب می‌آید. با آغاز طرح توسعه باغات زیتون از سال ۱۳۷۲ در وزارت جهاد کشاورزی، در حال حاضر این محصول در ۳۰ استان کشور تولید می‌شود. مهم‌ترین استان‌های تولید کننده زیتون طبق آخرین آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۴۰۱ به ترتیب زنجان، قزوین، گیلان، فارس، گلستان و سمنان می‌باشند. مطابق این آمارنامه فوق بیش از ۹۳۱۹ هکتار زیتون در استان گیلان کاشته شده است و از این سطح بیش از ۳۶ هزار تن محصول برداشت می‌شود (Anonymous, 2023). رقم زیتون فیشمی

Corresponding author: Jabraeil Razmjou (E-mail: razmjou@uma.ac.ir)
© 2024 by Author(s), Published by the Entomological Society of Iran
This Work is Licensed under Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International Public License.

به نام یکی از روستاهای منطقه رحمت‌آباد در رودبار می‌باشد و سومین رقم غالب منطقه محسوب می‌گردد. این رقم پـر شـاخ و بـرگ، با متوسط وزن میوه ۵ گرم و متوسط وزن هسته ۰/۷۵ گرم است. شکل میوه بیضـــوی (دوکـــی) و جهـــت مصارف کنسروی کاربرد دارد، اما روغن آن نیز مرغـوب بوده، هرچند که مقدار درصد آن کـم و در حـدود ۲۰ تـا ۲۴ درصـد مـی‌باشـد. عملکرد این رقم حدود ۱۰ تن در هکتار بوده که بسته به شرایط اقلیمی منطقه، جمعیت مگس میوه زیتون و نوع مصرف (کنسروی یا روغن‌گیری) می‌تواند متفاوت باشد (Nikzad *et al.*, 2013).

اسید جاسمونیک و ترکیبات اسید آمینه آن (جاسمونات‌ها) تنظیم‌کننده‌های مهم سلولی هستند که در فرآیندهای مختلفی از جمله تولید گرده، رشد و نمو گیاه و القای مقاومت در گیاهان نسبت به حشرات گیاه‌خوار، عوامل بیماری‌زا و جذب دشمنان طبیعی دخالت دارند (Creelman & ؛ Kessler & Baldwin., 2002 Mullet., 1997). تیمارکردن گیاه با اسید جاسمونیک سبب القای تنش کاذب در گیاه شده و پاسخ‌های دفاعی گیاه از جمله آنزیم‌های اکسیداتیو، مهارکننده‌های پروتئیناز، تولید آلکالوییدها، ترکیبات فرّار و تولید متابولیت‌های ثانویه در بافت‌های سلولی و گیاهان سالم را بر می‌انگیزد (Wasternack, ؛ Scott *et al.*, 2010 Aerts *et al.*, 1994؛ Baldwin *et al.*, 1994؛ Deng, 2005؛ 2007). بررسی اثر متیل جاسمونات در مقاومت آنتی بیوزی گندم به شته روسی گندم (Hemiptera: Aphididae) *Diuraphis noxia* (Kurdjumov) نشان داد که طول کل دوران پورگی این شته روی گیاهان تیمار شده با متیل جاسمونات در روش محلول‌پاشی برگی به طور معنی‌داری افزایش یافته و تعداد پوره‌های تولید شده توسط ماده‌ها در همه گیاهان تیمارشده به طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش پیدا کرده است. در روش محلول‌پاشی برگی، همه غلظت‌های متیل جاسمونات، طول عمر کل را کاهش داد (Taami *et al.*, 2015). هنگامی که گیاهان توسط حشره‌ها مورد حمله قرار می‌گیرند، با آزاد کردن اسید جاسمونیک واکنش نشان داده و این عمل، از هضم کردن پروتئین توسط حشره جلوگیری می‌کند. تیمار درختان زیتون تحت تنش شوری با اسید جاسمونیک مقاومت درختان به شوری را افزایش داده و باعث افزایش عملکرد محصول و ویژگی‌های کیفی میوه شد (El-Sayed *et al.*, 2014).اسید سالیسیلیک از گروه ترکیبات فنلی با یک حلقه آروماتیک متصل به یک گروه هیدروکسیل و کربوکسیل است که به عنوان تنظیم‌کننده رشد در القای تحمل به بسیاری از تنش‌های زیستی و غیر زیستی مانند باکتری‌ها، قارچ‌ها، ویروس‌ها، تنش سرمازدگی و خشکی مورد توجه قرار گرفته است (Al-؛ Klessig *et al.*, 2018 Senaratna *et al.*, 2000؛Hakimi, 2008). بررسی تاثیر تیمارهای سالیسیلیک اسید و بتا آمینوبوتیریک اسید در القاء مقاومت به شته سبز هلو (*Myzus persicae* (Sulzer)) در باقلا نشان داد که این دو اسید اثرات ممانعت‌کنندگی رشد و زادآوری شته سبز هلو داشته و با افزایش طول سیکل زندگی شته‌ها باعث کاهش جمعیت شته و در نتیجه القاء مقاومت شدند. (Nayebzadeh *et al.*, 2016). تأثیر برخی از حشره‌کش‌ها به تنهایی و در ترکیب با سالیسیلیک اسید علیه شته جالیز *Aphis gossypii* Glover و عسلک پنبه *Bemisia tabaci* (Gennadius) روی پنبه نشان داد که سالیسیلیک اسید اثر حشره‌کش‌های مورد استفاده را افزایش می‌دهد و بنابراین می‌توان از اسید سالیسیلیک برای افزایش میزان کارایی حشره‌کش‌ها با کاهش مقدار مصرف حشره‌کش استفاده کرد (El-Sherbeni *et al.*, 2019).

هدف این پژوهش بررسی اثر غلظت‌های مختلف اسید جاسمونیک و اسید سالیسیلیک به عنوان محرک‌های افزایش مقاومت گیاه به مگس میوه زیتون و تاثیر آن بر آلودگی میوه‌ها به آفت بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر سطوح مختلف اسید جاسمونیک و سالیسیلیک بر خصوصیات موفورلوژیکی گیاه و رشد جمعیت مگس میوه زیتون، آزمایش به صورت طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار در ایستگاه تحقیقات زیتون شهرستان رودبار (خلیل‌آباد) استان گیلان با مختصات جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۷ دقیقه ازخط استوا و ۴۹ درجه و ۱۱ دقیقه تا ۵۰ درجه ۵ دقیقه طول شرقی از نصف النهار مبدأ و ارتفاع ۱۰۵۰ متر از سطح دریا، روی رقم بومی فیشمی طی سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ انجام شد. اسید جاسمونیک مورد استفاده متعلق به شرکت آمریکایی سیگما–آلدریچ و اسید سالیسیلیک مورد استفاده متعلق به شرکت مرک آلمان بود. تیمارها شامل سطوح مختلف اسید جاسمونیک (یک و دو میلی‌گرم بر لیتر)، اسید سالیسیلیک (یک و دو میلی مولار) و شاهد (آب مقطر) بود. محلول‌پاشی با سمپاس موتوری مدل OX160 ساخت شرکت KATO چین در دو نوبت و با فاصله زمانی یک هفته تا ده روز قبل از گلدهی (اردیبهشت ماه ۱۴۰۰و ۱۴۰۱) و قبل از رشد سریع میوه (خرداد ماه ۱۴۰۰و ۱۴۰۱) روی برگ‌های درختان کنار هم (۴ درخت از هر تیمار) با میانگین سنی ۴۰ سال با فواصل کشت ۴ متر روی ردیف و ۴ متر بین ردیف، مجهز به سیستم آبیاری قطره‌ای با دور آبیاری ۱۰ روز و مدیریت یکسان انجام شد. سپس میوه‌ها در مرحله رسیدگی جمع‌آوری و جهت بررسی ویژگی‌های کیفی و بیوشیمیایی مورد آزمایش قرار گرفتند.

آمارهای هواشناسی. داده‌های هواشناسی به صورت بیشینه و کمینه دما از اول دی ماه سال ۱۳۹۹ تا آذر ماه سال ۱۴۰۱ از سازمان هواشناسی استان دریافت شد.

نمونه‌برداری. نمونه‌برداری از اوایل اردیبهشت ماه هر سال به صورت هفتگی آغاز شد. به منظور بررسی زمان ظهور آفت، تله‌های مکفیل، فرومون جنسی و کارت‌های زرد چسبنده به تعداد ۳ عدد از هر کدام در سطح باغ نصب و آمار شکار در تله‌های مختلف به صورت هر ۵ روز یکبار شمارش و ثبت شد. به منظور بررسی وضعیت جمعیت آفت در هر سال، نتایج شکار آفت به صورت میانگین شکار مگس میوه زیتون در ۹ تله فوق محاسبه شد. در این مناطق فعالیت تخم‌گذاری مگس میوه زیتون در اواخر خرداد و اوایل تیر ماه روی میوه‌های زیتون شروع شده و بررسی میوه‌ها از نیمه دوم خرداد ماه انجام شد. جهت بررسی و دسترسی به میوه‌های سالم در انتهای فصل، روی هر درخت به صورت تصادفی تعداد ۴ شاخه از ۴ جهت مختلف و از شاخه‌های یک ساله حاوی میوه زیتون از هر تیمار و شاهد انتخاب و قبل از شروع فعالیت حشرات کامل آفت روی میوه‌ها، شاخه‌های حاوی میوه‌های سالم بوسیله‌ی توری‌هایی با منافذ ریز (جهت جلوگیری از ورود آفت) پوشانده شدند. به منظور تعیین خسارت آفت به فاصله زمانی هفتگی، تعداد ۱۰۰ نمونه از هر تیمار به صورت تصادفی برداشت شد. سپس تعداد لاروهای موجود در میوه‌ها شمارش و درصد خسارت هر تیمار در هر تاریخ بازدید به روش زیر محاسبه شد (Caleca & Rizzo, 2006).

آلودگی موثر (Active infestation) = تخم + لارو سن اول + لارو سن دوم

آلودگی مضر (Harmful infestation) = لارو سن سوم + شفیره + سوراخ خروجی ناشی از فعالیت آفت

آلودگی کل (Total infestation) = آلودگی موثر + آلودگی مضر

در زمان برداشت به طور جداگانه ۱۰۰ گرم نمونه میوه سالم (شاخه‌های پوشیده شده با توری) و ۱۰۰ گرم نمونه میوه آلوده به آفت از هر تکرار نمونه‌برداری به صورت تصادفی جمع‌آوری شد. سپس کیفیت روغن زیتون، صفات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی میوه زیتون در هر دو گروه آلوده و سالم بررسی شد.

استخراج روغن و تعیین پروفایل اسیدهای چرب. به‌منظور استخراج روغن، میوه‌ها ابتدا شسته شده و توسط آسیاب فلزی، خرد شدند. خمیر زیتون به‌دست آمده به‌مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۲۱ تا ۲۲ درجه سلسیوس توسط دستگاه همزن ورز و سپس خمیر آماده‌شده به مدت ۲ دقیقه با سرعت ۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد (Khaleghi *et al.*, 2015). جهت انجام اندازه‌گیری صفات، روغن‌های استخراج‌شده در شیشه‌های مات مخصوص در دمای ۴ درجه سلسیوس نگه‌داری شدند. برای تعیین پروفایل اسیدهای چرب موجود در روغن زیتون و آماده‌سازی متیل استر اسیدهای چرب، مقدار ۱۰ میلی‌گرم روغن در ۰/۵ میلی‌لیتر هگزان در لوله آزمایش حل و مقدار ۲ میلی‌لیتر NaOH ۰/۰۱ در متانول خشک به آن افزوده شد. لوله آزمایش حاوی مواد مذکور به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۶۰ درجه در بن‌ماری قرار داده شد. سپس ۳ میلی‌لیتر معرف BF_3 اضافه و ۱۰ دقیقه دیگر نیز در بن ماری ۶۰ درجه نگه‌داری شد. بعد از انجام واکنش لوله آزمایش تحت جریان آب سرد خنک شده و به آن مقدار ۲ میلی‌لیتر محلول نمک کلرید سدیم ۲۰ درصد و یک میلی‌لیتر هگزان نرمال سپس مخلوط حاصل به مدت ۲ دقیقه در دور ۱۰۰۰ rpm سانتریفیوژ شده و مقدار یک میکرولیتر از فاز رویی به دستگاه کروماتوگراف گازی- طیف‌سنج جرمی (GC-MS) ساخت شرکت اجیلنت آمریکا، مدل GC: 7890B و MS: 5977A متشکل از یک دستگاه کروماتوگراف گازی، که با یک دستگاه طیف سنج جرمی با آنالیزور triple quadrupole جفت شده است، برای ارزیابی تزریق شد. توسط آشکارساز مواد بر اساس زمان بازداری، سطح زیر منحنی پیک‌های خروجی و مطابقت آن‌ها با پیک‌های استاندارد مشخص شدند (Savage & McNeil, 1998). آزمایشات با چهار تکرار انجام و میانگین آن‌ها گزارش شد.

اندازه‌گیری صفات میوه. به‌منظور بررسی ارتباط تیمارها روی میوه‌ها با میزان آلودگی آن‌ها به مگس میوه زیتون، صفات مورفولوژیک میوه (طول میوه و هسته، عرض میوه و هسته، وزن میوه، گوشت میوه و هسته، حجم میوه و گوشت میوه، و چگالی گوشت میوه) با استفاده کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر و ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. از هر تیمار، تعداد ۱۵ نمونه به صورت تصادفی انتخاب شد. حجم میوه برای تعیین چگالی (ρ_t) با استفاده از روش جابه‌جایی مایع (آب) (معادله‌ی ۱) محاسبه شد (Mohsenin, 1978).

$$\rho_t = \frac{m_t}{v_t} \qquad (۱)$$

که در آن، m_t = جرم نمونه (بر حسب گرم)؛ و V_t = حجم جامد معادل آب (بر حسب مایع) جابه‌جا شده (سانتی‌متر مکعب) است.

اندازه‌گیری مقادیر کلروفیل، کاروتنویید و فنول. برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل و کاروتنوئید کل روغن از روش اصلاح شده Minguez-Mosquera *et al*, (1991) استفاده شد. برای انجام آزمایش یک گرم نمونه روغن زیتون در ۱۰ میلی‌لیتر حلال ایزواکتان حل شد و سپس با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل SECOMAM UviLine 9600، ساخت شرکت مهرگان صنعت آب) میزان جذب کلروفیل و کاروتنویید به ترتیب در دو طول موج ۶۷۰ و ۴۷۰ نانومتر خوانش شد. سپس میزان کلروفیل و کاروتنویید به صورت میلی‌گرم بر کیلوگرم طبق معادله‌های ۲ و ۳ محاسبه شدند:

$$Chlorophyll(\frac{mg}{kg}) = \frac{A670\times10^6}{613\times100\times d} \quad (۲)$$

$$Carotenoid\ (\frac{mg}{kg}) = \frac{A470\times10^6}{2000\times100\times d} \quad (۳)$$

A = جذب نمونه، D = ضخامت سلول اسپکتروفتومتر (۱۰ میلی‌متر)

محتوای فنول کل روغن با استفاده از روش فولین سیلکالچو و دستگاه اسپکتروفتومتر انجام شد. در نهایت، میزان فنل کل براساس میلی‌گرم اسید گالیک بر کیلوگرم روغن زیتون محاسبه گردید (Folin & Ciocalteau, 1927؛ Baiano *et al.*, 2013). در این روش به ۲ گرم روغن زیتون مقدار ۱۰ میلی‌لیتر محلول متانول-آب (۲۰:۸۰) و دو قطره توین بیست اضافه شد. محلول به‌دست آمده با سرعت ۵۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. قسمت رونشین محلول جمع‌آوری و به قسمت ته‌نشین آن ۱۰ میلی‌لیتر محلول متانول-آب افزوده شد. طبق روش بالا مجددا محلول سانتریفیوژ شده و قسمت رونشین آن جمع‌آوری و به رونشین جمع‌آوری شده قبلی افزوده گردید. در ادامه یک میلی‌لیتر از رونشین بدست‌آمده با یک میلی‌لیتر محلول متانول-آب و ۵ میلی‌لیتر آب دوبار تقطیر ترکیب شد. سپس ۰/۵ میلی‌لیتر فولین سیکالچو و ۲ میلی‌لیتر کربنات سدیم ۱۵ درصد به آن اضافه شد. به محلول حاصل ۱/۵ میلی‌لیتر آب دوبار تقطیر افزوده و به مدت ۳۰ ثانیه ورتکس شد. محلول حاصل به مدت دو ساعت در تاریکی قرار داده شد و سپس میزان جذب آن با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتری (مدل SECOMAM UviLine 9600 ، ساخت شرکت مهرگان صنعت آب) در طول موج ۷۶۵ نانومتر قرائت شد. برای رسم منحنی استاندارد از اسید گالیک استفاده شد. به این صورت که ابتدا محلول پایه‌ای از اسید گالیک با غلظت ۱ میلی‌گرم بر لیتر تهیه و سپس از این محلول پایه، غلظت‌های مختلف (۰، ۰/۱، ۰/۱۵، ۰/۲، ۰/۲۵، ۰/۳، ۰/۳۵، ۰/۴، ۰/۴۵، ۰/۵) میلی‌گرم بر میلی‌لیتر آماده شد. پس از انجام مراحل مختلف مطابق روش ذکر شده در بالا، مقدار جذب نمونه‌ها خوانده شد. پس از رسم منحنی کالیبراسیون اسید گالیک، میزان ترکیبات فنلی با استفاده از برازش خط با نقاط حاصل از جذب قرائت شده، معادله خط تعیین و با استفاده

از معادله به‌دست آمده از منحنی بر مبنای اسید گالیک و به صورت میلی‌گرم در گرم عصاره، مقادیر تقریبی نمونه‌ها محاسبه شد. غلظت صفر به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. آزمایشات سه بار تکرار و میانگین آن‌ها گزارش شد. با استفاده از استاندارد گالیک اسید منحنی کالیبراسیون رسم و معادله زیر به دست آمد:

$$Y=1.3982X+0.0059,\ R^2=0.9976 \quad (۴)$$

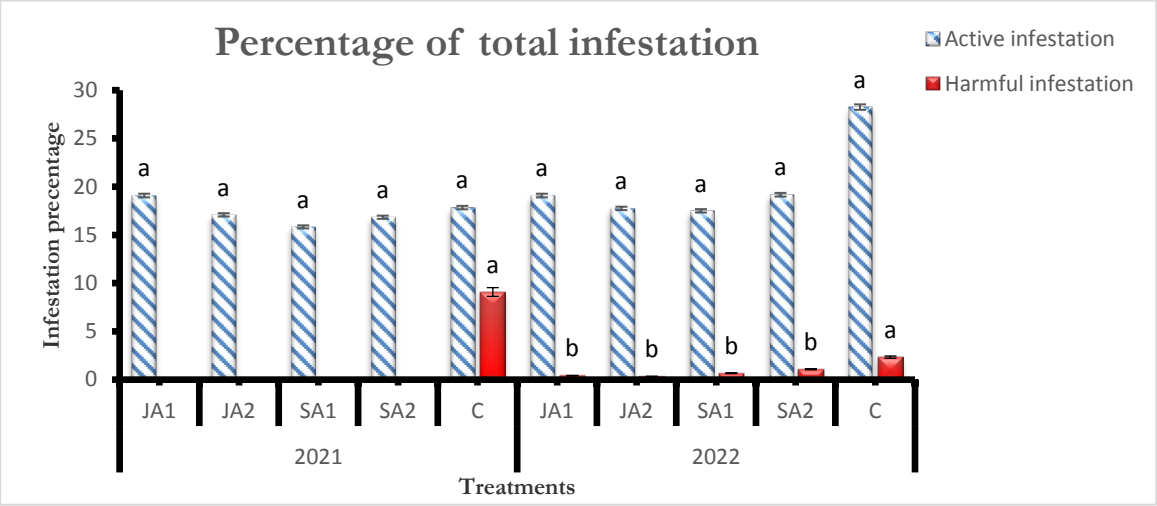
که در این معادله X= میزان جذب نمونه و Y= مقدار معادل اسید گالیک (mg/ml) می‌باشد.

تجزیه آماری. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تیمار و چهار تکرار انجام شد. در نمونه‌برداری‌های انجام شده، هر ۴ تکرار از تیمارهای مورد آزمایش در هر تاریخ بازدید به عنوان یک بلوک در نظر گرفته شد. پس از اطمینان از نرمال‌بودن داده‌ها با نرم‌افزار SPSS با روش nonparametric test، تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 انجام شد. سپس در صورت معنی‌دار بودن داده‌ها مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت (SAS Institute Inc, 2002). نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شدند.

نتایج

تعیین درصد آلودگی و خسارت آفت. نتایج مقایسه میانگین میزان آلودگی موثر و مضر آفت در نمونه‌برداری‌های تصادفی از قسمت‌های مختلف درختان تیمار شده و شاهد نشان داد که در سال ۱۴۰۰ تیمارهای اسید جاسمونیک و اسید سالیسیلیک در مقایسه با شاهد تفاوت معنی‌داری در میزان آلودگی موثر نداشته است. میزان آلودگی مضر (مجموع لارو سن سوم، شفیره و سوراخ خروجی حشره کامل) در هر چهار تیمار اسید جاسمونیک و سالسیلیک صفر بود و با وجود آلوده بودن میوه‌ها به تخم و لاروهای سنین ۱ و ۲ مگس میوه زیتون، آلودگی مضر فقط در تیمار شاهد و به مقدار ۹/۰۸ مشاهده شد (F=3.35, DF=1, P=0.07). میزان آلودگی موثر در سال ۱۴۰۱ نیز تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت، اما مقدار آن در شاهد در مقایسه با سایر تیمارها بیشتر و برابر ۲۸/۲۵ بود. میزان آلودگی مضر در همه‌ی تیمارهای مورد بررسی در مقایسه با شاهد کمتر بود. کمترین آلودگی مضر در تیمار اسید جاسمونیک با دوز ۲ میلی‌گرم بر لیتر و به مقدار ۰/۳۳ و بیشترین مقدار آن در تیمار شاهد و به میزان ۲/۳۳ مشاهده شد (F=1.88, DF=1, P=0.17) (شکل ۱).

تعیین میزان آلودگی میوه به مراحل مختلف رشدی آفت. تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در دو سال نشان داد که سال اثر معنی‌داری بر همه‌ی صفات (لارو سن یک، لارو سن دو، لارو سن سوم و شفیره) به‌جز مرحله‌ی تخم نداشت (F=4.23, DF=1, P=0.04). اثر تیمار در مورد پارامترهای زیستی تخم (F=0.77, DF=4, P=0.55) و لارو سن یک (F=2.41, DF=4, P=0.055) معنی‌دار نبود؛ اما در سایر پارامترهای زیستی لاروهای سنین دوم (F=5.71, DF=4, P=0.0004)، لاروهای سوم (F=13.11, DF=4, P<0.0001) و شفیره (F=8.31, DF=4, P<0.0001) تفاوت معنی‌دار مشاهده شد. تاثیر تیمار در سال در دو مرحله‌ی زیستی لارو سن سوم (F=6.06, DF=4, P=0.0002) و شفیره (F=3.98, DF=4, P=0.0052) معنی‌دار و در سایر مراحل زیستی تفاوت معنی‌داری ثبت نشد. نتایج مقایسه میانگین اثر سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ بر صفات مورد بررسی آفت نشان داد که میزان آلودگی میوه‌ها به تخم مگس میوه زیتون در سال ۱۴۰۱ برابر با ۴/۶۷ بود (F=2.98, DF=1, P=0.08) که در مقایسه با سال ۱۴۰۰ (۳/۸۶) افزایش داشت اما این افزایش معنی‌دار نبود (F=0.50, DF=1, P=0.48). میزان آلودگی میوه‌ها به سایر مراحل زیستی آفت (لاروهای سنین اول، دوم، سوم و شفیره) در سال ۱۴۰۰ نسبت به سال ۱۴۰۱ بیشتر بود، که در مجموع اختلاف تفاوت معنی‌داری در دو سال آزمایش مشاهده نشد. آلودگی میوه‌ها به شفیره آفت در سال ۱۴۰۰ برابر با ۰/۲ (F=2.02, DF=1, P=0.15) و در سال ۱۴۰۱ برابر ۰/۰۸ بود (F=1.15, DF=1, P=0.29) (جدول ۱).



شکل ۱– درصد خسارت (آلودگی موثر و آلودگی مضر) غلظت‌های مختلف اسید جاسمونیک و اسید سالیسیلیک در مقایسه با شاهد در دو سال ۱۴۰۱–۱۴۰۰

Fig. 1. Damage percentage (active infestation and harmful infestation) of different concentrations of jasmonic acid and salicylic acid compared to the control in two years

جدول ۱- میانگین (±خطای معیار) اثر سال برای صفات مورد بررسی در دو سال آزمایشی ۱۴۰۱-۱۴۰۰

Table1- Mean (±SE) of the year effect for the investigated traits in two experimental years 2021-2022

Year	Characteristics					
	Egg	First-stage larva	Second-stage larva	Third-stage larva	Pupa	Total larval age
2021	3.86±0.36 a	0.19±0.04 a	0.28±0.06 a	0.25±0.09 a	0.20±0.08 a	4.80±0.42 a
2022	4.67±0.39 a	0.18±0.05 a	0.23±0.07 a	0.15±0.05 a	0.08±0.04 a	5.33±0.47 a

میانگین‌های با حروف مشابه در ستون‌ها نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین آن‌ها است (P<۰/۰۵).

Means within a column followed by the same letter do not differ significantly (Tukey's test, P < 0.05)

نتایج مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی با دوزهای مختلف اسید جاسمونیک و سالیسیلیک در صفات مورد بررسی نشان داد که مراحل زیستی تخم (F=1.23, DF=4, P=0.30) و لارو سن اول آفت (F=1.81, DF=4, P=0.13) در هر چهار تیمار در مقایسه با شاهد تفاوت معنی‌دار نداشتند، اما در مراحل زیستی لاروهای سنین دوم (F=6.85, DF=4, P<0.0001)، سنین سوم (F=13.90, DF=4, P<0.0001) و هم‌چنین شفیره (F=8.85, DF=4, P<0.0001) تفاوت معنی‌دار با شاهد مشاهده شد. بیشترین آلودگی به تخم آفت در تیمار شاهد و برابر ۵/۰۳ و کمترین مقدار آن در تیمار اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار به میزان ۳/۷۶ مشاهده شد. بیشترین میزان آلودگی به شفیره آن در تیمار شاهد به مقدار ۰/۶۰ و کمترین مقدار آلودگی در تیمار اسید جاسمونیک ۲ میلی‌گرم بر لیتر و برابر با ۰/۱ به دست آمد(جدول ۲).

تعیین مقادیر صفات مورفولوژیکی میوه. تجزیه واریانس اثر سال بر صفات مورفولوژیکی میوه زیتون طی دو سال آزمایش نشان داد که تمام صفات (طول، عرض، وزن، حجم، چگالی، وزن گوشت میوه و عرض هسته) به استثنای طول و وزن هسته دارای تفاوت معنی‌دار بودند. نتایج تجزیه واریانس اثر تیمار در صفات طول، وزن، حجم، چگالی و وزن گوشت میوه معنی‌دار و در سایر صفات (عرض میوه، طول هسته، عرض هسته و وزن هسته) تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. علاوه بر این، تاثیر تیمار در سال، در صفات طول (F=3.98, DF=4, P=0.0047) و عرض میوه (F=10.53, DF=4, P<0.0001)، طول (F=2.87, DF=4, P=0.02)، عرض (F=2.70, DF=4, P=0.03) و وزن هسته (F=2.97, DF=4, P=0.02) نسبت به سایر صفات مورد مطالعه معنی‌دار بودند. نتایج بررسی مقایسه میانگین اثر سال بر صفات مورفولوژیکی زیتون طی دو سال آزمایش نشان داد که به‌جز صفات طول (F=2.98, DF=1, P=0.08) و وزن هسته(F=1.86, DF=1, P=0.17)، در سایر صفات دارای تفاوت معنی‌داری داشتند. اندازه‌گیری صفات مختلف مرتبط با میوه و هسته در سال ۱۴۰۱ نسبت به سال ۱۴۰۰ افزایش نشان داد و تنها در وزن هسته بدون تغییر بود. میانگین وزن میوه در سال ۱۴۰۱ برابر ۴/۰۸ بود که در مقایسه با سال ۱۴۰۰ (۳/۸۴) تفاوت معنی‌داری داشت (F=5.31, DF=1, P=0.02) (جدول ۳).

نتایج مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف بر صفات مورفولوژیکی میوه زیتون طی دو سال آزمایش نشان داد که تیمارهای مختلف اسید جاسمونیک و اسید سالیسیلیک در برخی صفات مانند عرض میوه (F=1.29, DF=4, P=0.28)، طول هسته (F=1.50, DF=4, P=0.20)، عرض هسته (F=1.52, DF=1, P=0. 20) و وزن هسته (F=0.27, DF=1, P=0.89) در مقایسه با شاهد، تفاوت معنی‌دار نداشتند. بیشترین طول و عرض میوه در تیمار اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار به ترتیب ۲۳/۷۸ و ۱۷/۲۷میلی‌متر و کمترین طول و عرض میوه در تیمار شاهد مشاهده شد که به ترتیب برابر با ۲۲/۱۳ و ۱۶/۵۹ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. بیشترین وزن میوه مربوط به تیمار اسید جاسمونیک ۱ میلی‌گرم بر لیتر به مقدار ۴/۵۲ گرم و کمترین وزن میوه در تیمار شاهد برابر با ۳/۴۴ گرم بود. بیشترین چگالی میوه مربوط به تیمار شاهد و برابر با $۱/۱۵۴\times۱۰^{-۹}$ کیلوگرم بر میلی‌متر مکعب و کمترین آن مربوط به تیمار اسید جاسمونیک ۱ میلی‌گرم بر لیتر و به مقدار $۱/۱۱۳\times۱۰^{-۹}$ کیلوگرم بر میلی‌متر مکعب بود (F=11.78, DF=4, P<0.0001). کمترین وزن گوشت میوه مربوط به تیمار شاهد و برابر با ۲/۶۶ گرم و بیشترین آن مربوط به تیمار اسید جاسمونیک ۱ میلی‌گرم بر لیتر و به مقدار ۳/۷۵ گرم مشاهده شد (F=16.17, DF=4, P<0.0001) (جدول۴).

بررسی آمارهای هواشناسی برتغییرات فصلی جمعیت حشرات کامل مگس. تاثیر دما بر جمعیت زمستان‌گذران و ظهور نسل‌های مختلف مگس میوه زیتون در فصل بهار و تابستان تا زمان برداشت محصول ثبت و بررسی شد. داده‌های هواشناسی و تله‌های نصب شده در ایستگاه تحقیقات زیتون رودبار طی دو سال آزمایش نشان داد که جمعیت نسل اول آفت (تعداد مگس‌های شکار شده نر و ماده در تله‌های مختلف) در سال ۱۴۰۰ نسبت به سال ۱۴۰۱ بیشتر و جمعیت نسل دوم آن نسبت به سال ۱۴۰۱ کمتر بود. بیشترین میزان شکار مگس نر و ماده در نسل اول به تعداد ۴۴ عدد و در تاریخ ۳۰ تیرماه سال ۱۴۰۰ مشاهده شد که از این تعداد ۹ مگس ماده بود.

جدول ۲- میانگین (±خطای معیار) اثر تیمار برای صفات مورد بررسی در دو سال آزمایشی ۱۴۰۱-۱۴۰۰

Table2- Mean (±SE) of treatment effect for the investigated traits in two experimental years 2021-2022

Treatment	Characteristics					
	Egg	First-stage larva	Second-stage larva	Third-stage larva	Pupa	Total larval age
Jasmonic Acid 1 mg/lit	4.50±0.47 a	0.19±0.05 a	0.21±0.06 b	0.13±0.02 b	0.11±0.02 b	4.87±0.53 b
Jasmonic Acid 2 mg/lit	4.22±0.59 a	0.14±0.03 a	0.21±0.06 b	0.13±0.02 b	0.10±0.02 b	4.49±0.60 b
Salicylic acid 1mμ	3.76±0.58 a	0.22±0.08 a	0.25±0.07 b	0.15±0.03 b	0.11±0.02 b	4.32±0.69 b
Salicylic acid 2mμ	4.20±0.69 a	0.21±0.05 a	0.29±0.07 b	0.19±0.05 b	0.11±0.02 b	4.85±0.78 b
Control	5.03±0.58 a	0.36±0.07 a	0.59±0.11 a	0.78±0.19 a	0.60±0.18 a	7.20±0.69 a

میانگین‌های با حروف مشابه در ستون‌ها نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین آن‌ها است (P<۰/۰۵).

Means within a column followed by the same letter do not differ significantly (Tukey's test, P < 0.05)

جدول ۳- میانگین (±خطای معیار) اثر سال بر صفات مورد بررسی طی دو سال آزمایشی ۱۴۰۱- ۱۴۰۰

Table3- Mean (±SE) of the year effect for the investigated traits in two experimental years 2021-2022

	Characteristics								
Year	fruit length (mm)	fruit width (mm)	fruit weight (gr)	fruit flesh weight (gr)	fruit volume (mm^3)	actual fruit density (kg/m^3)	kernel length (mm)	kernel width (mm)	kernel weight (gr)
2021	22.35±0.23 b	16.45±0.22 b	3.84±0.06 b	3.05±0.06 b	3345.4±64.77 b	1.154×10^{-9} ±3.46 a	17.68±0.15 a	8.40±0.07 b	0.78±0.01 a
2022	23.58±0.24 a	17.44±0.15 a	4.08±0.10 a	3.29±0.08 a	3681.2±100.50 a	1.115×10^{-9} ±3.55 b	17.38±0.17 a	8.70±0.07 a	0.78±0.01 a

میانگین‌های با حروف مشابه در ستون‌ها نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین آن‌ها است (P<۰/۰۵).

Means within a column followed by the same letter do not differ significantly (Tukey's test, P < 0.05

در سال ۱۴۰۱ بیشترین میزان شکار مگس نر و ماده در نسل دوم در تاریخ ۲۸ شهریور ماه و به تعداد ۱۶۶ عدد مشاهده شد که تعداد ۳۰ عدد آن مگس ماده بود. اما بیشترین آمار ثبت شده در نسل سوم آفت در تاریخ ۷ آبان ماه سال ۱۴۰۱و به تعداد ۶۱۵ مگس مشاهده شد که از این تعداد ۹۱ مگس ماده بود (شکل۲ و شکل۳).

نتایج نمونه‌برداری‌ها نشان داد که با کاهش تدریجی دما از اواسط شهریور ماه، درصد خسارت آفت طی دو سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ افزایش یافت. بررسی درصد خسارت و آلودگی کل (مجموع آلودگی موثر و مضر) در درختان تیمار شده با اسید جاسمونیک و سالیسیلیک و شاهد در سال ۱۴۰۰ نشان داد که خسارت آفت در نسل اول در تمام تیمارها روند کاهشی داشت و بیشترین درصد خسارت در تاریخ ۲۹ تیر ماه و در تیمار شاهد و کمترین آن مربوط به اسید جاسمونیک ۲ میلی‌گرم بر لیتر بود. در سال ۱۴۰۱ با وجود روند افزایش جمعیت آفت در نسل دوم در تمام تیمارها، بیشترین درصد خسارت و آلودگی کل در تاریخ ۹ شهریور ماه مربوط به تیمار شاهد و کمترین آن نیز مربوط به تیمار اسید جاسمونیک ۲ میلی‌گرم بر لیتر بود (شکل ۴ و شکل ۵).

مقادیر ترکیبات موجود در روغن زیتون. نتایج بررسی ترکیبات شیمیایی موجود در روغن زیتون توسط دستگاه GC/Mass در هر دو سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ در نمونه‌های تیمار شده با اسید جاسمونیک و اسید سالیسیلیک نشان داد که درصد اسیدهای چرب غیر اشباع اولئیک و لینولئیک نسبت به شاهد در رو غن‌های سالم و بدون آلودگی به مگس میوه زیتون افزایش و در نمونه‌های آلوده کاهش یافت. اما مقادیر سایر اسیدهای چرب اشباع مانند اسید پالمیتیک، پالمیتولئیک، مریستیک، استئاریک، ایکوزنوئیک، آراشیدیک در نمونه‌های روغن سالم تیمار شده نسبت به تیمار شاهد کاهش و در نمونه‌های آلوده به آفت نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول ۵).

اسید اولئیک. در سال ۱۴۰۰ بیشترین مقدار اسید اولئیک مربوط به تیمار اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار و به مقدار ۵۵/۴۲ درصد در نمونه روغن بدون آلودگی به آفت و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد آلوده به آفت و به مقدار ۵۱/۱۸ درصد مشاهده شد. در سال ۱۴۰۱ بیشترین میزان اسید اولئیک در نمونه روغن سالم اسید جاسمونیک ۲ میلی‌گرم بر لیتر (۵۰/۳۶ درصد) و کمترین مقدار آن مربوط به نمونه روغن آلوده به آفت در تیمار اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار (۳۹/۶۳ درصد) مشاهده شد(جدول ۵).

اسید لینولئیک. در سال ۱۴۰۰ مقادیر اسید لینولئیک در همه‌ی تیمارهای سالم اسید جاسمونیک، اسید سالیسیلیک و همچنین تیمار شاهد نسبت به تیمارهای آلوده بیشتر بود. بیشترین مقدار اسید لینولئیک در نمونه روغن سالم تیمار اسید جاسمونیک ۲ میلی‌گرم بر لیتر (۱/۸۹ درصد) و کمترین ان در نمونه روغن آلوده به آفت تیمار شاهد (۱/۰۵ درصد) مشاهده شد. در سال ۱۴۰۱ بالاترین مقدار اسید لینولئیک در نمونه روغن سالم تیمار اسید جاسمونیک ۲ میلی‌گرم بر لیتر (۹/۳۹ درصد) و کمترین مقدار آن مربوط به نمونه روغن آلوده به آفت در تیمار شاهد (۴/۴۱ درصد) بود (جدول ۵).

جدول ٤- میانگین (±خطای معیار) اثر تیمار بر صفات مورد بررسی طی دو سال آزمایشی ۱۴۰۱- ۱۴۰۰

Table4- Mean (±SE) of treatment effect for the investigated traits in two experimental years 2021-2022

	Characteristics								
Treatment	fruit length (mm)	fruit width (mm)	fruit weight (gr)	fruit flesh weight (gr)	fruit volume (mm3)	actual fruit density (kg/mm3)	kernel length (mm)	kernel width (mm)	kernel weight (gr)
Jasmonic Acid 1 mg/lit	22.46±0.40 ab	16.75±0.51 a	4.52±0.10 a	3.75±0.10 a	4079.6±108.08 a	1.113×10-9 ±4.70 d	17.08±0.23 a	8.45±0.13 a	0.77±0.02 a
Jasmonic Acid 2 mg/lit	22.84±0.37 ab	16.89±0.23 a	3.74±0.16 cd	2.96±0.14 cd	3293.8±168.93 cd	1.148×10-9 ±8.97 ab	17.53±0.29 a	8.57±0.13 a	0.77±0.03 a
Salicylic acid 1mμ	23.63±0.40 a	17.24±0.19 a	4.19±0.12 ab	3.38±0.10 ab	3742.6±122.56 ab	1.124×10-9 ±5.07 cd	17.85±0.24 a	8.76±0.10 a	0.81±0.02 a
Salicylic acid 2mμ	23.78±0.34 a	17.27±0.22 a	3.90±0.08 cb	3.10±0.07 bc	3451.4±90.71 cb	1.133×10-9 ±4.96 cb	17.73±0.23 a	8.42±0.10 a	0.79±0.02 a
Control	22.13±0.37 b	16.59±0.28 a	3.44±0.09 d	2.66±0.08 d	2999.0±93.85 d	1.154×10-9 ±5.45 a	17.47±0.28 a	8.57±0.10 a	0.78±0.03 a

میانگین‌های با حروف مشابه در ستون‌ها نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین آن‌ها است (P<۰/۰۵).

Means within a column followed by the same letter do not differ significantly (Tukey's test, P < 0.05)

جدول ۵- میانگین (±خطای معیار) درصد مقادیر ترکیبات شیمیایی مختلف موجود در روغن زیتون در تیمارهای مختلف طی دو سال ۱۴۰۱-۱۴۰۰

Table 5. Mean (±SE) percentage of different chemical compounds in olive oil in different treatments during two years 2021-2022

Year	Treatment	Palmitoleic acid	Oleic acid	Palmitic acid	Linoleic acid	Arachidic acid	Stearic acid	Eicosanoic acid	Myristic acid	Squalane
2021	Jasmonic Acid 2 mg/lit (S)	3.4±0.009 b	52.88±0.009 b	26.17±0.009 c	1.89±0.009 a	1.84±0.009 b	2.85±0.009 b	1.59±0.009 b	0.07±0.009 a	4.85±0.014 a
	Salicylic acid 2mμ (S)	5.31±0.012 a	55.42±0.014 a	27.16±0.012 b	1.33±0.008 b	1.79±0.007 b	2.49±0.004 c	1.66±0.008 a	0.07±0.009 a	4.7±0.004 b
	Control (S)	2.92±0.014 c	51.64±0.009 c	27.25±0.009 a	1.15±0.01 c	2.05±0.014 a	3.39±0.009 a	0.84±0.01 c	0.08±0.009 a	4.58±0.014 c
	Jasmonic Acid 2 mg/lit (I)	5.5±0.021 b	52.09±0.008 b	27.30±0.01 c	1.14±0.008 a	2.02±0.01 b	4.57±0.014 a	1.79±0.009 a	0.08±0.007 a	4.28±0.01 b
	Salicylic acid 2mμ (I)	5.87±0.009 a	53.67±0.009 a	27.83±0.008 b	1.14±0.007 a	1.83±0.008 c	3.32±0.008 c	1.54±0.008 b	0.09±0.01 a	4.36±0.007 a
	Control (I)	5.4±0.018 c	51.18±0.01 c	28.22±0.01 a	1.05±0.009 b	2.23±0.015 a	3.69±0.01 b	1.53±0.012 b	0.09±0.009 a	2.62±0.009 c
2022	Jasmonic Acid 2 mg/lit(S)	5.8±0.013 a	50.36±0.014 a	21.62±0.008 b	9.39±0.009 a	1.39±0.009 c	3.12±0.009 c	2.31±0.008 b	0.07±0.009 a	6.72±0.012 a
	Salicylic acid 2mμ (S)	5.25±0.014 b	49.91±0.01 b	22.12±0.009 c	9.09±0.009 b	1.82±0.015 b	3.62±0.01 b	1.53±0.012 c	0.07±0.009 a	6.58±0.012 b
	Control (S)	5.79±0.015 a	46.26±0.02 c	22.99±0.014 a	6.4±0.018 c	2.96±0.015 a	4.52±0.018 a	2.44±0.015 a	0.08±0.009 a	6.43±0.01 c
	Jasmonic Acid 2 mg/lit (I)	5.92±0.009 a	48.54±0.012 a	21.85±0.009 c	8.51±0.01 a	1.76±0.012 c	3.46±0.012 c	2.91±0.012 a	0.08±0.006 a	6.53±0.01 a
	Salicylic acid 2mμ (I)	5.47±0.009 c	39.63±0.01 c	22.32±0.01 b	8.36±0.014 b	1.97±0.01 b	3.97±0.01 b	1.68±0.01 c	0.09±0.009 a	6.46±0.018 b
	Control (I)	5.82±0.009 b	47.05±0.014 b	23.85±0.014 a	4.41±0.009 c	2.99±0.009 a	5.34±0.01 a	2.51±0.009 b	0.09±0.009 a	4.47±0.009 c

میانگین‌های با حروف مشابه در ستون‌ها نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین آن‌ها است (P<۰/۰۵).

Means within a column followed by the same letter do not differ significantly (Tukey's test, P < 0.05) (S=Safe & I= Infected)

اسکوالین. نتایج نشان داد که مقدار ماده شیمیایی اسکوالین (از تری‌ترپنوییدها) در نمونه‌های روغن سالم تیمار شده با اسیدهای فوق در مقایسه با شاهد در هر دو سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ افزایش و در نمونه‌های آلوده به مگس میوه زیتون کاهش داشت. مقادیر ماده اسکوالین در همه ی تیمارها در سال ۱۴۰۱ نسبت به سال ۱۴۰۰ به مراتب بیشتر بود (جدول ۵). در سال ۱۴۰۰ بالاترین مقدار آن در نمونه روغن بدون آلودگی در تیمار اسید جاسمونیک ۲ میلی‌گرم بر لیتر و به مقدار ۶/۷۲ درصد و کمترین میزان آن در نمونه روغن آلوده به آفت و به مقدار ۲/۶۲ درصد تعیین شد. در سال ۱۴۰۱ نیز بیشترین مقدار آن مربوط به نمونه روغن سالم تیمار اسید جاسمونیک ۲ میلی‌گرم بر لیتر (۶/۷۲ درصد) و کمترین آن مربوط به نمونه روغن آلوده در تیمار شاهد (۴/۴۷) بود (جدول ۵). اسید پالمیتیک. مقدار مهم‌ترین اسید چرب اشباع در روغن زیتون در هر دو سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ در تمام نمونه‌های روغن بدون آلودگی به آفت در تیمار اسیدهای فوق و شاهد نسبت به روغن‌های آلوده کمتر بود (جدول ۵). در سال ۱۴۰۰ بیشترین میزان اسید پالمیتیک مربوط به نمونه روغن آلوده در تیمار شاهد و برابر ۲۸/۲۲ درصد و کمترین مقدار آن مربوط به نمونه روغن سالم در تیمار اسید جاسمونیک ۲ میلی‌گرم بر لیتر و برابر ۲۶/۱۷ درصد تعیین شد. در سال ۱۴۰۱ نیز بیشترین مقدار اسید پالمیتیک در نمونه روغن آلوده در تیمار شاهد و (۲۳/۸۵ درصد) و کمترین مقدار آن مربوط به نمونه روغن سالم در تیمار اسید جاسمونیک ۲ میلی‌گرم بر لیتر (۲۱/۶۲ درصد) مشاهده شد (جدول ۵).

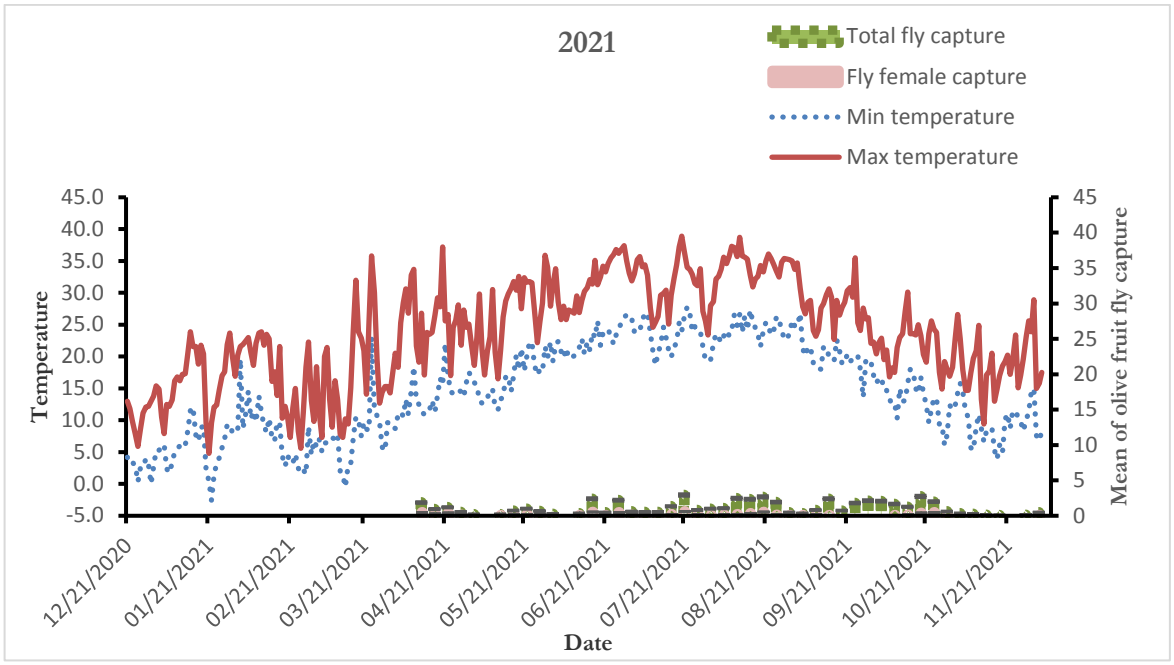
جدول ٦- میانگین (±خطای معیار) اثر سال بر درصد مقادیر ترکیبات شیمیایی مختلف موجود در روغن زیتون بدون آلودگی و آلوده به آفت در تیمارهای مختلف طی دو سال آزمایشی ۱۴۰۱- ۱۴۰۰

Table 6. Mean (±SE) effect of year on the percentage of different chemical compounds present in unpolluted and pest-infested olive oil in different treatments during two experimental years 2021-2022

	Characteristics								
Year	Palmitoleic acid	Oleic acid	Palmitic acid	Linoleic acid	Arachidic acid	Stearic acid	Eicosanoic acid	Myristic acid	Squalane
2021 (S)	3.87±0.31 b	53.31±0.47 a	26.86±0.14 a	1.45±0.09 b	1.36±0.11 b	2.91±0.11 b	1.89±0.03 b	0.73±0.004 a	4.71±0.03 b
2022 (S)	5.61±0.07 a	48.84±0.55 b	22.24±0.17 b	8.29±0.40 a	2.05±0.19 a	3.75 ±0.17 a	2.09±0.12 a	0.73±0.004 a	6.57±0.03 a
2021 (I)	5.59±0.06 b	52.31±0.31 a	27.78±0.11 a	1.11±0.01 b	2.02±0.04 b	3.86±0.15 b	1.62±0.03 b	0.08±0.004 a	3.75±0.24 b
2022 (I)	5.73±0.05 a	44.74±1.13 b	22.67±0.25 b	7.09±0.57 a	2.24±0.16 a	4.25±0.23 a	2.36±0.15 a	0.08±0.004 a	5.82±0.28 a

میانگین‌های با حروف مشابه در ستون‌ها نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین آن‌ها است (P<۰/۰۵).

Means within a column followed by the same letter do not differ significantly (Tukey's test, P < 0.05) (S=Safe & I= Infected)



شکل ۲- اثر تغییرات دما بر میانگین (±خطای معیار) شکار مگس میوه زیتون در تله‌های مختلف نصب شده (۹ تله شامل: ۳ کارت زرد، ۳ فرومون جنسی و ۳ تله مکفیل) در ایستگاه تحقیقات زیتون رودبار در سال ۱۴۰۰

Fig. 2. Effect of temperature changes on the average capture of olive fruit fly in different traps installed (9traps including: 3 yellow cards, 3 sex pheromone & McPhil traps) in Rudbar olive research station in 2021

سایر اسیدهای چرب اشباع در روغن زیتون. مقادیر اسید پالمیتولئیک، اسید آراشیدیک، اسید استئاریک، اسید ایکوزنوئیک و اسید مریستیک در هر دو سال آزمایش در تمام نمونه‌های روغن سالم تیمارهای اسید جاسمونیک، اسید سالیسیلیک و شاهد نسبت به روغن تیمارهای آلوده به آفت کاهش نشان داد. در سال ۱۴۰۰بیشترین مقدار اسید پالمیتولئیک در روغن آلوده تیمار اسید سالیسیلیک ۲ میلیمولار برابر با ۵/۸۷ درصد و کمترین آن مربوط به روغن سالم تیمار شاهد و برابر با ۲/۹۲ درصد، بیشترین مقدار آراشیدک اسید در روغن آلوده تیمار شاهد برابر با ۲/۲۳ درصد و کمترین آن در روغن سالم تیمار اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار برابر با ۱/۷۹ درصد، بیشترین مقدار اسید استئاریک در روغن آلوده تیمار اسید جاسمونیک ۲ میلی‌گرم بر لیتر برابر با ۴/۵۷ درصد و کمترین آن در روغن سالم تیمار اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار برابر با ۲/۴۹ درصد، بیشترین میزان اسید ایکوزنوئیک در روغن آلوده تیمار اسید جاسمونیک ۲ میلی‌گرم بر لیتر برابر با ۱/۷۹ درصد و کمترین آن در روغن سالم تیمار شاهد برابر با ۰/۸۴ درصد، بیشترین مقدار اسید مریستیک مربوط به روغن‌های آلوده تیمار اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار و شاهد برابر با ۰/۰۹ و کمترین مقادیر آن مربوط به روغن‌های سالم تیمارهای اسید جاسمونیک ۲ میلی‌گرم بر لیتر و تیمار اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار برابر با ۰/۰۷ درصد تعیین شد (جدول ۵).

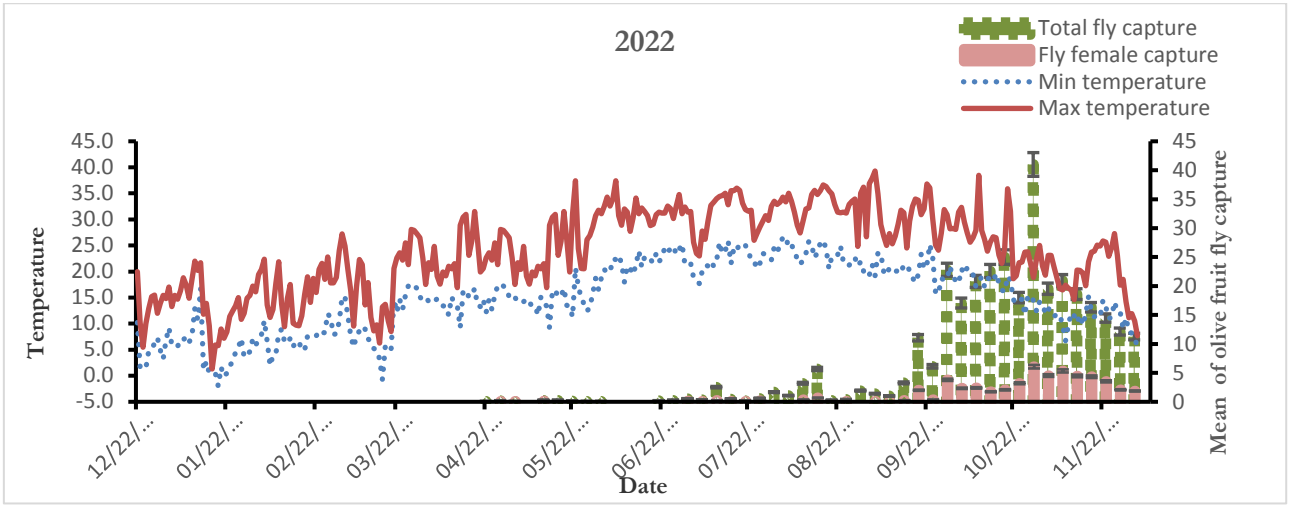
جدول ۷- میانگین (±خطای معیار) اثر تیمار درصد مقادیر ترکیبات شیمیایی مختلف موجود در روغن زیتون بر طی دو سال آزمایشی ۱۴۰۱- ۱۴۰۰

Table 7. Mean (±SE) of the treatment effect of the percentage of different chemical compounds in olive oil during two experimental years 2021-2022

	Characteristics								
Treatment	**Palmitoleic acid**	**Oleic acid**	**Palmitic acid**	**Linoleic acid**	**Arachidic acid**	**Stearic acid**	**Eicosanoic acid**	**Myristic acid**	**Squalane**
Jasmonic Acid 2 mg/lit (S)	4.60±0.45 b	51.62±0.47 b	23.89±0.85 c	5.64±1.41 a	1.61±0.08 c	2.98±0.05 c	1.95±0.13 a	0.07±0.005 a	5.78±0.35 a
Salicylic acid 2mμ (S)	5.28±0.01 a	52.66±1.04 a	24.64±0.95 b	5.21±1.46 b	1.80±0.009b	3.05±0.21 b	1.59±0.02 c	0.07±0.005 a	5.64±0.35 b
Control (S)	4.35±0.54 c	48.95±1.01 c	25.12±0.80 a	3.77±0.99 c	2.50±0.17 a	3.95±0.21 a	1.64±0.30 b	0.08±0.005 a	5.50±0.34 c
Jasmonic Acid 2 mg/lit (I)	5.71±0.08 a	50.31±0.67 a	24.57±1.02 c	4.82±0.04 a	1.89±90.71 b	4.01±0.20 b	2.35±0.21 a	0.08±0.004 a	5.40±0.42 a
Salicylic acid 2mμ (I)	5.67±0.07 b	46.65±2.65 c	25.07±1.04 b	4.75±1.36 b	1.90±0.02 b	3.64±0.12 c	1.61±0.02 c	0.09±0.006 a	5.41±0.39 a
Control (I)	5.61±0.07 c	48.61±0.96 b	26.03±0.82 a	2.73±0.63 c	2.61±0.14 a	4.51±0.31 a	2.02±0.18 b	0.09±0.005 a	3.54±0.34 b

میانگین‌های با حروف مشابه در ستون‌ها نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین آن‌ها است (P<۰/۰۵).

Means within a column followed by the same letter do not differ significantly (Tukey's test, P < 0.05) (S=Safe & I= Infected)



شکل ۳– اثر تغییرات دما بر میانگین (±خطای معیار) شکار مگس میوه زیتون در تله‌های مختلف نصب شده (۹ تله شامل: ۳ کارت زرد، ۳ فرومون جنسی و ۳ تله مکفیل) در ایستگاه تحقیقات زیتون رودبار در سال ۱۴۰۱

Fig 3. Effect of temperature changes on the average capture of olive fruit fly in different traps installed (9traps including: 3 yellow cards, 3 sex pheromone & McPhil traps) inRudbar olive research station in 2022

در سال ۱۴۰۱ بیشترین مقدار اسید پالمیتولئیک در روغن آلوده تیمار اسید جاسمونیک ۲ میلی‌گرم بر لیتر برابر با ۵/۹۲ درصد و کمترین آن مربوط به روغن سالم تیمار اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار و برابر با ۵/۲۵ درصد، بیشترین مقدار آراشیدیک اسید در روغن آلوده تیمار شاهد برابر با ۲/۹۹ درصد و کمترین آن در روغن سالم تیمار اسید جاسمونیک ۲ میلی‌گرم بر لیتر برابر با ۱/۳۹ درصد، بیشترین مقدار اسید استئاریک در روغن آلوده تیمار شاهد برابر با ۵/۳۴ درصد و کمترین آن در روغن سالم تیمار اسید جاسمونیک ۲ میلی‌گرم بر لیتر برابر با ۳/۱۲ درصد، بیشترین میزان اسید ایکوزنوئیک در روغن آلوده تیمار اسید جاسمونیک ۲ میلی‌گرم بر لیتر برابر با ۲/۹۱ درصد و کمترین آن در روغن سالم تیمار اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار برابر با ۱/۵۳ درصد، بیشترین مقدار اسید مریستیک مربوط به روغن‌های آلوده تیمار اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار و شاهد برابر با ۰/۰۹ و کمترین مقادیر آن مربوط به روغن‌های سالم تیمارهای اسید جاسمونیک ۲ میلی‌گرم بر لیتر و تیمار اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار برابر با ۰/۰۷ درصد تعیین شد که مقدار این اسید در همه ی تیمارها تغییری نسبت به سال ۱۴۰۰ نداشت (جدول ۵).

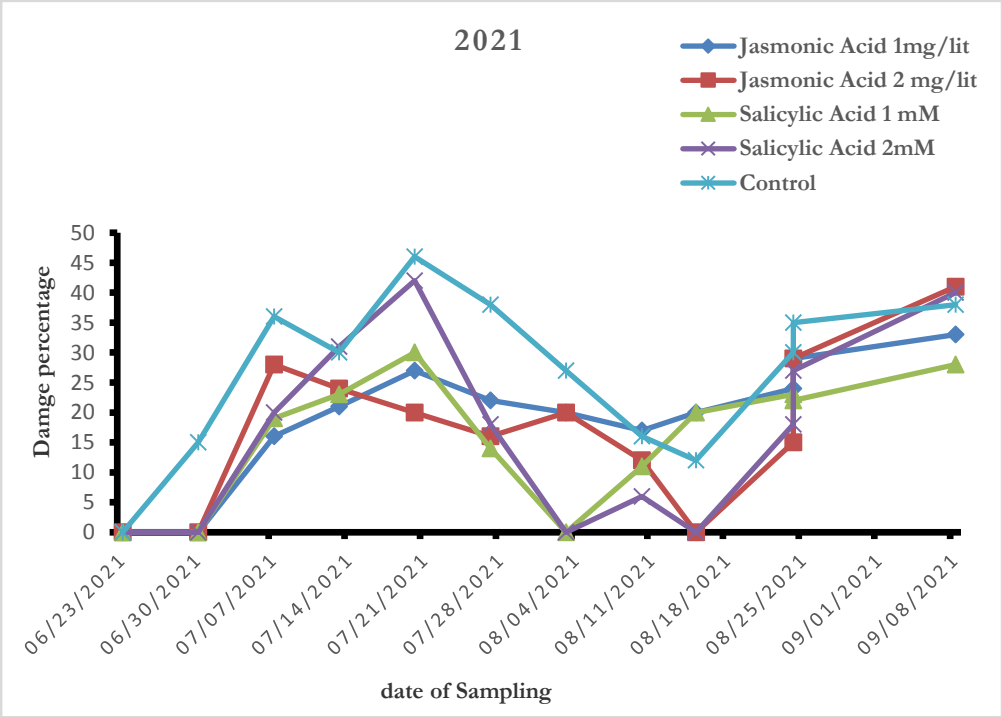
جدول ۸– میانگین (±خطای معیار) مقادیر کلروفیل، کاروتنویید و فنول موجود در روغن زیتون تیمارهای مختلف طی دو سال آزمایشی ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱

Table 8. Mean (±SE) amounts of chlorophyll, carotenoid and phenol in olive oil of different treatments during two experimental years 2021 and 2022

Year	Treatment		Chlorophil (mg/kg)	Carotrnoid (mg/kg)	Total phenol (ppm) Gallic caid		Chlorophil (mg/kg)	Carotrnoid (mg/kg)	Total phenol (ppm) Gallic caid
2021	Jasmonic Acid 1 mg/lit	S	7.52±0.031 c	4.25±0.017 b	199±0.005 d	I	8.19±0.011 c	2.85±0.011 d	147±0.011 d
	Jasmonic Acid 2 mg/lit		7.34±0.014 d	5.43±0.015 a	274±0.014 a		7.66±0.017 d	4.25±0.028 a	238±0.017 a
	Salicylic acid 1 mµ		8.80±0.016 b	3.6±0.014 d	233±0.028 c		8.97±0.015 b	3.17±0.012 c	223±0.02 b
	Salicylic acid 2 mµ		8.93±0.008 a	4.05±0.015 c	241±0.031 b		9.52 ±0.013 a	3.78±0.01 b	212±0.02 c
	Control		7±0.012 e	2.88±0.014 e	128±0.037 e		7.5 ±0.01 e	1.77±0.012 e	96±0.018 e
2022	Jasmonic Acid 1 mg/lit	S	9.95±0.017 b	4.3±0.017 a	152±0.005 d	I	10.28±0.02 b	1.4±0.017 c	140±0.012 c
	Jasmonic Acid 2 mg/lit		10.16±0.011 a	3.05±0.008 d	245±0.014 a		11.44±0.018 a	1.59±0.032 b	172±0.017 a
	Salicylic acid 1 mµ		8.95±0.025 c	3.28±0.014 c	209±0.02 c		9.26±0.02 e	1.25±0.005 d	78±0.017 e
	Salicylic acid 2 mµ		8.31±0.016 d	4.22±0.011 b	229±0.034 b		9.98±0.006 c	3.3±0.012 a	156±0.023 b
	Control		8.29±0.012 d	2.78±0.011 e	116±0.014 e		9.51±0.02 d	1.61±0.006 b	90±0.036 d

میانگین‌های با حروف مشابه در ستون‌ها نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین آن‌ها است (P<۰/۰۵).

Means within a column followed by the same letter do not differ significantly (Tukey's test, P < 0.05) (S=Safe & I= Infected)



شکل ٤– درصد خسارت مگس میوه زیتون با تیمارهای مختلف در سال ۱۴۰۰

Fig. 4. Percentage of olive fruit fly damage with different treatments per year 2021

نتایج تجزیه واریانس روغن‌های غیر آلوده به آفت در دو سال آزمایش نشان داد که اثر سال و اثر تیمار در همه ی ترکیبات به‌جز اسید مریستیک در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. آنالیز اثر تیمار در سال نیز در همه‌ی ترکیبات موجود در روغن زیتون به جز اسید مریستیک و اسکوالین معنی‌دار بود.

بررسی مقایسه میانگین اثر سال در مقادیر دو اسید چرب غیر اشباع مهم روغن‌های غیر آلوده در دو سال آزمایش نشان داد که مقدار اسید اولئیک (۵۳/۳۱ درصد) در سال ۱۴۰۰ بیشتر از سال ۱۴۰۱ (۴۸/۸۴ درصد) و از لحاظ آماری معنی‌دار بود (F=148823, DF=1, P<0.0001). اما مقدار اسید لینولئیک (۱/۴۵ درصد) در سال ۱۴۰۰ کمتر از سال ۱۴۰۱ (۸/۲۹ درصد) و دارای تفاوت معنی‌دار بود (F=148823, DF=1, P<0.0001) (جدول ۶).

هم‌چنین بررسی مقایسه میانگین اثر تیمار در مقادیر دو اسید چرب غیر اشباع مهم روغن‌های غیر آلوده در دو سال آزمایش نشان داد بیشترین مقدار اسید اولئیک مربوط به تیمار اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار (۵۲/۶۶ درصد) و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد (۴۸/۹۵ درصد) (F=36450.5, DF=2, P<0.0001) و بیشترین مقدار اسید لینولئیک مربوط به تیمار اسید جاسمونیک ۲ میلی‌گرم بر لیتر (۵/۶۴ درصد) و کمترین مقدار مربوط به تیمار شاهد (۳/۷۷ درصد) (F=11075.5, DF=2, P<0.0001) و از لحاظ آماری دارای تفاوت معنی‌دار بود. مقدار ماده اسکوالین نیز در تیمار اسید جاسمونیک ۲ میلی‌گرم بر لیتر (۵/۷۸ درصد) و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد (۵/۵۰ درصد) مشاهده و دارای تفاوت معنی‌دار بود (F=285.21, DF=2, P<0.0001) (جدول ۷).

مقادیر کلروفیل، کاروتنویید و فنول موجود در روغن زیتون. نتایج بررسی مقادیر کلروفیل کل در هر دو سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ در نمونه‌های روغن زیتون بدون آلودگی به آفت مگس میوه زیتون، در درختان تیمار شده با اسید جاسمونیک و سالیسیلیک در مقایسه با شاهد افزایش نشان داد. هم‌چنین مقدار کلروفیل کل در روغن تمام نمونه‌های تیمار شده و شاهد آلوده به مگس میوه زیتون افزایش داشت.

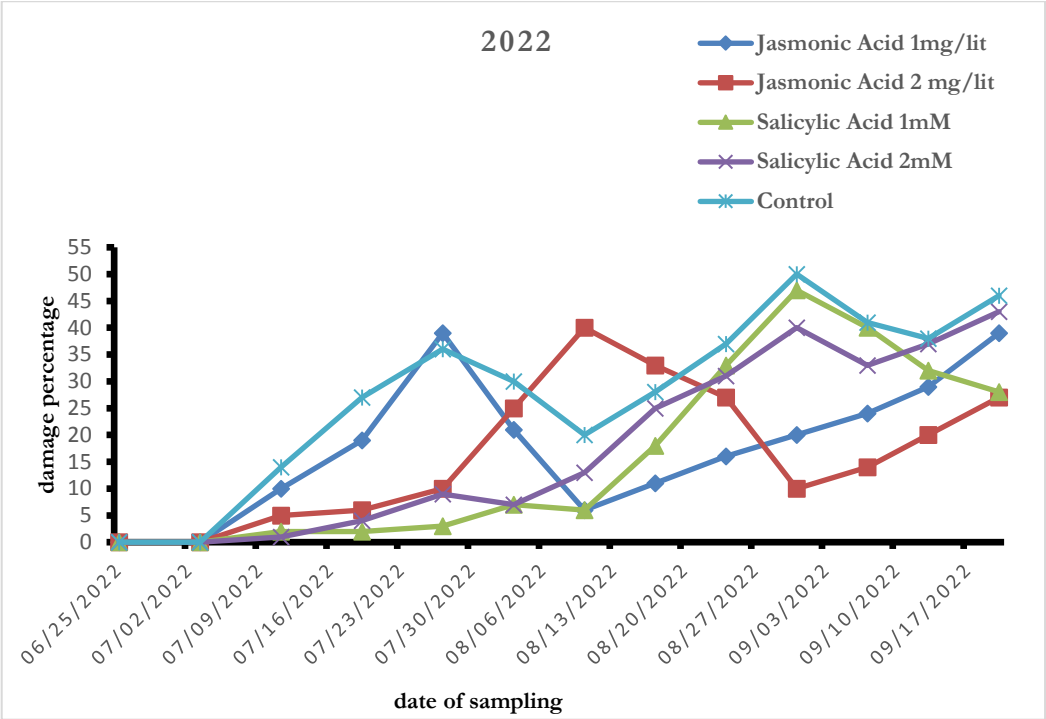
جدول ۹– میانگین (±خطای معیار) اثر سال بر مقادیر کلروفیل، کاروتنویید و فنول موجود در روغن زیتون تیمارهای مختلف طی دو سال آزمایشی ۱۴۰۰ –۱۴۰۱

Table 9. Mean (±SE) effect of year on the amounta of chlorophyll, carotenoid and phenol in olive oil of different treatments during two experimental years 2021-2022

Year	Characteristics		
	Chlorophil (mg/kg)	Carotrnoid (mg/kg)	Total phenol (ppm) Gallic caid
2021 (S)	7.92±0.21b	4.04±0.22a	2.15±0.13a
2022 (S)	9.13±0.21a	3.52±0.16b	1.90±0.13b
2021 (I)	8.37±0.20b	3.16±0.22a	1.83±0.14a
2022(I)	10.09±0.20a	1.83±0.20b	1.27±0.09b

میانگین‌های با حروف مشابه در ستون‌ها نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین آن‌ها است (P<۰/۰۵).

Means within a column followed by the same letter do not differ significantly (Tukey's test, P < 0.05) (S=Safe & I= Infected)



شکل ۵- درصد خسارت مگس میوه زیتون با تیمارهای مختلف در سال ۱۴۰۱

Fig 5. ercentage of olive fruit fly damage with different treatments per year 2022

بیشترین مقدار کاروفیل کل در روغن نمونه‌های غیرآلوده در سال ۱۴۰۰ در تیمار اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار و برابر با ۸/۹۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد و برابر ۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌دست آمد. در سال ۱۴۰۱ بیشترین مقادیر کلروفیل کل در روغن نمونه‌های سالم مربوط به تیمار اسید جاسمونیک ۲ میلی‌گرم بر لیتر و برابر با ۱۰/۱۶ میلی‌گرم برکیلوگرم و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد و برابر با ۸/۲۹ میلی‌گرم برکیلوگرم تعیین شد (جدول ۸).

بررسی مقادیر کاروتنویید کل و فنول کل در هر دو سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ نشان داد که در تمام تیمارهای آزمایش و در روغن نمونه‌های سالم مقادیر آن‌ها نسبت به شاهد افزایش یافت. کاهش مقادیر کاروتنوئید و فنول در روغن‌های آلوده به مگس نسبت به نمونه‌های غیرآلوده در همه‌ی تیمارهای اسید جاسمونیک و اسید سالیسیلیک و شاهد در هر دو سال آزمایش صادق بود (جدول ۸).

جدول ۱۰- میانگین (±خطای معیار) اثر تیمار بر مقادیر کلروفیل، کاروتنویید و فنول موجود در روغن زیتون تیمارهای مختلف طی دو سال آزمایشی ۱۴۰۱- ۱۴۰۰

Table10- Mean (±SE) of the treatment effect on the amount of chlorophyll, carotenoid and phenol in olive oil of different treatments during the two experimental years of the experimental years 2021-2022

Treatment	Characteristics		
	Chlorophil (mg/kg)	Carotrnoid (mg/kg)	Total phenol (ppm) Gallic caid
Jasmonic Acid 1 mg/lit (S)	8.73±0.54b	4.27±0.01a	1.75±0.10d
Jasmonic Acid 2 mg/lit (S)	8.75±0.62 b	4.24±0.53a	2.59±0.06a
Salicylic acid 1 mμ (S)	8.87±0.03a	3.44±0.07c	2.21±0.05c
Salicylic acid2 mμ (S)	8.62±0.13c	4.13±0.03b	2.35±0.03b
Control (S)	7.64±0.28d	2.82±0.02d	1.22±0.03e
Jasmonic Acid1 mg/lit (I)	9.23±0.46c	2.12±0.32d	1.43±0.01d
Jasmonic Acid 2 mg/lit (I)	9.55±0.84b	2.92±0.59b	2.05±0.14a
Salicylic acid 1 mμ (I)	9.11±0.06d	2.21±0.43c	1.50±0.32c
Salicylic acid 2 mμ (I)	9.75±0.10a	3.54±0.10a	1.84±0.12b
Control (I)	8.50±0.44e	1.68±0.03e	0.93±0.02e

میانگین‌های با حروف مشابه در ستون‌ها نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین آن‌ها است (P<۰/۰۵).

Means within a column followed by the same letter do not differ significantly (Tukey's test, P < 0.05) (S=Safe & I= Infected)

بیشترین مقدار کاروتنوئید کل در سال ۱۴۰۰ در روغن‌های غیرآلوده در تیمار اسید جاسمونیک با غلظت ۲ میلی‌گرم بر لیتر و به میزان ۵/۴۳ میلی‌گرم برکیلوگرم و کمترین آن در تیمار شاهد و به میزان ۲/۸۸ میلی‌گرم برکیلوگرم تعیین شد. در سال ۱۴۰۱ بیشترین مقدار آن در روغن‌های غیرآلوده در تیمار اسید جاسمونیک با غلظت ۱ میلی‌گرم بر لیتر و به میزان ۴/۳ میلی‌گرم برکیلوگرم و کمترین آن در تیمار شاهد برابر با ۲/۷۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌دست آمد (جدول ۸).

بیشترین مقدار فنول کل در هر دو سال آزمایش در تیمار اسید جاسمونیک با غلظت ۲ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد که مقادیر آن در سال ۱۴۰۰ برابر با ۲۷۴ میلی‌گرم بر لیتر (ppm) و در سال ۱۴۰۱ برابر ۲۴۵ میلی‌گرم بر لیتر (ppm) بود. هم‌چنین کمترین میزان آن در هر دو سال آزمایش مربوط به تیمار شاهد بود که مقدار آن در سال ۱۴۰۰ برابر با ۲۴۵ میلی‌گرم بر لیتر (ppm) و در سال ۱۴۰۱ برابر ۱۱۶ میلی‌گرم بر لیتر (ppm) تعیین شد (جدول ۸).

نتایج تجزیه واریانس روغن‌های غیر آلوده به آفت در دو سال آزمایش نشان داد که اثر سال، اثر تیمار و همچنین اثر تیمار در سال در مقادیر کلروفیل، کاروتنوئید و فنول کل معنی‌دار بود.

بررسی مقایسه میانگین اثر سال در مقادیر کلروفیل کل در روغن‌های غیر آلوده به آفت دو سال آزمایش نشان داد که مقدار آن در سال ۱۴۰۰ (۷/۹۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) کمتر از سال ۱۴۰۱ (۹/۱۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) به‌دست آمد که از لحاظ آماری معنی‌دار بود (F=20885.5, DF=1, P<0.0001). مقدار آن در روغن‌های آلوده (۸/۳۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در سال ۱۴۰۰ و در سال ۱۴۰۱ (۱۰/۰۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و دارای تفاوت معنی‌دار بود (F=23732.5, DF=1, P<0.0001). در بررسی مقادیر کاروتنوئید کل در روغن‌های غیر آلوده به آفت دو سال آزمایش، مقدار آن در سال ۱۴۰۰ (۴/۰۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بیشتر از سال ۱۴۰۱ (۳/۵۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) محاسبه شد که دارای تفاوت معنی‌دار بود (F=2892.66, DF=1, P<0.0001). بررسی کاروتنوئید کل در روغن‌های آلوده به آفت نشان داد که مقدار آن در سال ۱۴۰۰ (۳/۱۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بیشتر از سال ۱۴۰۱ (۱/۸۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و دارای اختلاف معنی‌دار بود(F=16805, DF=1, P<0.0001). بررسی مقادیر فنول کل نیز نتیجه‌ی مشابه با کاروتنوئید کل داشت و مقادیر آن در سال ۱۴۰۰ در روغن‌های غیر آلوده و آلوده به آفت بیشتر از سال ۱۴۰۱ (به ترتیب غیر آلوده: ۲/۱۵، ۰/۹۰ ۱ میلی‌گرم بر لیتر؛ آلوده: ۱/۸۳، ۱/۲۷ میلی‌گرم بر لیتر) و دارای تفاوت معنی‌دار بود (غیر آلوده F=488.98, DF=1, P<0.0001، آلوده F=2343.93, DF=1, P<0.0001) (جدول ۹).

بررسی مقایسه میانگین اثر تیمار در مقادیر کلروفیل کل در روغن‌های غیر آلوده به آفت دو سال آزمایش نشان داد که بیشترین مقدار آن مربوط به تیمار اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار (۸/۸۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد (۷/۶۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود (F=2838.02, DF=4, P<0.0001). بیشترین مقادیر در روغن‌های آلوده به آفت مربوط به تیمار اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار (۹/۷۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد (۸/۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود (F=1459.30, DF=4, P<0.0001). همچنین در بررسی مقادیر کاروتنوئید کل در روغن‌های غیر آلوده به آفت، بیشترین مقدار مربوط به تیمار اسید جاسمونیک ۱ میلی‌گرم بر لیتر (۴/۲۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد (۲/۸۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) (F=3517.40, DF=4, P<0.0001) و در نمونه‌های آلوده بیشترین مقدار مربوط به تیمار اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار(۳/۵۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد (۱/۶۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) مشاهده شد (F=4053.04, DF=4, P<0.0001). بررسی مقایسه میانگین مقادیر فنول کل در تیمارهای مختلف نشان داد که در رو غن‌های غیر آلوده به آفت بیشترین مقدار مربوط به تیمار اسید جاسمونیک ۲ میلی‌گرم بر لیتر (۲/۵۹ میلی‌گرم بر لیتر) و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد (۱/۲۲ میلی‌گرم بر لیتر) (F=1731.08, DF=4, P<0.0001) و در بررسی مقادیر آن در روغن نمونه‌های آلوده به آفت، بیشترین مقدار مربوط به تیمار اسید جاسمونیک ۲ میلی‌گرم میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد (۱/۶۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) مشاهده شد (F=4053.04, DF=4, P<0.0001) (جدول ۱۰).

بحث و نتیجه گیری

گیاهان می‌توانند در مقابل حشرات به‌وسیله عوامل تحریک‌کننده مانند هورمون‌های گیاهی اسید جاسمونیک و مشتقات آن، اسید سالیسیلیک، اسید جیبرلیک تحریک شده و با القای مقاومت از خود در مقابل عوامل زنده زیستی دفاع کنند. کاربرد خارجی جاسمونیک اسید جزء ضروری مسیر علامت‌دهی در گیاهان بوده و می‌تواند پاسخ‌های دفاعی مختلفی از جمله فعال شدن آنزیم‌های اکسیداتیو، مهارکننده‌های پروتئیناز، تولید آلکالوییدها و ترکیبات فرّار را تحریک کند (Scott *et al.*, 2010؛ Wasternack, 2007). محلول‌پاشی گیاهان با اسید سالیسیلیک در غلظت‌های مناسب، می‌تواند موجب کاهش تخریب رنگیزه کلروفیل، افزایش کارآیی سیستم آنتی‌اکسیدانی شده و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی مانند کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز را تغییر و پروتیین‌های جدید را در حمایت از دستگاه فتوسنتزی تولید کند (Popova *et al.*, 2003). افزایش غلظت این هورمون، تحمل گیاه را نسبت به تنش‌ها افزایش می‌دهد (Qaiser *et al.*, 2010).

فعالیت آفت با شرایط اقلیمی و آب و هوایی هر سال رابطه مستقیمی دارد، بررسی داده‌های هواشناسی، شکار تله‌ها و وضعیت آلودگی آفت در درختان تیمار شده با اسید جاسمونیک و اسید سالیسیلیک و شاهد نشان داد که هم‌زمانی تخم‌گذاری نسل زمستان‌گذران در تیر ماه ۱۴۰۰ با گرمای شدید هوا و رشد سریع میوه باعث کاهش فعالیت جمعیت نسل اول آفت شد. هم‌چنین فعالیت نسل دوم آفت در سال ۱۴۰۱ به دلیل گرمای هوا و تاثیر آن بر شعاع پرواز کاهش یافت. نتایج حاصل از بررسی آلودگی موثر و مضر آفت طی دو سال آزمایش نشان داد که دوزهای مختلف اسید جاسمونیک و اسید سالیسیلیک در مقایسه با شاهد در کاهش میزان آلودگی به‌ویژه آلودگی مضر موثر بودند، به طوری‌که مقدار این آلودگی در سال ۱۴۰۰ در همه‌ی تیمارها به جز شاهد صفر و در سال ۱۴۰۱ کمترین آلودگی مربوط به تیمار اسید جاسمونیک با دوز ۲ میلی‌گرم بر لیتر بود. این یافته‌ها تاثیر هر دو اسید را در کاهش آلودگی میوه‌ها به آفت مگس میوه زیتون تایید می‌کند که می‌توانند مانع تکمیل مراحل رشدی آفت درون میوه و تبدیل تخم به لارو، لارو به شفیره و حشرات بالغ می‌شوند. Bergen (2008) گزارش داد که محلول‌پاشی گیاهان کلزا با اسید جاسمونیک، مدت زمان نشو و نما شته شلغم، *Lipaphis erysimi* Kaltenbach، را افزایش داده است. طبق بررسی Senthil-Nathan *et al.* (2009) در بوته‌های برنج تیمارشده با جاسمونیک اسید، طول دوره‌های پورگی زنجرک قهوه‌ای برنج، *Nilaparvata lugens* Stal به طور معنی‌داری نسبت به

شاهد افزایش یا فت. Yu-Yan *et al.* (2010) محلول‌پاشی جاسمونیک اسید روی گیاه *Lycium barbarum* Linnaeus، طول دوران پورگی شته *Aphis* sp. را افزایش داده و سبب کاهش طول عمر بالغین این شته شده است. هم‌چنین، Kawazu *et al.* (2013) دریافتند که تیمار متیل جاسمونات در گیاه گوجه‌فرنگی موجب افزایش طول دوره لاروی تریپس غربی گل، *Frankliniella occidentalis* Pergande، و کفشدوزک ۲۸ نقطه‌ای سیب‌زمینی، *Henosepilachna vigintioctopunctata* Fabricius، شده است. بررسی پرایمینگ بذر گوجه‌فرنگی با جاسمونیک اسید نشان داد که اثر قابل توجهی در کاهش نرخ تولیدمثلی کنه تارتن دو لکه‌ای، *Tetranychus urticae* Koch، دارد (Worrall *et al.*, 2012). نتایج تحقیق Smart *et al.* (2013) روی بذرهای گوجه‌فرنگی رقم Carousel تیمار شده که با جاسمونیک اسید به مدت ۲۴ ساعت قبل از کشت نشان داد که تخم‌گذاری کنه تارتن دو لکه‌ای کاهش یافته است. نتایج بررسی اثر کود سیلیکات پتاسیم و اسید سالیسیلیک بر تراکم جمعیت شته کلم، *Brevicoryne brassicae* Linnaeus (Hemiptera: Aphididae)، و زنبور پارازیتویید، *Diaeretiella rapae* (McIntosh) (Hymenoptera: Braconidae)، روی گیاه کلزا نشان داد که تراکم جمعیت شته در گیاهان تیمارشده به طور معنی‌داری کمتر از تیمار شاهد و هم‌چنین تراکم شته‌های پارازیته در تیمارها به طور معنی‌داری بیشتر بود (Abdollahi *et al.*, 2021). تاثیر سه غلظت مختلف سیلیکات پتاسیم (۰، ۱، ۲ سی‌سی در لیتر) و اسید سالیسیلیک (۰، ۰/۲۵، ۰/۵ میلی‌مولار) به صورت جداگانه و ترکیب باهم بر تراکم جمعیت تریپس پیاز، *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae) روی برخی شاخص‌های رشد دو رقم پیاز گاردسکو و راه شیری نشان داد که تراکم جمعیت تریپس، وزن تر و خشک، غلظت کلروفیل و اثر رقم پیاز بر ارتفاع بوته همگی از نظر آماری معنی‌دار بودند (Panahandeh & Pahlavan Yali, 2022). این نتایج نشان داد که اسید سالیسیلیک و سیلیکات پتاسیم پتانسیل می‌توانند در کاهش جمعیت *T. tabaci* نقش موثری ایفا کنند. اثر تیمار اسید سالیسیلیک روی مگس میوه شرقی، *Bactrocera dorsalis* (Hendel)، در میوه انبه نشان داد که تخم‌گذاری حشرات ماده در میوه‌های تیمار شده با اسید سالیسیلیک کاهش یافت. تجزیه و تحلیل ترکیبات شیمیایی از مواد فرار میوه‌های تیمار شده با اسید سالیسیلیک و میوه های تیمار نشده توسط GC/Mass کاهش قابل توجهی را در مقدار ترکیبات مواد جلب‌کننده مگس *B. dorsalis* در میوه‌های تیمار شده نشان داد. هم‌چنین، کاهش تشکیل شفیره و ظهور حشره بالغ در میوه تیمار شده نسبت به شاهد و افزایش محتوای فنول و فلاونویید، آنزیم‌های آنتی اکسیداتیو یعنی کاتالاز، پلی فنول اکسیداز و پراکسیداز در میوه تیمار شده مشاهده شد. نتایج نشان داد که تیمار اسید سالیسیلیک می‌تواند باعث کاهش تخم‌گذاری، رشد لارو و ظهور حشرات بالغ *B.dorsalis* شده و مقاومت انبه را نسبت به حمله آفت افزایش دهد (Pagadala Damodaram *et al.*, 2015). یافته‌های این پژوهشگران در گیاهان مختلف تیمار شده با اسید جاسمونیک و اسید سالیسیلیک با نتایج این تحقیق مبنی بر کاهش جمعیت لاروی به خصوص لارو سن سوم و شفیره مگس میوه زیتون و کاهش درصد خسارت آن مطابقت دارد.

نتایج پژوهش حاضر در مورد تاثیر اسید جاسمونیک و اسید سالیسیلیک بر برخی صفات مورفولوژیک نشان داد که دوزهای مختلف هر دو اسید اثر مثبتی بر صفاتی مانند وزن، طول، چگالی و وزن گوشت میوه داشته و موجب افزایش مقادیر آن‌ها در مقایسه با شاهد شدند. در بین تیمارهای مختلف تاثیر اسید جاسمونیک ۱ میلی‌گرم بر لیتر معنی‌دار بود که این افزایش می‌تواند به دلیل اثر مثبت بر افزایش ویژگی‌های رشدی میوه باشد. محلول‌پاشی اسید جاسمونیک در سه سطح صفر، ۱۰ و ۱۰۰ میکرومولار و بستر کشت منجر به بهبود ویژگی‌هایی مانند سفتی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و فنل کل میوه توت فرنگی رقم سابرینا شد. بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی و سفتی میوه در بستر کشت ۷۵ درصد پرلیت و اسید جاسمونیک ۱۰۰ میکرومولار و بیشترین مقدار فنل کل در بستر ۲۵ درصد پرلیت و ۱۰۰ میکرو مولار اسید جاسمونیک مشاهده شد (Manda Avdi *et al.*, 2019). محلول‌پاشی گیاه دارویی آرتیشو با اسید جاسمونیک (۱۰۰ میکرو مولار) و اسید سالیسیلیک (۰/۷ میلی‌مولار) به ترتیب در شرایط تنش شوری سبب افزایش میزان وزن خشک اندام هوایی، ارتفاع بوته در محلول‌پاشی اسیدجاسمونیک ۱۰۰ میکرومولار و وزن خشک ریشه شدند (Seyedalikhani *et al.*, 2020). بررسی اثر سه غلظت ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بر خصوصیات رشدی و بیوشیمیایی زیتون رقم کنسروالیا نشان داد که با کاهش آبیاری از ۱۰۰ به ۶۶ و ۳۳ درصد تبخیر و تعرق و محلول‌پاشی با غلظت ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک سبب افزایش وزن تر و خشک ریشه، ساقه و برگ، تعداد و سطح برگ، قطر ساقه، میزان کلروفیل و پرولین در مقایسه با گیاهان تیمار نشده بود (Shafiei *et al.*, 2019). نتایج این پژوهشگران با یافته‌های این تحقیق مبنی بر تاثیر اسیدهای فوق روی ویژگی‌های رشدی گیاهان مطابقت دارد.

ارزش کیفی و اقتصادی روغن به عوامل مهمی مانند نوع و درصد ترکیبات اسیدهای چرب موجود در آن بستگی دارد. مقدار اسید اولئیک، در کیفیت و نیز ارزش بازاری این روغن نقش تعیین‌کننده دارد. بر اساس استاندارد ملی ایران، میزان اسید اولئیک در روغن زیتون ارقام مختلف باید بین ۵۳ تا ۸۳ (بر حسب درصد وزنی/ وزنی متیل استر سیس) باشد (Zinanlou *et al.*, 2014). تحقیقات نشان داده است که هر چه نسبت اسید اولئیک به لینولئیک بیشتر باشد، روغن از کیفیت مطلوب‌تری برخوردار است. مقادیر اسیدهایی مانند پالمتیک، استئاریک و لینولییک رابطه مستقیمی با دما دارد. تفاوت در ترکیب اسیدهای چرب می‌تواند به دلیل فاکتورهای مهمی مانند واریته، وضعیت اقلیمی، شرایط دمایی و رسیدگی و زمان برداشت محصول باشد. هم‌چنین روغن زیتون حاوی ترکیبات مختلف دیگری مانند استرول، فیتوسترول، کلسترول و مقدار زیادی ترپنویید می‌باشد. ترپنوییدها دارای نقش‌های مهمی شامل دفاع در برابر گیاه‌خواران و پاتوژن‌ها و ارسال سیگنال‌ها به ارگانیسم‌های مفید مانند گرده افشان‌ها و میکوریزا می‌باشند (Xu *et al.*, 2012؛ Orsavova *et al.*, 2015؛ Kycyk *et al.*, 2016). نتایج بررسی پروفایل اسیدهای چرب موجود در روغن زیتون درختان تیمار شده با اسید جاسمونیک و اسید سالیسیلیک نشان داد که مقدار اسید اولئیک و اسید لینوائیک در روغن‌های سالم (بدون آلودگی به آفت) نسبت به درختان شاهد افزایش و در روغن‌های آلوده به آفت کاهش یافته است. با توجه به زمان برداشت میوه در نیمه دوم شهریور ماه در هر دو سال آزمایش، میزان اسید اولئیک و اسید لینولئیک در محدوده نزدیک به استاندارد ملی ایران قرار داشت. نتایج دو سال آزمایش نشان میدهد که تیمار ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید بیشترین افزایش را در میزان اسید اولئیک داشته و پس از آن تیمار ۲ میلی‌گرم بر لیتر اسید جاسمونیک نسبت به شاهد درصد اسید اولئیک بیشتری را تولید کردند. هم‌چنین تیمار اسید جاسمونیک ۲ میلی‌گرم بر لیتر بالاترین میزان اسید لینولئیک و اسکوالین و پس از آن تیمار اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار در مقایسه با شاهد تولید کردند. بیشترین کاهش در میزان اسید پالمیتیک به عنوان مهم‌ترین اسید چرب اشباع در تیمار ۲ میلی‌گرم بر لیتر اسید جاسمونیک و پس از آن تیمار اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار بیشترین تاثیر را در کاهش مقدار آن نسبت به تیمار شاهد داشتند. Bendini *et al.* (2008) تاثیر خسارت مگس زیتون روی کیفیت روغن دو رقم زیتون مورد بررسی قرار دادند و مشخص شد برخی از صفات ژنتیکی ارقام مانند نسبت

گوشت به میوه، زمان رسیدن میوه و نسبت اسید اولئیک به اسید لینولئیک با افزایش میزان آلودگی به مگس میوه زیتون، باعث تغییر درکیفیت روغن زیتون حاصل از زیتون‌های خسارت دیده شدند. Golmohammadi *et al.* (2013) در بررسی تعیین مناسب‌ترین زمان برداشت میوه زیتون بر اساس کیفیت و کمیت روغن در طول رشد میوه‌های آلوده به لارو مگس میوه زیتون گزارش کردند که مقدار اسید اولئیک در میوه‌های سالم زیتون بیشتر و در میوه‌های آلوده کمتر بود، اما این کاهش در مقدار اسید اولئیک خارج از حد استاندارد تعریف شده نبوده است. نتایج اثر محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک (۰، ۰/۱ و ۰/۲ گرم در لیتر) روی بوته های آفتابگردان در ۳ مرحله (دو بار قبل از گلدهی و یک بار پس از گلدهی) بر کیفیت روغن خوراکی و ترکیب اسیدهای چرب دانه‌های حاصل از نواحی مختلف طبق (منطقه مرکزی، میانی و بیرونی) نشان داد که اسید سالیسیلیک موجب افزایش مقدار روغن و اسیدهای چرب غیر اشباع، کاهش اسیدهای چرب اشباع شده، افزایش کیفیت دانه‌ها و افزایش مقدار اسید لینولییک نسبت به اسید اولییک در غلظت ۰/۲ گرم در لیتر شد (Khani Basiri *et al.*, 2017). بررسی محلول‌پاشی با اسید جاسمونیک و اسید آسکوربیک تحت رژیم‌های کم آبیاری بر برخی از صفات رشدی و عملکردی ژنوتیپ‌های گلرنگ با سه سطح شامل (۰، ۰/۵ میلی‌مولار اسید جاسمونیک و ۲۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک) نشان داد که اسید جاسمونیک و اسید آسکوربیک موجب افزایش عملکرد دانه، درصد روغن، محتوای اسید لینولئیک و اسید اولئیک و موجب کاهش اسید پالمتیک و اسید استئاریک می‌گردد (Mohtashami & Tadayon, 2020) که نتایج فوق با یافته‌های این پژوهش مبنی بر تاثیر محلول‌پاشی اسید جاسمونیک و اسید سالیسیلیک بر افزایش مقادیر اسیدهای چرب غیر اشباع اولئیک و لینولئیک و کاهش اسیدهای چرب اشباع در مقایسه با تیمار شاهد مطابقت دارد.

نتایج به‌دست آمده از این تحقیق نشان داد که بیشترین مقدار کلروفیل کل در تیمار اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار و پس از آن به ترتیب اسید جاسمونیک ۲ میلی‌گرم بر لیتر، اسید جاسمونیک ۱ میلی‌گرم بر لیتر و اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار بیشترین افزایش را نسبت به شاهد داشتند. بالاترین میزان کاروتنوئید کل در تیمار اسید جاسمونیک ۱ میلی‌گرم در لیتر و پس از آن تیمارهای اسید جاسمونیک ۲ میلی‌گرم در لیتر، اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار و اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار به ترتیب بیشترین افزایش را نسبت به تیمار شاهد نشان دادند. بیشترین میزان فنول کل در تیمار اسید جاسمونیک ۲ میلی‌گرم بر لیتر و پس از آن به ترتیب اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار، اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار و اسید جاسمونیک ۱ میلی‌گرم بر لیتر میزان فنول کل را نسبت به تیمار شاهد افزایش دادند. نتایج محلول‌پاشی درختان بالغ انبه با اسید سالیسیلیک موجب افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی و کارایی فتوسیستم دو و در نتیجه افزایش تثبیت دی اکسیدکربن شود (Ahmed *et al.*, 2015). تاثیر استفاده قبل از برداشت اسید سالیسیلیک بر ویژگی‌های کیفی و فعالیت ضد اکسایشی در دو رقم زردآلو شکرپاره و شاملو با غلظت‌های صفر، ۱/۵، ۳ و ۴/۵ میلی‌مولار نشان داد که با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک در هر دو رقم مقدارسفتی بافت میوه، اسیدیته قابل تیتراسیون، فنل و فلاونویید کل افزایش می‌یابد (Sartip & Hajilou, 2016). نتایج اثر محلول‌پاشی اسید جاسمونیک (صفر، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر) بر برخی صفات مورفو-فیزیولوژیکی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و عملکرد اسانس مریم‌گلی، *Salvia officinalis* Linnaeus، تحت تنش خشکی (آبیاری در حد ظرفیت زراعی، تخلیه ۵۰ و ۷۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی) نشان داد که محلول‌پاشی با غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم اسید جاسمونیک در شرایط تنش خشکی ارتفاع، وزن تر و خشک گیاه، محتوای نسبی آب برگ، کلروفیل a و b، مقدار فنول کل، عملکرد اسانس، غلظت پرولین و فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و گایاکول پراکسیداز در گیاهان را افزایش داد (Mazarie *et al.*, 2019). Chaman *et al.* (2003) گزارش دادند که فنل موجود در گیاه روی تولید مثل شته‌ها تاثیر منفی داشته است. کاربرد خارجی جاسمونات، منجر به فعال‌سازی آنزیم پلی فنل اکسیداز در بسیاری از گیاهان می‌شود (Zhao *et al.*, 2009؛ Gould *et al.*, 2009). فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز با دفاع گیاهان در مقابله با حمله حشرات مرتبط است (Zhang *et al.*, 2008) که نتایج این محققان با مشاهدات به‌دست آمده از این پژوهش و تاثیر این دو اسید افزایش بر کلروفیل، کاروتنویید و فنول مطابقت دارد.

بر اساس نتایج این پژوهش، کاربرد اسیدهای جاسمونیک و سالیسیلیک باعث افزایش برخی خصوصیات مورفولوژیکی میوه زیتون و افزایش ترکیبات شیمیایی موجود در روغن آن مانند اسید اولئیک، اسید لینولئیک، کلروفیل، کاروتنویید و به ویژه فنول در مقایسه با تیمارهای شاهد شده و می‌توانند با القای مقاومت از نوع آنتی‌بیوزی در کاهش جمعیت و خسارت مگس میوه زیتون موثر بوده و در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفت استفاده شوند.

سپاسگزاری

از جناب آقای مهندس کمالی کارشناس آزمایشگاه مرکزی دانشگاه اردبیل، برای کمک و راهنمایی، هم‌چنین از جناب آقای دکتر جوادی رییس ایستگاه تحقیقات زیتون شهرستان رودبار و همکاران ارجمندشان، برای مساعدت بیدریغشان و نیز در اختیار قرار دادن امکانات لازم جهت انجام این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌شود.

REFERENCES

Abdollahi, R., Yarahmadi, F. & Zandi-Sohani, N. (2021) Impact of silicon-based fertilizer and salicylic acid on the population density of *Brevicoryn brassicae* (Hemiptera: Aphididae) and its parasitism by *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of Crop protection* 10, 473-482. https://dorl.net/dor/20.1001.1.22519041.2021.10.3.5.3

Aerts, R., Gisi, D., De Carolis, E., De Luca, V. & Baumann, T. W. (1994) Methyl jasmonate vapor increases the developmentally controlled synthesis of alkaloids in Catharanthus and Cinchona seedlings. *The Plant Journal* 5, 635–643. https://doi.org/10.1111/j.1365-313x.1994.00635.x

Ahmed, F. F., Mansour, A. E. M. & Merwad, M. A. (2015) Physiological studies on the effect of spraying salicylic acid on fruiting of sukkary mango trees. *International Journal of ChemTech Research*, 8, 2142-2149. https://sphinxsai.com/2015/ch_vol8_no4/4/(2142-2149)V8N4.pdf

Al-Hakimi, A. M. A. (2008) Effect of salicylic acid on biochemical changes in wheat plants under khat leaves residues. *Plant Soil Environment*, 54, 288 -293. https://doi.org/10.17221/418-pse

Anonymous. (2023) Agricultural statistics, third volume of horticultural, mushroom and greenhouse products, Ministry of Jihad Agriculture, 400 pp. https://maj.ir/page-amar/FA/65/form/pId3354

Baiano, A., Terracone, C., Viggiani, I. & Del Nobile, M. A. (2013) Effect of cultivars and location on quality, phenolic content and antioxidant activity of extra-virgin olive oil. *The Journal of the American Oil Chemists' Society* 90, 103-111. https://doi.org/10.1007/s11746-012-2141-8

Baldwin, I. T., Schmetz, E. A. & Ohnmeriss, T. E. (1994) Wound induced changes in root and shoot jasmonic acid pools correlate with induced nicotine synthesis in Nicotiana sylvestris. *Journal of Chemical Ecology* 20, 2139–2158. https://doi.org/10.1007/bf02066250

Basilios, E. M., Mazomenos, A. P. & Stefanou, D. (2002) Attract and kill of the olive fruit fly *Bactrocera oleae* in Greece as a part of an integrated control system. *International Organisation for Biological and Integrated Control West Palaearctic Regional Section Bulletin*, 25, 1-11. https://researchgate.net/publication/238087734

Bendini, A., Cerretani, L., Cichelli, A. & Lercker, G. (2008) Effect of *Bactrocera Oleae* infestation on the aromatic profile of virgin olive oils. *Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse* 85(3), 167-177. https://researchgate.net/publication/283774227_

Bergen, K. M. (2008) The effects of bacterial and jasmonic acid treatments on insects of canola. Master Thesis. *The University of Manitoba, Canada*. https://mspace.lib.umanitoba.ca/items/5c5ea0d0-3b8b-4390-9964-7713614c2244

Caleca, V. & Rizzo, R. (2006) Effectiveness of c lays and copper products in the control of *Bactrocera oleae* (Gmelin). In Proceedings of Olivebioteq, *Second International Seminar Biotechnology and quality of olive tree products around the Mediterranean Basin*. 5-10 November, Italy, pp. 275-282. https://researchgate.net/publication/279641760

Chaman, M. E., Copaja, S. V. & Agrandona, V. H. (2003) Relationships between salicylic acid content, phenylalanine ammonia-lyase (PAL) activity, and resistance of barley to aphid infestation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51, 2227–2231. https://doi.org/10.1021/jf020953b

Creelman, R. A. & Mullet, J. E. (1997) Biosynthesis and action of jasmonates in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 48, 355–381. https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.48.1.355

Deng, F. (2005) Effects of glyphosate, chlorsulfuron, and methyl jasmonate on growth and alkaloid biosynthesis of jimsonweed (*Datura stramonium* L.). *Pesticide Biochemistry and Physiology* 82, 16–26. https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2004.09.007

El-Sayed, O. M., El-Gammal, O. H. M. & Salama, A. S. M. (2014) Effect of ascorbic acid, proline and jasmonic acid foliar sprying onfruit set and yield of Manzanillo olive trees under salt stress. *Scientia Horticulturae* 176, 32-37. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.05.031

El-Sherbeni, A. H., Khaleid, M. S., El All AbdAllah, S. A. & Mohammed Ali, O. S. (2019) Effect of some insecticides alone and in combination with salicylic acid against aphid, *Aphis gossypii*, and whitefly *Bemisia tabaci* on the cotton field. *Bulletin of the National Research Centre* 43, 57. https://doi.org/10.1186/s42269-019-0103-0

Elson-Harris, M. & White, I. (1992) Fruit flies of economic significance: their identification and bionomics. *Centre for Agriculture and Bioscience International* 601 pp. https://doi.org/10.1079/9780851987903.0000

Folin, O. & Ciocalteau, V. (1927) Tyrosine and tryptophane in proteins. *Journal of Biological Chemistry* 73(2), 627–648. https://doi.org/10.1016/S0021-9258(18)84277-6

Golmohammadi, M. F., Khalkhani, J., Nejatian, M. A., Shariati, F. & Nouri, H. (2013) Determining the most suitable time to harvest olive fruit based on the quality and quantity of oil during the growth of fruits infected with olive fly larvae. The final report of the research project, Organization for Research, *Education and Promotion of Agriculture, Registration* 41589, 51 pp. https://atic.razi.ac.ir/article_2343_ffd91343acd54959bdb44457f485057e.pdf

Gould, N., Reglinski, T., Northcott, G. L., Spiers, M. & Taylor, J. T. (2009) Physiological and biochemical responses in Pinus radiata seedlings associated with methyl jasmonate-induced resistance to *Diplodia pinea*. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 74, 121–128. https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2009.10.002

Jafari, Y. & Rezaei, V. (2004) The first report of the arrival of the olive fruit fly in the country. *Newsletter of the Iranian Entomologist Association*, first year 22, 1. (in Farsi). https://entsoc.areeo.ac.ir/_entsoc1/Documents/ESI-Newsletter-22_20230514_100527.pdf

Kawazu, K., Mochizuki, A., Sugeno, W., Seo, S. & Mitsuhara, I. (2013) Differences in the susceptibility of five herbivore species and developmental stages to tomato resistance induced by methyl jasmonate treatment. *Arthropod-Plant Interactions* 7, 415–422. https://doi.org/10.1007/s11829-013-9257-0

Kessler, A. & Baldwin, I. T. (2002) Plant responses to insect herbivory: the emerging molecular analysis. *Annual Review of Plant Biology* 53, 299–328. https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.53.100301.135207

Khaleghi, E., Arzani, K., Moallemi, N. & Barzegar, M. (2015) The efficacy of kaolin particle film on oil quality indices of olive trees (*Olea europaea* L.) cv. 'Zard' grown under warm and semi-arid region of Iran. *Food Chemistry* 166, 35-41. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.06.006

Khani Basiri, H., Sedghi, H. M. & Seyed Sharifi, R. (2017) Effect of salicylic acid on the quality of edible oil and fatty acids composition in different regions of sunflower (*Helianthus annuus* L.) heads. *Iranian Journal of Plant Physiology* 8. https://ijpp.saveh.iau.ir/article_539072_e1a41960b8b19e2f2abf0c973ac96460.pdf

Klessig, D. F., Choi, H. W. & Dempsey, D. M. A. (2018) Systemic acquired resistance and salicylic acid: Past, present, and future. *Molecular Plant -Microbe Interactions* 31, 871 -888. https://doi.org/10.1094/mpmi-03-18-0067-cr

Kyçyk, O., Aguilera, M. P., Gaforio, J. J., Jimenez, A. & Beltran, G. (2016) Sterol composition of virgin olive oil of forty-three olive cultivars from the world collection olive germplasm bank of Cordoba. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 96(12), 4143-4150. https://doi.org/10.1002/jsfa.7616

Mahmoud M. F. & Osman, M. A. M. (2015) Management of Cabbage Aphid, *Brevicoryne brassicae* L. on Canola Crop Using Neonicotinoids Seed Treatment and Salicylic Acid. *Journal of Phytopathology and Pest Management* 2(3), 9-17. https://core.ac.uk/download/pdf/267929643.pdf

Manda Avdi, K., Farokhzad A. & Noruzi P. (2019) Effect of culture media combination and and foliar spray with jasmonic acid on antioxidant activity and some biochemical properties of strawberry fruits (Fragaria × ananassa cv. Sabrina). 11th Iranian Horticultural Science Congress. https://hsc.areeo.ac.ir/article_52888.html

Mazarie, A., Mousavi-nik, S., Ghanbari, M. A. & Fahmideh, L. (2019) Effects of spraying jasmonic acid on some morpho-physiological traits, antioxidant enzymes activity and essential oil yield of *Salvia officinalis* L. under drought stress. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 35. https://doi.org/10.22092/ijmapr.2019.120740.226

Minguez-Mosquera, M. I., Rejano, L., Gandul, B., Sanchez, A. H. & Garrido, J. (1991). Color pigment correlation in virgin olive oil. *The Journal of the American Oil Chemists' Society* 68, 332-336. https://doi.org/10.1007/BF02657688

Mohsenin, N. N. (1978) Physical properties of plant and animal materials. New York: Gordon & Breach. https://doi.org/10.4324/9781003062325

Mohtashami, F. & Tadayon, M. R. (2020) Evaluation of the effect of jasmonic acid and ascorbic acid on some morphophysiological traits of safflower genotypes Under deficit irrigation regimes. *Journal of Plant Physiology* 9. https://jispp.iut.ac.ir/browse.php?a_id=1045&sid=1&slc_lang=fa

Nayebzadeh, A., Sharifi-Sirchi, G. R. & Ahmadi, K. (2016) Resistance induction to green peach aphid (*Myzus persicae*) in broad been by salicylic acid and β-aminobutyric acid. *Journal of Applied Entomology and Phytopathology* 84(1), 13-20. http://dx.doi.org/10.22092/jaep.2016.106534

Nikzad, N., Sahari, M. A., Ghavami M, Piravi Vanak, Z., Hoseini, S. E., Safafar, H. & Boland Nazar, S. A. (2013) Physico-chemical properties and nutritional indexes of cultivars during table olive processing. *Journal of Food Science and Technology* 39. (in Farsi). https://fsct.modares.ac.ir/article-7-3995-fa.html

Orsavova, J., Misurcova, L., Ambrozova, J. V., Vicha, R. & Mlcek, J. (2015) Fatty acids composition of vegetable oils and its contributionto dietary energy intake and dependence of cardiovascular mortality on dietary intake of fatty acids. *International Journal of Molecular Sciences* 16, 12871-12890. https://doi.org/10.3390/ijms160612871

Pagadala Damodaram, K. J., Mahadappa Aurade, R., Kempraj, V., Kumar Roy, T., Seetharamaiah Shivashankara, K. & Verghese, A. (2015) Salicylic Acid Induces Changes in Mango Fruit that Affect Oviposition Behavior and Development of the Oriental Fruit Fly, *Bactrocera dorsalis*. *Public Library of Science ONE.* https://doi:10.1371/journal.pone.0139124

Panahandeh S. & Pahlavan Yali, M. (2022) Potassium silicate and salicylic acid effects on onion thrips population density and some growth indices of onion cultivars. *Agriculture, Environment & Society* 2, 25-30. http://dx.doi.org/10.22034/aes.2022.336201.1030

Popova, L., Ananieva, V., Hristova, V., Christov, K., Geovgieva, K., Alexieva, V. & Stoinova, Z. (2003) Salicylic acid and methyl jasmonate-induced protection on photosynthesis to paraquat oxidative stress. *Bulgarian Journal of Plant Physiology* 133-152. http://bio21.bas.bg/ipp/gapbfiles/essa-03/03_essa_133-152.pdf

Qaiser, H., Shamsul, H., Mohd, I. & Aqil, A. (2010) Effect of exogenous salicylic acid under changing environment. *Environmental and Experimental Botany* 68, 14-25. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2009.08.005

Sartip, G. & Hajilou, J. (2016) Effects of Preharvest Application of Salicylic Acid on Qualitative Traits and Antioxidant Activity of Two Apricot Cultivars. *Journal of Plant Production Technology* 16(2). https://doi.org/10.22084/ppt.2016.1852

SAS Institute Inc. (2002) SAS/STAT user's guide. Version 9.4. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina. https://doi.org/10.1017/cbo9780511804786.002

Savage, G. P. & McNeil, D. L. (1998) Chemical composition of Hazelnuts (*Corylus avellana* L.) grown in New Zealand. *Food Science and Technology* 49, 199-203. https://doi.org/10.3109/09637489809086412

Seyedalikhani S. N., Pazoki A. R. & Sadeghipour, O. (2020) The effect of salicylic acid and jasmonic acid foliar application on some morphological traits of artichoke (*Cynara scolymus* L.) under salt stress conditions. *Agricultural Research Journal* 13. https://magiran.com/p2501135

Scott, M. I., Thaler, S. J. & Scott, G. F. (2010) Response of a generalist herbivore *Trichoplusia ni* to jasmonate-mediated induced defense in tomato. *Journal of Chemical Ecology* 36, 490-499. https://doi.org/10.1007/s10886-010-9780-8

Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, E. & Dixon, K. (2000) Acetyl salicylic acid (asprin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regulator Figure* 130, 157 -161. https://doi.org/10.1023/a:1006386800974

Senthil-Nathan, S., Kalaivani, K., Choi, M. Y. & Paik, C. H. (2009) Effects of jasmonic acid induced resistance in rice on the plant brownhopper, *Nilaparvata lugens* Stal (Homoptera: Delphacidae). *Pesticide Biochemistry and Physiology* 95, 77- 84. https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2009.07.001

Shafiei N., Khaleghi, E. & Moallemi, N. (2019) Effect of Salicylic Acid on Some Morphological and Biochemical Characteristics of Olive (Olea europaea cv. 'Konservalia') Under Water Stress. *Plant Productions* 42. https://doi.org/10.22055/ppd.2019.22031.1477

Sharaf, N. S. (1980) Life history of the olive fruit fly, *Dacus oleae* Gmel. (Diptera: Tephritidae), and its damage to olive fruits in Tripolitania. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* 89, 390-400. https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1980.tb03480.x

Sime, K. R., Daane, K. M., Messing, R. H. & Johnson, M. W. (2006) Comparison of two laboratory cultures of *Psyttalia concolor* (Hymenoptera: Braconidae), as a parasitoid of the olive fruit fly. *Biological Control* 39, 248-255. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2006.06.007

Smart, L. E., Martin, J. L., Limpalaer, M., Bruce, T. J. A. & Pickett, J. A. (2013) Responses of Herbivore and Predatory Mites to Tomato Plants Exposed to Jasmonic Acid Seed Treatment. *Journal of Chemical Ecology* 39, 1297–1300. https://doi.org/10.1007/s10886-013-0345-5

Taami, J., Dolatti, L. & Shekari, F. (2015) The effect of methyl jasmonate in antibiosis resistance of wheat to the Russian wheat aphid. *Plant Pests Research* 5(2), 13-23. (in Farsi). https://researchgate.net/publication/281937018_athr_mtyl_jasmwnat_dr_mqawmt_anty_bywzy_gndm_bh_shth_rwsy_gndm

Tsitsipis, J. A. (1977) An improved method for the mass rearing of the olive fruit fly, *Dacus oleae* (Gmel.) (Diptera: Tephritidae). *Journal of Applied Entomology* 83, 419-426. https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1977.tb02419.x

Tsitsipis, J. A. (1980) Effect of Constant Temperatures on Larval and Pupal Development of Olive Fruit Flies Reared on Artificial Diet. *Environmental Entomology* 9, 764–768. https://doi.org/10.1093/ee/9.6.764

Wasternack, C. (2007) Jasmonates: an update on biosynthesis, signal transduction and action in plant stress response, growth and development. *Annals of Botany* 100, 681–697. https://doi.org/10.1093/aob/mcm079

Worrall, D., Holroyd, G. H., Moore, J. P., Glowacz, M., Croft, P., Taylor, J. E., Paul, N. D. & Roberts, M. R. (2012) Treating seeds with activators of plant defense generates long-lasting priming of resistance to pests and pathogens. *New Phytologist* 193, 770-778. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2011.03987.x

Yu-Yan, G., Li-Qing, D., Ai-Qing, W., Rui-Juan, C. & Yuan-song, Q. (2010) Effects of exogenous jasmonic acid-induced resistance of wolfberry on the development and fecundity of the wolfberry aphid, *Aphis* sp. (In Chinese with English abstract.)., 53, 670-674. http://insect.org.cn/EN/Y2010/V53/I6/670

Xu, Z., Harvey, K. A., Pavlina, T., Dutot, G., Hise, M., Zaloga, G. P. & Siddiqui, R. A. (2012) Steroidal compounds in commercial parenteral lipid emulsions. *Nutrients* 4, 904-921. https://doi.org/10.3390/nu4080904

Zhang, Y., Chen, K., Zhang, S. & Ferguson, I. (2003) The role of salicylic acid in postharvest ripening of kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology* 28, 67-74. https://doi.org/10.1016/s0925-5214(02)00172-2

Zhang, S. Z., Hau, B. Z. & Zhang, F. (2008) Induction of the activities of antioxidative enzymes and the levels of malondialdehyde in cucumber seedlings as a consequence of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) infestation. *Arthropod-Plant Interactions* 2, 209-213. https://doi.org/10.1007/s11829-008-9044-5

Zhao, L. Y., Chen, J. L., Cheng, D. F., Sun, J. R., Liu, Y. & Tian, Z. (2009) Biochemical and molecular characterizations of Sitobion avenae-induced wheat defense responses. *Crop Protection* 28, 435-442. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2009.01.005

Zinanlou, A. A., Arji, I., Taslimpour, M. R., Ramezani Malek Roudi, M. & Azimi, M. (2014) The effect of cultivar and climatic conditions on the fatty acid composition of olive oil. *Horticultural Sciences of Iran* 46. https://doi.org/10.22059/ijhs.2015.54619

The effect of some plant hormones on the secondary metabolites of olive fruit and olive fruit fly damage, *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae)

Haleh Fardmasoud[1], **Jabraeil Razmjou**[1], **Bahram Naseri**[1] & **Mohammadreza Abbasi Mojdehi**[2]

1 Department of Plant Protection, Faculty of Agricultural Sciences & Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

✉ fardmasoud.h@gmail.com https://orcid.org/0009-0006-4081-0675
✉ razmjou@uma.ac.ir https://orcid.org/0000-0003-0948-8279
✉ bnaseri@uma.ac.ir https://orcid.org/0000-0001-5821-0957

2 Plant Protection Research Department, Guilan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Rasht, Iran

✉ mozhdehi.185@gmail.com https://orcid.org/0000-0001-5310-0214

Article History
Received: 13 October 2023 | *Accepted:* 22 February 2024 | Subject Editor: Fatemeh Yarahmadi

Abstract
The olive fruit fly, *Bactrocera oleae* Rossi, is an important monophagous and multigenerational pest of olive fruit. Considering the damage caused by this pest, in this research, the effect of some plant hormones to reduce the pest population on Fishmi variety was investigated in the form of a complete randomized block design during the years 2021 and 2022. Trees were sprayed with jasmonic acid (1 and 2 mg/liter), salicylic (1 and 2 mM) two times before flowering and fruit growth. The results of investigating the density of different immature growth stages of this pest (eggs, first-instar, second-instar, third-instar larvae and pupae) in two years of the experiment showed that the effect of the year was significant only in the egg trait, and the effect of the treatment in other traits with significant differences (except the eggs and larvae of the first ages) were at the probability level of one percent. Examining the morphological characteristics of the fruit showed that the effect of the treatment on the length, weight, volume, density and weight of the flesh of the fruit; And the effect of the treatment in the year, only in the length and width of the fruit and kernel, and the kernel weight were significant at the probability level of 1%. Therefore, jasmonic acid and salicylic acid compounds can disrupt the life cycle and reduce pest damage by affecting some morphological traits and increasing the amounts of secondary metabolites of the fruit, by creating antibiosis resistance.

Keywords: Jasmonic acid, native variety, olive fruit fly, salicylic acid, secondary metabolites

Corresponding Author: Jabraeil Razmjou (E-mail: razmjou@uma.ac.ir)

Citation: Fardmasoud, H., Razmjou, J., Naseri, B. & Mozhdehi, M. (2024) The effect of some plant hormones on the secondary metabolites of olive fruit and olive fruit fly damage, *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae. J. Entomol. Soc. Iran 44 (1), 55–73. https://doi.org.10.61186/jesi.44.1.5