



علمی پژوهشی

اثرهای کشندگی و زیر کشندگی اسانس‌های درمنه‌ی خراسانی (*Artemisia khorassanica*)، زیره‌ی سیاه (*Carum carvi*) و فلفل سیاه (*Piper nigrum*) روی بید سیب‌زمینی، *Phthorimaea operculella*

معصومه ندائی^{۱*}، قدیر نوری قنبلانی^۱، هوشنگ رفیعی دستجردی^۱ و عسگر عباداللهی^۲

۱- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، ۲- گروه علوم گیاهی،

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مغان، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۷/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۱۱)

چکیده

در تحقیق حاضر اثرهای کشندگی و زیر کشندگی اسانس‌های گیاهان درمنه‌ی خراسانی، زیره‌ی سیاه و فلفل سیاه روی تعدادی از پراسنجه‌های بید سیب‌زمینی ارزیابی شد. غلظت‌های کشنده‌ی (LC₅₀) اسانس‌ها روی حشره‌ی کامل آفت تعیین شدند. غلظت‌های زیر کشنده‌ی (LC₂₀) اسانس‌ها موجب کاهش مقدار امید به زندگی (e_x) و ایجاد تغییرات متفاوتی در نرخ زنده‌مانی (l_x) و نرخ تولیدمثلی (v_x) نسبت به شاهد شدند. اسانس درمنه‌ی خراسانی نسبت به دو اسانس دیگر به‌طور معنی‌داری باعث کاهش مقدارهای پراسنجه‌های رشد جمعیت مانند نرخ ناخالص تولیدمثل (GRR)، نرخ خالص تولیدمثل (R_0)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r)، نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) و افزایش در میانگین مدت زمان طول یک نسل (T) شد. اسانس درمنه‌ی خراسانی بیشترین تأثیر را روی پراسنجه‌های زیستی مانند طول دوره‌های لاروی، مراحل نابالغ، طول عمر ماده، تعداد تخم‌های گذاشته شده و درصد تفریح آن‌ها داشت. اسانس درمنه‌ی خراسانی باعث کاهش معنی‌داری در مقادیر ذخایر پروتئین ($489/2 \pm 20/86$ میکروگرم بر شفییره)، لیپید ($812/4 \pm 48/70$ میکروگرم بر شفییره) و گلیکوژن ($96/4 \pm 5/51$ میکروگرم بر شفییره) شفییره‌ها در مقایسه با شاهد (به ترتیب $28/38 \pm 606/8$ ، $54/97 \pm 941/8$ و $150/4 \pm 15/09$ میکروگرم بر شفییره) شد. بررسی اجزای شیمیایی اسانس‌ها نشان داد که ترکیبات کامفور و ۸،۱-سینثول در درمنه‌ی خراسانی و ۲-متیل-۳-فنیل پروپان در زیره‌ی سیاه و فلفل سیاه بیشترین مقدار را داشتند. با توجه به اثرهای کشندگی و زیر کشندگی اسانس‌ها روی بید سیب‌زمینی، انجام تحقیقات تکمیلی جهت مدیریت آفت پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اسانس‌های گیاهی، اثرهای کشندگی، زیر کشندگی، بید سیب‌زمینی

مقدمه

بید سیب‌زمینی، (Zeller) (Lep.: Gelechiidae) *Phthorimaea operculella* از مخرب‌ترین آفات سیب‌زمینی در انبار و مزرعه می‌باشد. لاروهای این حشره در طول فصل رشد با ایجاد سوراخ در برگ و با ظهور لکه‌های سفید و روشن به برگ‌های سیب‌زمینی خسارت می‌زنند و با تغذیه از دمبرگ‌ها و ساقه‌های سیب‌زمینی سبب خشک شدن آن‌ها می‌شوند. تغذیه اصلی لاروها از غده‌های سیب‌زمینی می‌باشد که پس از ورود به غده با تغذیه از بافت داخل غده‌ها، دالان‌هایی در داخل آن ایجاد می‌کند. انباشته شدن فضولات لاروی داخل غده‌ها نیز شرایط ورود بیمارگرها را فراهم می‌کند و به این ترتیب میزان خسارت وارده تشدید می‌شود (Horgan et al., 2007; Rondon, 2010; Vaneva-Gancheva and Dimitrov, 2013). با وجود این که کنترل شیمیایی روش اصلی کنترل بید سیب‌زمینی محسوب می‌شود، ولی مشکلات جانبی ناشی از کاربرد آفت‌کش‌های شیمیایی از قبیل آلودگی محیط زیست، تهدید سلامتی انسان و مقاوم شدن آفات، استفاده از روش‌های جایگزین کم‌خطر را ضروری ساخته است (Mohammad et al., 2000; Dograma and Tinge, 2008).

اسانس‌های گیاهی به‌عنوان متابولیت‌های ثانویه می‌توانند شامل صدها ترکیب مختلف باشند که اغلب دارای ساختار ایزوپرنوئیدی^۱ با ۱۰ (مونوترپن‌ها^۲)، ۱۵ (سسکوئینی‌ترین‌ها^۳) و یا ۲۰ اتم کربن (دی‌ترین‌ها^۴) هستند (Regnault-Rager et al., 2012). در سال‌های اخیر، اسانس‌های گیاهی به خاطر داشتن اثرهای زیستی گوناگونی از قبیل خواص ضد باکتریایی، ضد قارچی، آنتی‌اکسیدانتی و حشره‌کشی کاربردهای گسترده‌ای پیدا کرده‌اند (Isman, 2006; Isman and Grieneisen, 2014). حساسیت بید سیب‌زمینی به اسانس‌های گیاهی در برخی از پژوهش‌های

اخیر گزارش شدند. برای مثال، اثرهای حشره‌کشی اسانس مرزنجوش (*Majorana Hortensis* L.) روی مراحل مختلف زیستی بید سیب‌زمینی، به‌صورت ایجاد لاروهای بدشکل و افزایش معنی‌دار محتوای پروتئین و تری‌آسیل گلیسرول^۵ لاروها گزارش شدند (Abd El-Aziz, 2011). رفیعی‌دستجردی و همکاران (Rafiee-Dastjerdi et al., 2013) اثر اسانس اسطوخودوس (*Lavandula stoechas* L.) را روی بید سیب‌زمینی ارزیابی کرده و نشان دادند که فقط ۱۹/۳ درصد از لاروهای سن اول توانستند به غده‌های سیب‌زمینی آغشته شده با اسانس نفوذ کنند و بقیه‌ی آن‌ها تلف شدند. در تحقیقی دیگر، سمیت تدخینی بالای اسانس سرو (*Juniperus foetidissima* Willd) روی مراحل تخم، شفیره و حشره‌ی کامل بید سیب‌زمینی به‌ترتیب با غلظت‌های کشنده‌ی پنجاه درصد ۲/۹۰، ۴/۹۷ و ۰/۳۰ میکرولیتر بر لیتر گزارش شدند (Tayoub et al., 2019).

پراسنجه‌های جدول زندگی، به‌خصوص نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) عوامل مهمی هستند که در ارزیابی سطح مقاومت گیاه به حشرات مورد استفاده قرار می‌گیرند (Zeinalzadeh et al., 2016). جدول زندگی پایه‌ی پژوهش‌های تجزیه و تحلیل کمی جمعیت و بررسی زیست‌شناسی حشرات بوده و با استفاده از آن، پراسنجه‌هایی نظیر دوره‌ی رشد، پراسنجه‌های زیستی مختلف، نرخ زنده‌مانی هر مرحله‌ی رشد، طول عمر حشرات و میزان باروری روزانه‌ی ماده‌ها ثبت می‌شود و از داده‌های به‌دست آمده به منظور مقایسه‌ی اثرهای سمی حشره‌کش‌های مصنوعی و حشره‌کش‌های با منشأ گیاهی استفاده می‌شود (Liedo et al., 1994; Ebadollahi and Mahdavi, 2019). اندازه‌ی بدن پراسنجه‌ی مهمی است که برخی از خصوصیات حیاتی حشره از قبیل زنده‌مانی، افزایش باروری، موفقیت در جفت‌گیری و مقاومت در برابر تنش‌های محیطی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بین اندازه‌ی بدن حشره، وزن و اندوخته‌ی غذایی نوعی همبستگی مستقیم وجود دارد که میزان منابع پروتئینی و ذخایر انرژی

1. Isoprenoides

2. Monoterpene

3. Sesquiterpene

4. Diterpene

5. Triacylglycerole

از نوع HP-5MS انجام گرفت. دمای محفظه تزریق ۲۸۰ درجه‌ی سلیسیوس بود و برنامه دمایی ستون از ۶۰ تا ۳۵۰ درجه‌ی سلیسیوس تنظیم شدند. از گاز هلیوم^۲ (۹۹/۹۹۹ درصد) به‌عنوان گاز حامل به میزان یک میلی‌لیتر در هر دقیقه استفاده شد. شناسایی ترکیبات با مقایسه پیک‌های هر نمونه در زمان‌های بازداری (Retention Time) مختلف با پیک‌های موجود در کتابخانه دستگاه (NIST: National Institute of Standards Technology) انجام گرفت (Adams, 2001).

پرورش بید سیب‌زمینی

بید سیب‌زمینی از آزمایشگاه تحصیلات تکمیلی گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه محقق اردبیلی تهیه شد و در دمای $2 \pm$ ۲۵ درجه‌ی سلیسیوس، رطوبت نسبی 5 ± 65 درصد و دوره‌ی نوری ۱۲ ساعت تاریکی و ۱۲ ساعت روشنایی نگهداری شد (Symington, 2003). برای پرورش جمعیت مورد نیاز بید سیب‌زمینی از ظرف پلاستیکی نیمه‌شفاف به ابعاد $9 \times 17 \times 24$ سانتی‌متر استفاده شد. کف این ظرف‌ها جهت ایجاد بستر مناسب برای ظهور مرحله‌ی سفیرگی با لایه‌ی نازکی از خاک سترون پوشانده شد. داخل هر ظرف پرورش تعداد هشت غده‌ی سیب‌زمینی با اندازه‌ی متوسط قرار داده شد و در هر ظرف ۱۵ جفت (نر و ماده) حشرات کامل بید سیب‌زمینی رهاسازی شدند. به‌منظور تغذیه‌ی حشرات کامل از محلول آب و عسل ۱۰ درصد استفاده شد. برای تأمین تهویه، در قسمت درب ظرف‌های پرورش دریچه‌ای به اندازه 10×15 سانتی‌متر ایجاد و با پارچه‌ی توری ۵۰ مش پوشانده شد. به‌منظور تخم‌گیری، حشرات کامل نر و ماده‌ی تازه‌ظهور به داخل ظروف پلاستیکی شفاف استوانه‌ای به قطر ۱۲ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۱ سانتی‌متر انتقال داده شدند. برای تأمین تهویه در قسمت سرپوش ظرف‌های تخم‌گیری دریچه‌ای به قطر ۱۱ سانتی‌متر ایجاد و با پارچه‌ی توری ۵۰ مش پوشانده شد و سپس، روی توری یک کاغذ صافی به همراه یک برش از غده‌ی سیب‌زمینی برای تحریک تخم‌ریزی قرار داده شد.

آن را تعیین می‌کند و عامل زنده‌مانی حشره است. به‌عبارت دیگر، از آنجاکه میزان زنده‌مانی حشرات در شرایط نامساعد محیطی به مقادیر ذخایر انرژی و اندازه‌ی بدن آن‌ها بستگی دارد، یکی از مهم‌ترین روش‌های مطالعه‌ی تأثیر آفت‌کش‌ها روی حشرات آفت اندازه‌گیری ذخایر انرژی آن‌ها می‌باشد (Rinehart et al., 2007; Pruitt and Lu, 2008). هدف از انجام پژوهش حاضر ارزیابی اثرهای کشندگی و زیرکشندگی اسانس درمنه‌ی خراسانی (*Artemisia khorassanica* Podi)، زیره‌ی سیاه (*Piper nigrum* L.) و فلفل سیاه (*Carum carvi*) و ویژگی‌های زیستی، پراسنجه‌های جدول زندگی و ذخایر انرژی بید سیب‌زمینی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری گیاهان مورد مطالعه و تهیه‌ی اسانس‌ها

بذر زیره‌ی سیاه، میوه‌های فلفل سیاه و اندام‌های هوایی درمنه‌ی خراسانی از شرکت پاکبان (تهران، ایران) تهیه شدند. گیاهان مذکور با آب مقطر شستشو داده شدند و در آزمایشگاه در شرایط سایه خشکانده شدند. نمونه‌های گیاهی با استفاده از دستگاه خردکن برقی به طور کامل پودر شدند و مقدار ۵۰ گرم همراه با ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به داخل بالن شیشه‌ای یک‌لیتری ریخته شدند. اسانس‌گیری با استفاده از دستگاه کلونجر و روش تقطیر آبی به مدت سه ساعت انجام گرفت. اسانس به‌دست آمده پس از آبگیری با سولفات سدیم به میکروتیوب‌های دو میلی‌لیتری منتقل شد. میکروتیوب‌ها داخل فویل‌های آلومینیومی پیچیده شدند و تا زمان انجام آزمایش در داخل یخچال در دمای چهار درجه‌ی سلیسیوس نگهداری شدند.

بررسی اجزای شیمیایی اسانس‌ها

شناسایی ترکیبات اسانس‌ها با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگرافی^۱ (Agilent 7890B) متصل به طیف‌سنج جرمی (Agilent 5977A) با ستونی به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت فاز ساکن ۰/۲۵ میکرومتر

2. Halim

1. Cromatography

تا زمان مرگ شمرده شد. از آب و غسل ۱۰ درصد برای تغذیه‌ی حشرات کامل استفاده شد. سپس، تعداد ۱۰۰ غده-ی سیب‌زمینی (رقم آگریا^۳) تقریباً هم‌اندازه انتخاب و به-صورت تک‌تک داخل ظروف پرورش دایره‌ای به قطر ۱۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر که کف آن به ارتفاع نیم سانتی‌متر خاک ریخته شدند و بالای آن سوراخ شدند و با توری ۵۰ مش مسدود شدند، قرار داده شدند. تعداد ۱۰۰ عدد از تخم‌های گذاشته شده انتخاب و به‌صورت انفرادی داخل ظرف پرورش قرار داده شدند. بازدید از ظروف به-صورت روزانه انجام و طول دوره‌های جنینی تخم، لاروی و شفیرگی ثبت شدند. حشرات کامل پس از ظهور به ظرف-های تخم‌ریزی منتقل شدند تا با یکدیگر جفت‌گیری کنند و سپس میزان تخم‌ریزی آن‌ها بررسی شد.

تعیین ذخایر انرژی بید سیب‌زمینی

به‌منظور بررسی تأثیر اسانس‌ها روی ذخایر انرژی از مرحله‌ی شفیرگی بید سیب‌زمینی استفاده شد. این آزمایش برای هر یک از اسانس‌های گیاهی در پنج تکرار انجام شد. بدین منظور ابتدا شفیره‌ها روی یخ قرار داده شدند و سپس با ۳۵۰ میکرولیتر آب مقطر همگن شدند. سپس، نمونه‌ها به مدت ۵ دقیقه در ۱۰۰۰۰ دور بر دقیقه و در دمای ۴ درجه‌ی سلسیوس سانتریفیوژ شدند و محلول رونشین برای آزمایش‌های بعدی مورد استفاده قرار گرفت. ارزیابی غلظت پروتئین کل به روش لوری و همکاران (Lowry *et al.*, 1951) و با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر انجام شد. از سرم آلبومین گاوی به عنوان استاندارد استفاده شد. ارزیابی محتوای گلیکوژن به‌وسیله‌ی آنترن (۱۰۰ میکروگرم آنترن در ۹۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۵۴ درصد) (Bemani *et al.*, 2012) و از طریق مقایسه با منحنی استاندارد اندازه‌گیری شد. محتوای لیپید در نمونه‌ها مطابق با روش وان هندل (Van Handel, 1985) اندازه‌گیری شد و به‌وسیله‌ی منحنی استاندارد اسیدهای چرب کلسترول سنجیده شد.

تجزیه‌ی داده‌ها

حشرات کامل روی کاغذ صافی تخم‌ریزی کردند و از تخم‌های حاصل برای تداوم نسل و نیز انجام آزمایش‌ها استفاده شد (Naghizadeh *et al.*, 2016).

بررسی اثرهای کشندگی اسانس‌های گیاهی

پس از انجام آزمایش‌های مقدماتی، غلظت‌های اصلی اسانس درمنه‌ی خراسانی (۶، ۸/۲۰، ۱۱/۲۲، ۱۵/۳۵ و ۲۱ میکرولیتر بر لیتر)، فلفل سیاه (۱۰، ۱۳/۹۶، ۱۹/۴۹، ۲۷/۲۱ و ۳۸ میکرولیتر بر لیتر) و زیره‌ی سیاه (۱۷/۲۱، ۲۱/۱۸، ۲۶/۴۰، ۳۲/۹۰ و ۴۱ میکرولیتر بر لیتر) به کمک سرنگ همیلتن^۱ روی کاغذ صافی واتمن^۲ شماره‌ی یک به قطر دو سانتی‌متر ریخته شدند. سپس، کاغذهای صافی که به اندازه-ی سطح داخلی درب شیشه‌های آزمایشی (۵۰ میلی‌لیتری) بریده شده بودند، در این قسمت نصب و تعداد ۳۰ حشره‌ی کامل نر و ماده به‌صورت تصادفی به هر ظرف منتقل شدند. بعد از بستن درب شیشه‌ها، محل قرارگیری درب با استفاده از نوار پارافیلیم پوشانده شدند، تا مانع از نفوذ اسانس به فضای بیرون شود. تلفات در مدت ۲۴ ساعت اندازه‌گیری شد (Izakmehri *et al.*, 2013). لازم به ذکر است که قبل از بستن درب شیشه‌ها، ۱۵ جفت حشره‌ی کامل (نر و ماده) بید سیب‌زمینی به هر ظرف منتقل شدند. برای تیمار شاهد از آب مقطر استفاده شد و آزمایش در سه تکرار انجام شد.

بررسی پراسنجه‌های زیستی و جدول زندگی

برای بررسی اثرهای غلظت‌های زیرکشنده‌ی اسانس‌های گیاهی مورد نظر از ظرفی به حجم ۱۰۰ میلی-لیتر در ۶۰ تکرار استفاده شد. در هر تکرار ۵۰ عدد حشره‌ی کامل نر و ماده‌ی یک‌روزه قرار داده شدند و مشابه آزمایش قبل، حشرات در معرض غلظت کشنده‌ی ۲۰ درصد اسانس‌ها قرار گرفتند. سپس، تعداد ۳۰ حشره‌ی کامل ماده-ی زنده‌مانده به‌صورت تصادفی انتخاب شدند و هر کدام جداگانه به همراه یک نر به داخل یک ظرف تخم‌ریزی رهاسازی شدند تا جفت‌گیری کرده و تخم‌ریزی نمایند. سپس، تعداد تخم‌های گذاشته شده توسط هر حشره‌ی ماده،

¹. Hemilton

². Watman

³. Agria

پروپان^۷ (۴۵/۹۶ درصد)، بتا-پینن^۸ (۹/۴۲ درصد)، پنتا-سایمن^۹ (۹/۲۳ درصد)، فنیل پروپانول^{۱۰} (۵/۳۲ درصد) و کومینیک اسید^{۱۱} (۴/۸۳ درصد) در اسانس زیره سیاه بیشترین مقدار را داشتند (جدول ۲). در اسانس فلفل سیاه ترکیبات ۲-متیل-۳-پروپانال (۴۴/۲۱ درصد)، کاریوفیلین اکساید^{۱۲} (۱۵/۹۵ درصد)، او-سایمن^{۱۳} (۸/۱۸ درصد)، کومینیک اسید (۵/۲۵ درصد) و بتا-پینن (۲/۷۵ درصد) به عنوان اجزای اصلی شناسایی شدند (جدول ۳).

برزویی و همکاران (Borzoui et al., 2016) ترکیبات شیمیایی اسانس درمنه خراسانی را بررسی و دریافتند که کامفور (۲۳/۴۲ درصد)، ۱-۸-سینئول (۱۳/۰۶ درصد)، لومونول^{۱۴} (۱۱/۶۴ درصد)، دلتا-۳-کارن (۸/۵۶ درصد) و بورئول (۸/۲۴ درصد) بیشترین ترکیبات موجود در این اسانس بودند. در تحقیق حاضر، از بین ترکیبات مذکور لومونول در اسانس درمنه خراسانی شناسایی نشد، اما سایر ترکیبات با نسبت‌های متفاوت از ترکیبات عمده این اسانس بودند. بررسی اجزای شیمیایی اسانس زیره سیاه نشان داده است که کاروون^{۱۵} (۳۷/۹۸ درصد)، لیمونن^{۱۶} (۲۶/۵۵ درصد)، آلفا-پینن^{۱۷} (۵/۲۱ درصد) و بتا-میرسن^{۱۸} (۴/۶۷ درصد) بیشترین ترکیبات موجود در این اسانس بودند (Fang et al., 2010). از بین ترکیبات مذکور آلفا-پینن، بتا-پینن و لیمونن در اسانس زیره سیاه در تحقیق حاضر شناسایی شدند. در مقابل، در تحقیق حاضر ۲-متیل-۳-فنیل پروپان و فنیل پروپانول در اسانس زیره سیاه به‌عنوان ترکیبات اصلی شناسایی شدند که در

آزمون نرمال بودن داده‌ها به روش کالموگراف - اسمیرنوف^۱ و تجزیه آماری داده‌های حاصل از زیست‌سنجی مرحله‌ی حشره‌ی کامل با استفاده از تجزیه‌ی پروبیت با نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۴) انجام شد. نتایج حاصل از اثرهای زیرکشدگی شامل بررسی جدول زندگی، دوره‌های زیستی و ذخایر انرژی بید سیب‌زمینی با استفاده از روش تجزیه‌ی واریانس یک‌طرفه (One way ANOVA) در نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) تجزیه شدند و در صورت معنی‌دار شدن اختلاف‌ها، میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفت (SAS, 2003). داده‌های به‌دست آمده از مراحل زیستی بید سیب‌زمینی تحت تأثیر اسانس‌های گیاهان درمنه‌ی خراسانی، زیره‌ی سیاه و فلفل سیاه به‌منظور محاسبه‌ی جدول زندگی دوجنسی طبق روش چی و سو (Chi and Su, 2006) و با نرم‌افزار TWOSEX-MSChart تجزیه‌ی آماری شد (Chi, 2013). برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار Excel 2013 استفاده شد. از آنجاکه پراسنجه‌های رشد جمعیت فاقد تکرار هستند و امکان مقایسه‌ی آماری آنها وجود ندارد، لذا جهت تکراردار کردن پراسنجه‌های فوق از روش بوت استرپ استفاده شد (Meyer et al., 1986; Chi, 2013).

نتایج و بحث

اجزای شیمیایی اسانس‌های درمنه‌ی خراسانی، زیره‌ی سیاه و فلفل سیاه

نتایج حاصل از تجزیه‌ی شیمیایی اسانس‌ها نشان داد که ترکیبات کامفور^۲ (۲۴/۱۰ درصد)، ۱-۸-سینئول^۳ (۱۱/۵۸ درصد)، آلفا-بیسابولول^۴ (۱۰/۶۲ درصد)، ۳-کارن^۵ (۹/۳۱ درصد) و بورئول^۶ (۸/۵۷ درصد) اجزای اصلی اسانس درمنه‌ی خراسانی هستند (جدول ۱). ۲-متیل-۳-فنیل

7. 2-Methyl-3-phenylpropanal

8. B-Pinen

9. p-Cymen

10. phenylpropanol

11. Quiminic acid

12. Caryophyllene oxide

13. o-Cymene

14. Lomenole

15. Caroon

16. Limonan

17. α.pinen

18. β-mirsen

1. Kalmograph-Smirnov

2. Camphor

3. 1,8-Cineole

4. α-Bisabolol

5. 3-Caren

6. Borneol

جدول ۱- نتایج تجزیه‌ی شیمیایی اسانس درمنه‌ی خراسانی *Artemisia khorassanica* با استفاده از گاز کروماتوگرافی طیف-

سنج جرمی

Table 1. Results of the chemical analysis of the *Artemisia khorassanica* essential oil by Gas Chromatography - Mass Spectrometry

Components	Retention Time (minute)	Percentage
α -Pinene	5.339	4.95*
Camphene	5.625	5.15
β -Pinene	6.140	1.29
3-Carene	6.798	9.31
Limonene	7.141	1.06
1,8-Cineole	7.227	11.58
Camphor	9.882	24.10
Borneol	10.397	8.57
Fenchyl alcohol	11.044	1.44
Caryophyllene	19.318	1.43
β -Selinene	20.382	1.35
α -Cadinene	21.773	1.30
Δ -Cadinene	22.436	1.18
2-isopropyl-5-methyl-9-methylene-bicyclo[4.4.0]dec-1-ene	25.520	2.51
α -Bisabolol	26.613	10.62
Total		86.45

*Ingredients less than 1% are not listed.

جدول ۲- نتایج تجزیه‌ی شیمیایی اسانس زیره‌ی سیاه *Carum carvi* با استفاده از گاز کروماتوگرافی طیف سنج جرمی

Table 2. Results of the chemical analysis of the *Carum carvi* essential oil by Gas Chromatography - Mass Spectrometry

Components	Retention Time (minute)	Percentage
β -Pinene	6.203	9.42*
<i>p</i> -Cymene	7.090	9.23
2-Octen-4-ol	10.357	1.04
2-Methyl-3-phenylpropanal	12.921	45.96
3-Phenylacrylaldehyde	13.819	1.44
Phenylpropanol	14.706	5.22
2-Thiophenecarboxaldehyde	15.856	1.71
Carveol	17.933	1.73
2-Fluorobenzoic acid, 2-tetrahydrofurylmethyl ester	18.408	1.13
Cuminic Acid	20.348	4.83
Total		81.71

*Ingredients less than 1% are not listed.

جدول ۳- نتایج تجزیه‌ی شیمیایی اسانس فلفل سیاه *Piper nigrum* با استفاده از گاز کروماتوگرافی طیف‌سنج جرمی

Table 3. Results of the chemical analysis of the *Piper nigrum* essential oil through Gas Chromatography - Mass Spectrometry

Components	Retention Time (minute)	Percentage
α -Pinene	5.356	1.53*
β -Pinene	6.163	2.75
3-Carene	6.781	1.14
o-Cymene	7.062	8.18
2-Methyl-3-phenylpropanal	12.789	44.21
3,4-Dimethylthiophene	15.799	2.71
Cuminic Acid	20.073	5.25
Caryophyllene oxide	24.113	15.95
Total		81.72

*Ingredients less than 1% are not listed.

مقدار آن در اسانس درمنه‌ی خراسانی (۱۱/۵۲ میکرولیتر بر لیتر) مشاهده شد. با توجه به عدم همپوشانی حدود اطمینان ۹۵ درصد مربوطه، اسانس درمنه‌ی خراسانی سمیت‌تدخینی بیشتری روی حشرات کامل بید سیب‌زمینی نسبت به زیره‌ی سیاه و فلفل سیاه دارد (جدول ۴). پیش از این نیز سمیت اسانس‌های درمنه‌ی خراسانی، فلفل سیاه و زیره‌ی سیاه روی برخی از آفات انباری بررسی شده است. برای مثال، برزویی و همکاران (Borzoui et al., 2016) سمیت‌تدخینی اسانس درمنه‌ی خراسانی را روی حشرات کامل شب‌پره‌ی هندی آرد (*Plodia interpunctella* (Hubner)) بررسی و مقدار غلظت‌کننده‌ی پنجاه‌درصد آن را ۹/۶۰ میکرولیتر بر لیتر برآورد کردند. در تحقیقی دیگر، اوپادیای و جیسوال (Upadhyay and Jaiswal, 2007) سمیت اسانس فلفل سیاه را روی لارو و حشرات کامل شپشه‌ی آرد (*Tribolium castaneum* Herbst) بررسی کردند و مقادیر غلظت‌کننده‌ی پنجاه‌درصد را برای آنها به ترتیب ۱۴/۰۲ و ۱۵/۲۶ میکرولیتر بر لیتر ثبت کردند. همچنین، فانگ و همکاران (Fang et al., 2010) حساسیت

تحقیق مذکور یافت نشدند. لیمونن (۳۵/۰۶ درصد)، بتا-پینن (۱۲/۹۵ درصد) و لینالول (۱۲/۹۵ درصد) اجزای اصلی اسانس میوه‌ی فلفل سیاه معرفی شدند (Fan et al., 2011). در بررسی حاضر، لیمونن (۰/۷۷ درصد) و بتا-پینن (۲/۷۵ درصد) با نسبت‌های بسیار کمتری در اسانس فلفل سیاه مشاهده شدند، اما ترکیب لینالول^۱ دیده نشد. در مقابل ۲-متیل-۳-پروپانال، کاریوفیلن اکساید^۲ و کومینیک اسید به‌عنوان ترکیبات اصلی اسانس فلفل سیاه در تحقیق حاضر، مشاهده نشدند. تفاوت‌های مشاهده شده در ترکیبات شیمیایی اسانس‌های درمنه‌ی خراسانی، زیره‌ی سیاه و فلفل سیاه در پژوهش حاضر و تحقیقات مذکور می‌تواند ناشی از عوامل مختلفی از قبیل شرایط متفاوت آب و هوایی محل جمع‌آوری گیاهان، نحوه‌ی استخراج ترکیبات، زمان برداشت و حتی عوامل ژنتیکی باشد (Cheng et al., 2009; Ben Jemâa et al., 2012).

سمیت‌تدخینی اسانس‌ها

نتایج حاصل از تجزیه پروبیت داده‌های حاصل از بررسی سمیت‌تدخینی اسانس‌های درمنه‌ی خراسانی، فلفل سیاه و زیره‌ی سیاه روی حشرات کامل بید سیب‌زمینی در جدول ۴ نشان داده شده است. بیشترین مقدار LC₅₀ در اسانس زیره‌ی سیاه (۲۷/۹۳ میکرولیتر بر لیتر) و کمترین

1. Linalool

2. Caryophyllen oxide

آزمایشی، روش‌های مختلف زیست‌سنجی و حتی اجزای شیمیایی متفاوت اسانس‌ها باشد، تحقیقات مذکور نتایج تحقیق حاضر مبنی بر پتانسیل حشره‌کشی قابل توجه اسانس‌های درمنه‌ی خراسانی، زیره‌ی سیاه و فلفل سیاه را تأیید می‌کنند.

حشرات کامل شپشه‌ی آرد و سرخرطومی ذرت (*Sitophilus zeamais* Mots) را به اسانس زیره‌ی سیاه با غلظت‌های کشنده‌ی پنجاه درصد ۳/۳۷ و ۲/۵۳ میلی‌گرم بر لیتر گزارش کردند. با وجود تفاوت در مقدار غلظت‌های کشنده‌ی محاسبه شده، که می‌تواند ناشی از نوع حشرات

جدول ۴- سمیت تدخینی اسانس‌های درمنه‌ی خراسانی (*Artemisia khorassanica*)، فلفل سیاه (*Piper nigrum*) و زیره‌ی سیاه (*Carum carvi*) روی حشرات کامل *Phthorimaea operculella*

Table 4. Fumigant toxicity of *Artemisia khorassanica*, *Piper nigrum*, and *Carum carvi* essential oils on the adults of *Phthorimaea operculella*

Essential oil	Slope ± SE	Intercept	χ^2 (df = 3)	Lethal Concentrations (µl/l air)	
				LC ₅₀ (95% fiducial limits)	LC ₂₀ (95% fiducial limits)
<i>Artemisia khorassanica</i>	5.09 ± 0.58	0.41	3.32 ^{ns}	11.52 (10.55 – 12.62)	7.88 (6.84 – 8.74)
<i>Piper nigrum</i>	5.07 ± 0.57	- 1.76	0.36 ^{ns}	21.49 (19.65 – 23.60)	14.67 (12.77 – 16.27)
<i>Carum carvi</i>	7.03 ± 0.82	- 5.16	1.07 ^{ns}	27.93 (26.22 – 29.83)	21.20 (19.14 – 22.84)

Lethal concentrations and 95% fiducial limits (FL) were estimated using logistic regression (SAS Institute 2002). The LC₂₀ were selected for sub-lethal bio-assays. Ns: non-significant

بین اسانس‌ها مشاهده شد. پراسنجه‌ی نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) مهم‌ترین پراسنجه در تعیین نوع و میزان رشد جمعیت‌ها است که نشان‌دهنده‌ی رشد مثبت، منفی یا ثابت جمعیت می‌باشد. در بررسی این پراسنجه بین تیمارهای غلظت‌های زیرکشنده‌ی اسانس‌ها با شاهد اختلاف معنی‌دار وجود داشت ($F = 7125.65$; $df = 4, 2495$; $P < 0.0001$). همچنین، اختلاف معنی‌دار بین تیمارها هم مشاهده شد. در پراسنجه‌ی نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) که نشان‌دهنده‌ی میزان افزایش جمعیت در هر روز نسبت به روز قبل می‌باشد، تفاوت معنی‌داری بین تیمارها با شاهد مشاهده شد ($F = 7100.95$; $df = 4, 2495$; $P < 0.0001$) و بین تیمارها هم اختلاف معنی‌دار وجود داشت. در مورد پراسنجه‌ی میانگین مدت زمان یک نسل (T) که زمان لازم برای تکمیل رشد جمعیت در یک نسل را نشان می‌دهد، اختلاف بین میانگین‌های تمام اسانس‌ها و شاهد معنی‌دار بود. همچنین، تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای اسانس‌ها هم مشاهده شد ($F = 18724.1$; $df = 4, 2495$;

پراسنجه‌های جدول زندگی بید سیب‌زمینی تحت تأثیر اسانس‌ها

نتایج حاصل از آزمایش‌های بررسی پراسنجه‌های جدول زندگی بید سیب‌زمینی تحت تأثیر غلظت‌های زیرکشنده‌ی ۲۰ درصد اسانس‌ها در جدول ۵ نشان داده شده است. در مورد پراسنجه‌ی نرخ ناخالص تولیدمثل (GRR) که نشان‌دهنده‌ی تعداد کل ماده‌های تولید شده توسط یک ماده در طول عمر می‌باشد، اختلاف آماری معنی‌داری بین میانگین‌ها در اسانس‌های زیره‌ی سیاه و فلفل سیاه مشاهده نشد، اما تفاوت بین این دو اسانس با اسانس درمنه‌ی خراسانی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود ($F = 377.93$; $df = 4, 2495$; $P < 0.0001$). در مورد پراسنجه‌ی نرخ خالص تولیدمثلی (R_0) که نشان‌دهنده‌ی تعداد کل ماده‌های تولید شده توسط یک ماده در طول عمر با دخالت عامل زنده‌مانی می‌باشد، بین تیمارهای اسانس‌ها با شاهد اختلاف معنی‌دار وجود داشت ($F = 1963.18$; $df = 4, 2495$; $P < 0.0001$). همچنین اختلاف معنی‌داری

مقادیر گزارش شده در گزارش خرمی و همکاران (Khorrami et al., 2014) بود. در مطالعه‌ی انجام شده توسط خرمی و همکاران (Khorrami et al., 2014) میانگین مدت‌زمان یک نسل بید سیب‌زمینی در شاهد و تیمارهای اسانس‌های اسطوخودوس و مرزنجوش به ترتیب ۲۷/۷۸، ۱۸/۸۶ و ۲۲/۷۷ روز به دست آمد که از مقادیر به دست آمده در بررسی حاضر کمتر می‌باشد. تفاوت‌های مشاهده شده می‌تواند ناشی از تفاوت در نوع اسانس‌ها و یا تفاوت در شرایط انجام آزمایش در دو تحقیق باشد. به طور کلی در بررسی حاضر مشخص شد که غلظت زیرکشنده‌ی اسانس‌های درمنه‌ی خراسانی، فلفل سیاه و زیره‌ی سیاه در مقایسه با شاهد موجب کاهش معنی‌دار نرخ ذاتی افزایش جمعیت بید سیب‌زمینی شد. نتایج نشان داد که به علت پایین بودن نرخ خالص تولیدمثل در تیمارهای مورد آزمایش نسبت به شاهد، مقدار r این تیمارها کمتر از شاهد می‌باشد. به علت پایین بودن نرخ ذاتی افزایش جمعیت در غلظت زیرکشنده‌ی هر سه اسانس، نرخ متناهی افزایش جمعیت که نشان‌دهنده‌ی سرعت رشد جمعیت نیز است، در تیمارهای مورد بررسی به طور معنی‌داری کمتر از شاهد شد.

($P < 0.0001$) (جدول ۵). در تحقیق حاضر در مورد مقادیر به دست آمده نرخ‌های ناخالص و خالص تولیدمثل بید سیب‌زمینی اختلاف معنی‌داری بین شاهد و تیمارها مشاهده شد، ولی در تحقیق انجام شده توسط خرمی و همکاران (Khorrami et al., 2014) در نرخ ناخالص تولیدمثل بین تیمارهای اسانس‌های اسطوخودوس و مرزنجوش اختلاف معنی‌داری وجود نداشت و در مقادیر نرخ خالص تولیدمثل اختلاف شاهد با تیمارهای اسانس‌های اسطوخودوس و مرزنجوش معنی‌دار و اختلاف بین دو اسانس معنی‌دار نبود. همچنین، در تحقیق مذکور پراسنجه‌های نرخ ذاتی افزایش جمعیت و نرخ متناهی افزایش جمعیت در بید سیب‌زمینی در گروه‌های شاهد و تیمارهای تحت تأثیر غلظت‌های زیرکشنده‌ی اسانس‌های مرزنجوش و اسطوخودوس به ترتیب به صورت ۰/۱۰۷، ۰/۱۰۴ و ۰/۱۰۱ ماده/ماده/روز و ۰/۱۱۳، ۰/۱۱۰ و ۰/۱۰۷ بر روز بود. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که اسانس مرزنجوش تأثیر معنی‌داری در پراسنجه‌های مذکور بین گروه‌های شاهد و تیمار نداشت، اما اسانس اسطوخودوس روی هر دو پراسنجه اثر معنی‌داری داشته و کمتر از شاهد و مرزنجوش بود. مقادیر به دست آمده برای این پراسنجه‌ها در بررسی حاضر بیشتر از

جدول ۵- میانگین پراسنجه‌های رشد جمعیتی *Phthorimaea operculella* تیمار شده با LC₂₀ اسانس‌های *Artemisia khorassanica*، *Piper nigrum* و *Carum carvi*

Table 5. The mean population growth parameters of *Phthorimaea operculella* treated with LC₂₀ of *Artemisia khorassanica*, *Piper nigrum*, and *Carum carvi* essential oils

Treatments	GRR (offspring)	R ₀ (offspring)	r (d ⁻¹)	λ (d ⁻¹)	T (d)
Control	63.87 ± 8.32 ^a	62.41 ± 7.93 ^a	0.15 ± 0.005 ^a	1.17 ± 0.006 ^a	26.23 ± 0.28 ^a
<i>A. khorassanica</i>	49.50 ± 6.96 ^c	41.53 ± 5.50 ^d	0.12 ± 0.004 ^d	1.13 ± 0.005 ^d	30.38 ± 0.31 ^b
<i>C. carvi</i>	57.54 ± 8.03 ^b	52.16 ± 6.91 ^c	0.14 ± 0.005 ^b	1.15 ± 0.006 ^b	27.99 ± 0.35 ^d
<i>P. nigrum</i>	58.42 ± 7.83 ^b	54.52 ± 7.09 ^b	0.13 ± 0.004 ^c	1.14 ± 0.005 ^c	28.91 ± 0.30 ^c

Mean values in a column followed by different letters are significantly different (LSD test, $P < 0.05$)

طولانی‌ترین دوره‌ی لاروی تحت تأثیر اسانس گیاه درمنه‌ی خراسانی و کوتاه‌ترین مقدار آن در گروه شاهد مشاهده شد. از نظر طول دوره‌ی شفیرگی بین میانگین تیمارها و شاهد اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد ($F = 3.92$; $P = 0.0041$; $df = 4, 2495$). تفاوت معنی‌داری بین

پراسنجه‌های زیستی بید سیب‌زمینی تحت تأثیر اسانس‌ها

در دوره‌های لاروی بین تیمارهای غلظت‌های زیرکشنده‌ی اسانس‌ها و شاهد اختلاف مشاهده شده معنی‌دار بود ($F = 114.57$; $df = 4, 295$; $P < 0.0001$).

تخم‌های گذاشته شده ($F = 47.16$; $df = 4, 145$; $P < 0.0001$) و درصد تفریح تخم‌ها ($F = 24.60$; $df = 4, 145$; $P < 0.001$) نیز بین تیمارهای غلظت زیرکشنده‌ی اسانس‌ها با گروه‌های شاهد اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده شد و کمترین مقدار تخم‌های گذاشته شده و تفریح شده مربوط به تیمار اسانس درمنه‌ی خراسانی بود (جدول ۶).

تیمارهای غلظت زیرکشنده‌ی اسانس‌ها و شاهد از نظر طول دوره‌ی رشدی نابالغ دیده شد ($F = 88.23$; $df = 4, 295$; $P < 0.0001$). بیشترین طول دوره‌ی رشدی افراد ماده مربوط به گروه شاهد و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار اسانس درمنه‌ی خراسانی بود. بین تیمارهای اسانس‌های زیره‌ی سیاه و فلفل سیاه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($F = 45.88$; $df = 4, 145$; $P < 0.0001$) در مورد تعداد

جدول ۶- اثرهای زیرکشندگی (LC_{20}) اسانس‌های درمنه‌ی خراسانی *Artemisia khorassanica*، فلفل سیاه *Piper nigrum*

و زیره‌ی سیاه *Carum carvi* روی پراسنجه‌های زیستی *Phthorimaea operculella*

Table 6. Sublethal effects (LC_{20}) of *Artemisia khorassanica*, *Piper nigrum*, and *Carum carvi* essential oils on the biological parameters of *Phthorimaea operculella*

Treatments	Larval period (d)	Pupal period (d)	Developmental time (egg to adult) (d)	Female longevity (d)	Fecundity (eggs)	Fertility (hatch rate) (%)
Control	11.95 ± 0.13 ^a	6.38 ± 0.09 ^a	22.60 ± 0.18 ^a	11.03 ± 0.28 ^a	124.10 ± 3.67 ^a	90.75 ± 0.96 ^a
<i>A. khorassanica</i>	15.06 ± 0.15 ^c	6.73 ± 0.10 ^{ab}	26.36 ± 0.18 ^c	7.33 ± 0.10 ^c	82.36 ± 3.83 ^c	73.64 ± 2.22 ^c
<i>C. carvi</i>	13.36 ± 0.17 ^b	6.35 ± 0.13 ^a	24.05 ± 0.27 ^b	9.53 ± 0.28 ^b	105.03 ± 3.70 ^b	84.80 ± 1.47 ^b
<i>P. nigrum</i>	13.81 ± 0.01 ^b	6.55 ± 0.09 ^{ab}	24.98 ± 0.18 ^b	9.00 ± 0.29 ^b	109.90 ± 4.29 ^b	84.51 ± 1.52 ^b

Mean values in a column followed by different lowercase letters are significantly different (LSD test, $P < 0.05$)

های گیاهی را نشان می‌دهد که نتایج تحقیق حاضر منطبق با نتایج فوق می‌باشد.

پراسنجه‌های امید به زندگی و زنده‌مانی

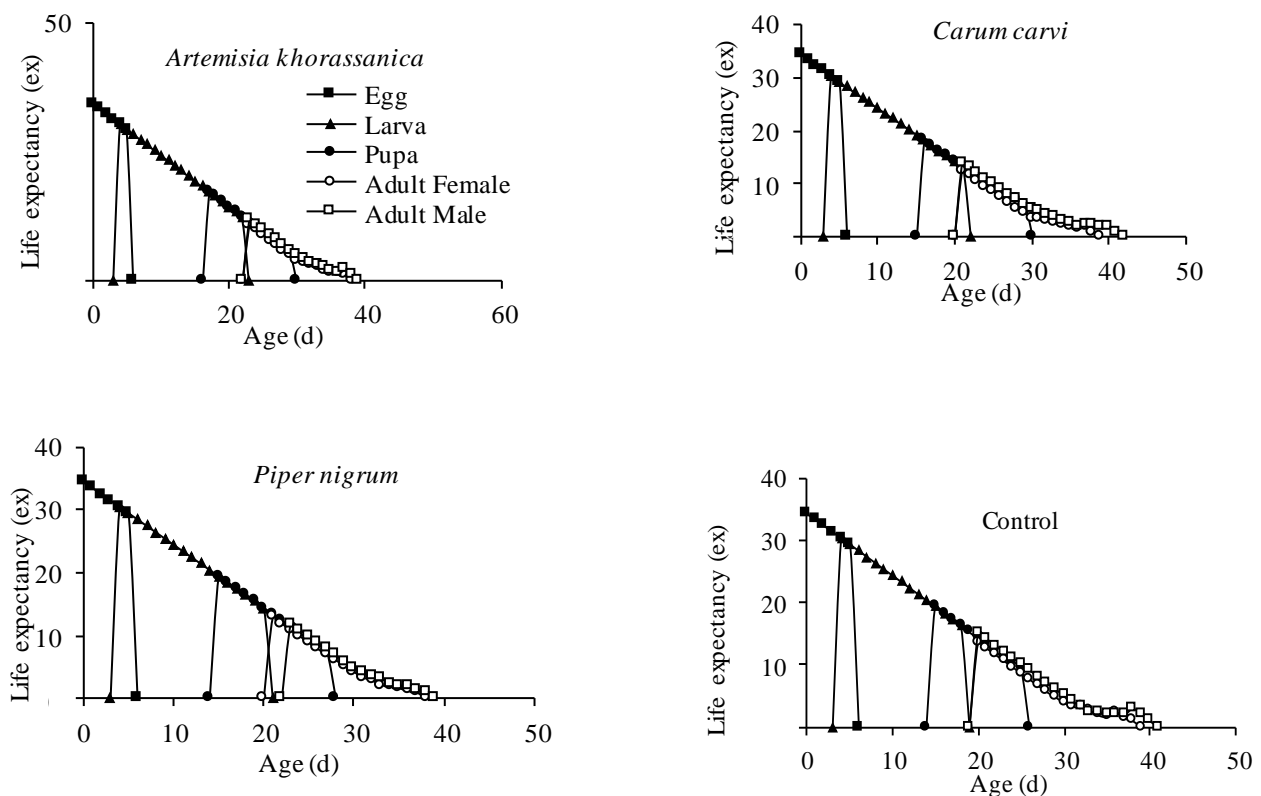
کمترین مقدار امید به زندگی مرحله‌ی تخم بید سیب-زمینی در گروه‌های شاهد و تیمارهای اسانس‌های درمنه‌ی خراسانی، زیره‌ی سیاه و فلفل سیاه به ترتیب ۲۹/۳۶، ۲۹/۲۸، ۲۹/۲۸ و ۲۹/۴۳ در روز پنجم بود که نشان‌دهنده‌ی تأثیر بیشتر اسانس درمنه‌ی خراسانی در کاهش امید به زندگی مرحله‌ی تخم بید سیب‌زمینی می‌باشد. کمترین مقدار امید به زندگی مرحله‌ی لاروی در گروه‌های شاهد و تیمارهای اسانس‌های درمنه‌ی خراسانی، زیره‌ی سیاه و فلفل سیاه به ترتیب در روزهای هجدهم، بیست و دوم، بیست و یکم و بیستم بود. کمترین مقدار امید به زندگی بید سیب‌زمینی در مرحله‌ی شفیره در گروه‌های شاهد و تیمارهای اسانس‌های درمنه‌ی خراسانی، زیره‌ی سیاه و فلفل سیاه به ترتیب در روزهای بیست و پنجم، بیست و نهم، بیست و بیست و هفتم بود. کمترین مقدار امید به زندگی حشرات کامل در گروه‌های شاهد و تحت تأثیر اسانس‌های درمنه‌ی خراسانی،

اثر اسانس‌های گیاهی بر پراسنجه‌های زیستی بید سیب-زمینی در برخی تحقیقات گذشته نیز گزارش شدند. برای مثال، اثر اسانس‌های سه گونه نعنای شامل *Minthostachys spicata* (Benth.) Epling، *Minthostachys glabrescens* (Benth.) Epling و *Minthostachys mollis* (Benth.) Griseb روی تفریح تخم بید سیب‌زمینی مورد بررسی قرار گرفت و نشان داده شد که هر سه اسانس به صورت معنی‌داری باعث کاهش تفریح تخم‌های بید سیب‌زمینی تا حدود ۸۰ درصد می‌شوند (Guerra et al., 2007). همچنین، در بررسی اثرهای زیستی اسانس مرزنجوش (*Origanum vulgare* L.) بر مراحل بالغ و نابالغ بید سیب‌زمینی، مشاهده شد که اسانس مرزنجوش دارای خواص حشره‌کشی مناسبی در مراحل مختلف رشدی آفت بوده و حتی باعث ایجاد حشرات کامل بدشکل هم می‌شود (Abd El-Aziz, 2011). نتایج پژوهش مذکور حساسیت مراحل مختلف زیستی بید سیب‌زمینی به غلظت‌های زیرکشنده‌ی اسانس-

های شاهد و تیمارهای اسانس‌های درمنه‌ی خراسانی، زیره-ی سیاه و فلفل سیاه ۰/۱۶ در روز هفدهم، ۰/۱۰ در روز بیست و یکم، ۰/۱۵ در روز نوزدهم و ۰/۰۵ در روز بیستم مشاهده شد. به عبارتی، تیمار اسانس فلفل سیاه روی کاهش نرخ زنده‌مانی مرحله‌ی لاروی تأثیر بیشتری دارد. کمترین نرخ زنده‌مانی در مرحله‌ی شفیرگی در گروه‌های شاهد و تیمارهای اسانس‌های درمنه‌ی خراسانی، زیره‌ی سیاه و فلفل سیاه ۰/۰۵ در روز بیست و پنجم، ۰/۲ در روز هجدهم، ۰/۰۵ در روز بیست و هفتم و ۰/۱۳ در روز بیست و ششم به دست آمد.

زیره‌ی سیاه و فلفل سیاه در ماده‌ها به ترتیب در روزهای سی و هشتم، سی و هفتم، سی و هشتم و سی و نهم و در نرها به ترتیب در روزهای چهارم، سی و هشتم، چهل و یکم و سی و هشتم بود (شکل ۱).

کمترین مقدار نرخ زنده‌مانی مرحله‌ی تخم بید سیب-زمینی در گروه‌های شاهد و تیمارهای اسانس‌های درمنه‌ی خراسانی، زیره‌ی سیاه و فلفل سیاه ۰/۲ در روز چهارم، ۰/۱ در روز پنجم، ۰/۰۵ در روز پنجم و ۰/۱۳ در روز پنجم مشاهده شد که نشان‌دهنده‌ی اثر قوی اسانس زیره‌ی سیاه بر روی کاهش نرخ زنده‌مانی تخم بید سیب‌زمینی می‌باشد. کمترین مقدار نرخ زنده‌مانی در مرحله‌ی لاروی در گروه-

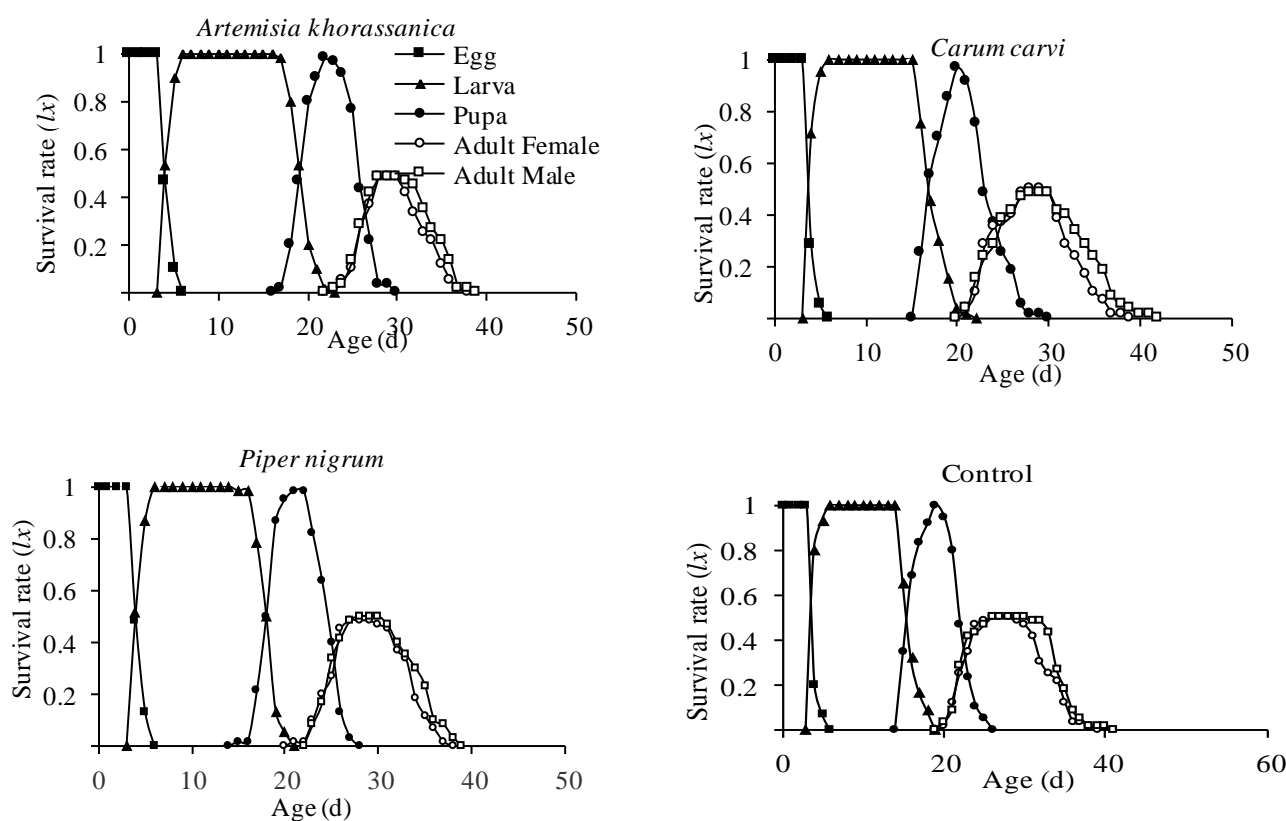


شکل ۱- امید به زندگی *Phthorimaea operculella* بعد از مواجهه با غلظت کشنده‌ی ۲۰ درصد اسانس‌های *Artemisia khorassanica*، *Carum carvi*، *Piper nigrum* و شاهد

Figure 1. Life expectancy (e_x) of *Phthorimaea operculella* after exposure to LC₂₀ of *Artemisia khorassanica*، *Carum carvi*، *Piper nigrum* essential oils and Control

حشرات بالغ ماده تحت تأثیر اسانس درمنه‌ی خراسانی پایین می‌باشد. کمترین مقدار نرخ زنده‌مانی حشرات بالغ نر تحت تأثیر شاهد، اسانس درمنه‌ی خراسانی، زیره‌ی سیاه و فلفل سیاه ۰/۱۸ در روزهای سی و پنجم، ۰/۱۳ در روزهای بیست و پنجم و سی و ششم، ۰/۰۵ در روز سی و هشتم و ۰/۱ در روز سی و ششم مشاهده شد، به عبارتی اثر اسانس زیره‌ی سیاه روی کاهش نرخ زنده‌مانی حشرات بالغ نر بیشتر می‌باشد (شکل ۲).

به عبارتی، شاهد و تیمار اسانس زیره‌ی سیاه روی کاهش نرخ زنده‌مانی مرحله‌ی شفیرگی تأثیر بیشتری دارد. کمترین مقدار نرخ زنده‌مانی حشرات بالغ ماده تحت تأثیر شاهد، اسانس‌های درمنه‌ی خراسانی، زیره‌ی سیاه و فلفل سیاه، ۰/۱۱ در روزهای بیست و یکم و سی و پنجم، ۰/۰۵ در روزهای بیست و چهارم و سی و ششم، ۰/۱۰ در روزهای بیست و دوم و سی و پنجم و ۰/۱۰ در روزهای بیست و دوم و سی و پنجم بود، به عبارتی میزان زنده‌مانی



شکل ۲- نرخ زنده‌مانی *Phthorimaea operculella* بعد از مواجه با غلظت کشنده‌ی ۲۰ درصد اسانس‌های *Artemisia khorassanica*، *Carum carvi*، *Piper nigrum* و شاهد

Figure 2. Age-specific survival rate (l_x) of *Phthorimaea operculella* after exposure to LC₂₀ of *Artemisia khorassanica*, *Carum carvi*, *Piper nigrum* essential oils and Control

آنها در اولین روز ظهور حشرات کامل در شاهد و تیمارهای اسطوخودوس و مرزنجوش به ترتیب ۹/۴۱، ۷/۸۶ و ۸/۱ روز بود که نشان‌دهنده‌ی کاهش امید به زندگی آفت در زمان ظهور حشرات کامل تحت تأثیر هر دو اسانس است. در تحقیق حاضر هم کاهش امید به زندگی

خرمی و همکاران (Khorrami et al., 2014) امید به زندگی بید سیب‌زمینی را در اولین روز مرحله‌ی تخم در شاهد و تیمارهای اسانس‌های اسطوخودوس و مرزنجوش به ترتیب ۲۷/۳۸، ۱۶/۸۱ و ۲۰/۴۲ روز به دست آوردند که نشان‌دهنده‌ی بیشتر بودن امید به زندگی در شاهد در مقایسه با دو تیمار دیگر است. امید به زندگی در تحقیق

مراحل مختلف بید سیب‌زمینی تحت تأثیر اسانس‌های درمنه‌ی خراسانی و زیره‌ی سیاه مشاهده شد.

نقی‌زاده و همکاران (Naghizadeh *et al.*, 2016) روند نرخ زنده‌مانی بید سیب‌زمینی را تحت تأثیر اسانس‌های افسنطین، بومادران و ترخون بررسی کرده و نشان دادند که در تمام منحنی‌ها نرخ زنده‌مانی متناسب با افزایش سن کاهش یافت. روند کاهش زنده‌مانی بید سیب‌زمینی در افسنطین و ترخون بیشتر از بومادران و شاهد بود و این نشان می‌دهد که غلظت‌های زیرکشنده‌ی افسنطین و ترخون موجب کاهش بیشتر زنده‌مانی بید سیب‌زمینی شده‌اند. در بررسی حاضر نرخ زنده‌مانی تحت تأثیر اسانس‌ها و در شاهد در هر مرحله با افزایش سن تغییرات متفاوتی را نشان داد.

ذخایر انرژی شفیله‌های بید سیب‌زمینی

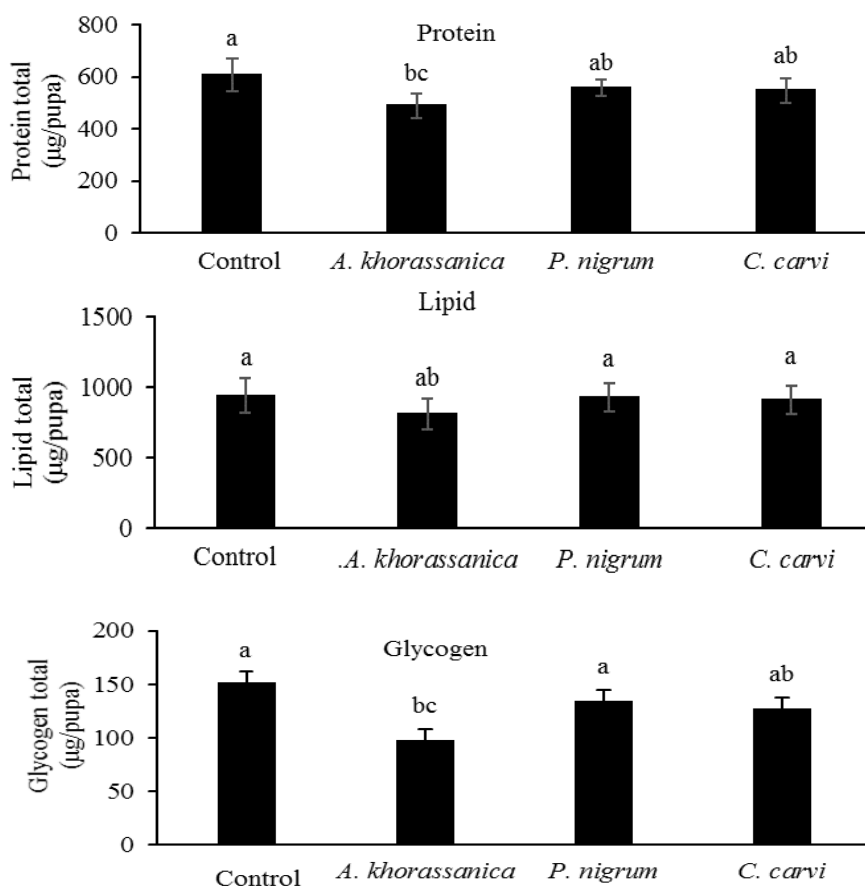
نتایج تجزیه‌ی واریانس داده‌ها نشان داد که اثر غلظت-های زیرکشنده‌ی اسانس‌های زیره‌ی سیاه، فلفل سیاه و درمنه‌ی خراسانی در محتوای پروتئین ($F = 5.92; df = 4, 20; P = 0.0026$)، لیپید ($F = 3.92; df = 4, 20; P = 0.0165$) و گلیکوژن ($F = 3.92; df = 4, 20; P = 0.0165$) شفیله‌های بید سیب‌زمینی در مقایسه با گروه‌های شاهد معنی‌دار بود. در کل مقادیر پروتئین، لیپید و گلیکوژن مرحله‌ی شفیله‌ی بید سیب‌زمینی تحت تأثیر اسانس‌های زیره‌ی سیاه و فلفل سیاه با شاهد معنی‌دار نبود، اما اختلاف بین اسانس درمنه‌ی خراسانی و شاهد معنی‌دار بود (شکل ۳). اثر اسانس‌های گیاهی در محتوای ذخایر انرژی بید سیب‌زمینی بجز یک مورد بررسی نشده است. عبدالعزیز (AbdEl-Aziz, 2011)، مقدار پروتئین کل لاروهای بید سیب‌زمینی تحت تأثیر اسانس گیاه مرزنجوش در مقایسه با شاهد را افزایش و در مرحله‌ی شفیله‌ی نسبت به شاهد را کاهشی گزارش کردند. در بررسی حاضر همانند نتایج تحقیق مذکور، مقدار پروتئین کل بید سیب‌زمینی در مرحله‌ی شفیله‌ی تحت تأثیر اسانس‌های زیره‌ی سیاه، فلفل سیاه و درمنه‌ی خراسانی در مقایسه با شاهد کاهش یافته است.

نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت بید سیب‌زمینی به‌عنوان یکی از آفات مهم بسیاری از مناطق سیب‌زمینی‌کاری دنیا و با در نظر گرفتن آثار سوء آفت‌کش‌ها و مقاوم شدن آفات در برابر بسیاری از آن‌ها، در سه دهه‌ی گذشته محققین بسیاری به استفاده از ترکیبات مستخرج از گیاهان در مدیریت آفات روی آوردند. در این تحقیق، علاوه بر بررسی سمیت تدخینی اسانس‌های درمنه‌ی خراسانی، فلفل سیاه و زیره‌ی سیاه، اثرهای زیرکشنده‌ی آن‌ها هم روی پراسنجه‌های زیستی، جدول زندگی و ذخایر انرژی بید سیب‌زمینی ارزیابی شد. نتایج نشان داد که اسانس‌های درمنه‌ی خراسانی، فلفل سیاه و زیره‌ی سیاه سمیت تدخینی مناسبی روی بید سیب‌زمینی داشتند. همچنین مقادیر به‌دست آمده برای نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r)، به‌عنوان مهم‌ترین پراسنجه در تعیین میزان رشد جمعیت، در تیمارهای تحت تأثیر غلظت‌های زیرکشنده در هر سه اسانس در مقایسه با شاهد کمتر بود. از طرف دیگر اسانس‌های مذکور به ویژه اسانس درمنه‌ی خراسانی اثرهای کنترلی قابل توجه در میزان زنده‌مانی، امید به زندگی و ذخیره‌ی گلیکوژن بید سیب-زمینی داشتند. بنابراین، اسانس‌های درمنه‌ی خراسانی، فلفل سیاه و زیره‌ی سیاه می‌توانند به‌دلیل ایجاد تلفات مستقیم، کاهش جمعیت و کاهش سطح انرژی بید سیب‌زمینی به‌عنوان ترکیباتی کم‌خطر برای انسان و محیط‌زیست به منظور مدیریت آفت بید سیب‌زمینی در شرایط انبار مورد استفاده قرار گیرند. پیشنهاد می‌شود بررسی‌های تکمیلی در راستای معرفی فرمولاسیون‌های مناسب برای افزایش دوام اسانس‌ها در شرایط انباری که امکان کاربرد در کنار محصول سیب-زمینی را هم داشته باشند، انجام شود.

سپاسگزاری

تحقیق حاضر با حمایت مالی معاونت محترم پژوهشی دانشگاه محقق اردبیلی انجام شده است



Mean values in a figure followed by different letters are significantly different (LSD test, $P < 0.05$).

شکل ۳- مجموع پروتئین، لیپید و گلیکوژن مرحله‌ی شفیرگی *Phthorimaea operculella* تحت تأثیر اسانس‌های درمنه‌ی خراسانی *Artemisia khorassanica*، زیره‌ی سیاه *Carum carvi*، فلفل سیاه *Piper nigrum* و شاهد

Figure 3. Total protein, lipid and glycogen of stage of pupa of *Phthorimaea operculella* under the effect of *Artemisia khorassanica*, *Carum carvi*, and *Piper nigrum* essential oils and control

References

- Abd El-Aziz, M. F. 2011. Bioactivities and biochemical effects of marjoram essential oil used against potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Life Science Journal** 8: 288-297.
- Adams, R. P. 2001. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy. Carol Stream: Allured Publishing Co.
- Bemani, M., Izadi, H., Mahdian, K., Khani, A. and Samih, M. A. 2012. Study on the physiology of diapause, cold hardiness and supercooling point of overwintering pupae of the pistachio fruit hull borer, *Arimania comaroffi* (Ragonot) (Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of Insect Physiology** 58: 897-902.
- Ben Jemâa, J. M., Tersim, N., Toudert, K. T. and Khouj, M. L. 2012. Insecticidal activities of essential oils from leaves of *Laurus nobilis* L. from Tunisia, Algeria and Morocco, and comparative chemical composition. **Journal of Stored Products Research** 48: 97-104.
- Borzoui, E., Naseri, B., Abedi, Z. and Karimi-Pormehr, M. S. 2016. Lethal and sublethal effects of essential oils from *Artemisia khorassanica* Podi and *Vitex pseudo-negundo* Against *Plodia interpunctella* (Hubner) (Lepidoptera: Pyralidae). **Environmental Entomology** 45: 1220-1226.
- Cheng, S. S., Chua, M. T., Chang, E. H., Huang, C. G., Chen, W. J. and Chang, S. T. 2009. Variations in insecticidal activity and chemical compositions of leaf essential oils from *Cryptomeria japonica* (L. f.) at different ages. **Bioresource Technology** 100: 465-70.
- Chi, H. and Su, H. Y. 2006. Age-stage, two-sex life tables of *Aphidius gifuensis* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidea) and its host *Mysus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae) with

- mathematical proof of the relationship between female fecundity and their net reproductive rate. **Environmental Entomology** 35: 10-21.
- Chi, H.** 2013. TWSEX-MSChart: A computer program for the age-stage, two sex life. table analysis. [http:// 140. 120. 197. 173/Ecology/](http://140.120.197.173/Ecology/).
- Dogramaci, M. and Tingey, W. M.** 2008. Comparison of insecticide resistance in a north American field population and laboratory colony of potato tuber moth (Lepidoptera: Gelechiidae). **Journal of Pest Science** 81: 17-22.
- Ebadollahi, A. and Mahdavi, V.** 2019. Insecticidal effects of Moldavian dragonhead, *Dracocephalum moldavica* L. essential oil on the parasitoid wasp *Habrobracon hebetor* (Say) and its hosts *Anagasta kuehniella* (Lapsus) and *Plodia interpunctella* (Hubner). **Plant Pest Research** 9: 49-61.
- Fan, L. S., Muhamad, R., Omar, D. and Rahmani, M.** 2011. Insecticidal properties of *Piper nigrum* L. fruit extracts and essential oils against *Spodoptera litura* Fabricius. **International Journal of Agriculture and Biology** 13: 517-522.
- Fang, R., Jiang, C. H., Wang, X. Y., Zhang, H. M., Liu, Z. L., Zhou, L. and Du, S. S.** 2010. Insecticidal activities of essential oil of *Carum carvi* L. fruits from China and its main components against two grain storage insects. **Molecules** 15: 9391-9402.
- Guerra, P. C., Molina, I. Y., Ya' bar, E. and Gianoli, E.** 2007. Oviposition deterrence of shoots and essential oils of *Minthostachys* spp. (Lamiaceae) against the potato tuber moth. **Journal of Applied Entomology** 131: 134-138.
- Horgan, F. G., Quiring, D. T., Lagnaoui, A. and Pelletier, Y.** 2007. Variable responses of tuber moth to the leaf trichomes of wild potatoes. **The Netherlands Entomological Society** 125: 1-12.
- Isman, M. B.** 2006. Botanical insecticides, deterrents and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. **Annual Review of Entomology** 51:45-66.
- Isman, M. B. and Grieneisen, M. L.** 2014. Botanical insecticide research: many publications, limited useful data. **Trends in Plant Science** 19: 140-145.
- Izackmehri, K., Saber, M., Mehrvar, A., Hassanpouraghdam, M. B. and Vojoudi, S.** 2013. Lethal and sublethal effects of essential oils from *Eucalyptus camaldulensis* Dehn and *Heracleum persicum* Desf against the adults of *Callosobruchus maculatus* Fabricius. **Journal of Insect Science** 13: 152.
- Khorrami, F., Rafiee -Dastjerdi, H., Hassanpour, M. and Esmaeilpour, B.** 2014. The lethal and sub-lethal effect of essential oils of *Lavandula angustifolia* L. and *Origanum vulgare* Mill. on life table parameters of *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Agricultural Pest Management** 1: 41-51. (in Farsi)
- Liedo, P., Carey, J. R. and Vargas, R. I.** 1994. Mass rearing of fruit flies: A demographic analysis. In: Calken, C. O., Klassen, W., and Liedo, P. (eds): *Fruit Flies and the Sterile Insect Technique*. CRC Press, Boca Raton.
- Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L. and Randall, R. J.** 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. **Journal of Biological Chemistry** 193: 265-275.
- Meyer, J. S., Igersoll, C. G., MacDonald, L. L. and Boyce, M. S.** 1986. Estimating uncertainty in population growth rates: jackknife vs. bootstrap techniques. **Ecology** 67: 1156-1166.
- Mohammad, A., Douches, D. S., Pett, W., Grafius, E., Coombs, J., Liswidowati, J., Madkour, M. A. and Li, W.** 2000. Evaluation of potato tuber moth (Lepidoptera: Gelechiidae) resistance in tubers of Bt-cry₅ transgenic potato lines. **Journal of Economic Entomology** 93: 472-476.
- Naghizadeh, S., Rafiee-Dastjerdi, H., Golizadeh, A., Esmaielpour, B. and Mahdavi, V.** 2016. The effects of essential oils of *Artemisia absinthium* L., *Achillea millefolium* L. and *Artemisia dracunculoides* L. against potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Jordan Journal of Agricultural Sciences** 12(4): 1115-1123.
- Pruitt, N. L. and Lu, C.** 2008. Seasonal changes in phospholipid class and class specific fatty acid composition associated with the onset of freeze tolerance in third instar larvae of *Eurosta solidaginis* (Fitch). **Physiological and Biochemical Zoology** 81: 226-234.
- Rafiee-Dastjerdi, H., Khorrami, F., Razmjou, J., Esmaielpour, B., Golizadeh, A. and Hassanpour, M.** 2013. The efficacy of some medicinal plant extracts and essential oils against potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Journal of Crop Protection** 2: 93-99.

- Regnault-Roger, C., Vincent, C. and Arnasson, J. T.** 2012. Essential oils in insect control: low-risk products in a high-stakes world. **Annual Review of Entomology** 57: 405–425.
- Rinehart, J. P., Li, A., Yocum, G. D., Robich, R. M., Hayward, S. A. L. and Denlinger, D. L.** 2007. Upregulation of heat shock proteins is essential for cold survival during insect diapause. **Proceeding of National Academy of Sciences of The United States of America** 104: 11130–11137.
- Rondon, S. I.** 2010. The potato tuber worm: a literature review of its biology, ecology and control. **American Journal of potato Research** 87: 149-166.
- SAS,** 2003. A Guide to Statistical and Data Analysis. Version 9.1. SAS Institute, Cary.
- SPSS,** 2015. IBM Spss Statistics for windows, Version 24.0. Armonk, N Y: IBM Crop.
- Symington, C. A.** 2003. Lethal and sublethal effects of pesticides on the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae) and its parasitoid *Orgilus lepidus* Muesebeck (Hymenoptera: Braconidae). **Journal of Crop Protection** 22: 513-519.
- Tayoub, G., Alorfi, M. and Ismail, H.** 2019. Fumigate efficacy of *Juniperus foetidissima* (Willd) essential oil and two terpenes against *Phthorimaea operculella* (Zeller). **Herba Polonica Journal** 65(2): 14-21.
- Upadhyay, R. K. and Jaiswal, G.** 2007. Evaluation of biological activities of *Piper nigrum* L. oil against *Tribolium castaneum*. **Bulletin of Insectology** 60: 57-61.
- Van Handel, E.** 1985. Rapid determination of glycogen and sugars in mosquitoes. **Journal of the American Mosquito Control Association** 1: 299–301.
- Vaneva-Gancheva, T. and Dimitrov, Y.** 2013. Chemical control of the potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller) on tobacco. **Bulgarian Journal of Agricultural Science** 19: 1003-1008.
- Zeinalzadeh, L., Karimi-Malatti, A. and Sahvagard, A.** 2016. Effect of four commercial barley varieties on life table parameters of *Sitotroga cerealella* (Olivier) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Journal of Crop Protection** 52: 293-305.



Research paper

Lethal and sublethal effects of essential oils of *Artemisia khorassanica* Podi, *Carum carvi* L., and *Piper nigrum* L. on the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller)

M. Nedaei^{1*}, G. Nouri-Ganbalani¹, H. Rafiee-Dastjerdi¹ and A. Ebadollahi²

1. Department of Plant Protection, College of Agricultural Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, 2. Department of Plant Sciences, Moghan College of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

(Received: October 18, 2020- Accepted: January 30, 2021)

Abstract

In the present study, lethal and sublethal effects of essential oils of *Artemisia khorassanica* Podi, *Carum carvi* L. and *Piper nigrum* L. was assessed on number of parameters of *Phthorimaea operculella* (Zeller). The lethal concentrations (LC₅₀) of essential oils were determined on the adults. Sublethal concentration (LC₂₀) of essentials decreased the amount of life expectancy (e_x), and showed different changes on the survival rate (l_x) and reproductive value (v_x) in comparison with the control. *A. khorassanica* essential oil in comparison with two the other essential oils decreased the population growth parameters such as gross reproduction rate (*GRR*), net reproduction rate (*R*₀), intrinsic rate of increase (*r*), and finite rate of increase (λ) and increased the mean generation time (*T*) significantly. The essential oil of *A. khorassanica* had the most effective on biological parameters such as larval duration, immature stages, female longevity, the fecundity and fertility. The essential oil of *A. khorassanica* decreased the amounts of pupal protein (489.2 ± 20.86 μ g/pupa), lipid (812.40 ± 48.70 μ g/pupa) and glycogen (96.4 ± 5.51 μ g/pupa) of pupae compared with the control (606.8 ± 28.38 , 941.80 ± 54.97 and 150.40 ± 15.09 μ g/pupa, respectively). Chemical composition analysis of the essential oils showed that camphor and 1,8-cineol in *A. khorassanica* and 2-methyl-3-phenyle propane in *C. carvi* and *P. nigrum* had the most amount. Considering the lethal and sublethal effects of essential oils, performing additional research achieving their application in the management of pest is recommended.

Key words: Botanical essential oils, lethal effects, sub-lethal, *Phthorimaea operculella*

* Corresponding author: masoumehnedaei94@gmail.com