




بررسی اثر چند حشره کش گیاهی و عصاره فرموله شده *Sophora pachycarpa* روی شپشک آردآلود چای *Pseudococcus viburni* در شرایط آزمایشگاه

آمنه اسدی^۱، محمد قدمیاری^{۲*} و سمر رمزی^۳

۱ و ۲ - گروه گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران، ۳ - موسسه علوم باغبانی سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، لاهیجان، ایران.

1.  0009-0001-6722-9761, 2.  0000-0001-8907-971X, 3.  0000-0002-8232-0467

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱/۲۵)

چکیده

شپشک آردآلود چای (*Pseudococcus viburni* (Signoret)) یکی از آفات مهم باغ‌های چای و مرکبات در استان‌های شمال ایران است. در تحقیق حاضر اثر چند حشره کش با پایه گیاهی و فرمولاسیون میکرومولسیون عصاره برگ و ریشه *Sophora pachycarpa* روی شپشک چای در شرایط آزمایشگاهی به روش غوطه‌وری برگ بررسی شد. میزان LC_{50} حشره کش‌های ماترین، عصاره فلفل قرمز، اسانس دارچین و سیر، روغن چریش، صابون روغن نارگیل، روغن کرچک، عصاره فرموله شده برگ و ریشه گیاه *S. pachycarpa* و اسپروسیفن روی حشرات کامل شپشک آردآلود چای به ترتیب ۲۱۵۷، ۱۵۳۸، ۲۸۲۵، ۵۶۰۸، ۴۷۴۶، ۶۵۸۵، ۴۴۹۳، ۵۳۵۷ و ۲۶۷۶ میلی گرم ماده فرموله شده/لیتر محاسبه شد. همچنین میزان LC_{50} حشره کش‌های فوق روی پوره سن سوم این حشره به ترتیب ۲۱۸۸، ۱۵۵۵، ۲۸۰۹، ۵۵۵۹، ۴۷۰۳، ۵۸۴۲، ۳۴۵۷، ۵۱۹۵ و ۱۸۵۶ میلی گرم ماده فرموله شده/لیتر محاسبه شد. آزمون‌های زیست‌سنجی نشان داد که بیشترین کارایی متعلق به حشره کش‌های عصاره فلفل قرمز، ماترین و اسانس دارچین و سیر بود. تیمار پوره‌های سن سوم شپشک آردآلود چای تیمار شده با حشره کش‌های گیاهی مورد آزمایش، فعالیت آنزیم‌های سم‌زدا از جمله آلفا- و بتا- استرازها، استیل کولین استراز، گلوکوتایون اس-ترانسفراز (GST) و سامانه MFO را تحت تاثیر قرار داد. حشره-کش‌های عصاره فلفل قرمز، اسانس دارچین و سیر و عصاره فرموله شده برگ *S. pachycarpa* سبب کاهش فعالیت آنزیم‌های آلفا-استرازها شدند. از آنجا که عصاره فلفل قرمز، ماترین و اسانس دارچین و سیر مرگ و میر قابل ملاحظه‌ای روی پوره‌ها و حشرات کامل شپشک آردآلود چای داشتند، این حشره کش‌ها می‌توانند در مدیریت تلفیقی شپشک آردآلود چای مدنظر قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: آفت‌کش‌های گیاهی، آنزیم‌های سم‌زدا، سمیت، عصاره تلخه بیان

مقدمه

شپشک (*Pseudococcus viburni* (Signoret)) یکی از آفات مهم باغ‌های چای در شمال کشور است. پوره‌ها و حشرات کامل این آفت از شیره ساقه و برگ‌های جوان تغذیه کرده و با تولید عسلک و رشد قارچ مولد دوده در سطح برگ و ساقه باعث کاهش کیفیت و پژمردگی می‌شوند. با توجه به این که برگ‌های چای پس از مراحل فرآوری، به‌طور مستقیم توسط انسان مصرف می‌شوند، سم‌پاشی باغ‌ها با ترکیبات شیمیایی به دلیل خطرات زیست محیطی محدود شده است (Ramzi et al., 2018).

با توجه به اثرات نامطلوب آفت‌کش‌ها در محیط زیست، استفاده از حشره‌کش‌های کم‌خطر در جهان گسترش داشته است. یکی از راهکارهای مناسب برای کاهش خطرات آفت-کش‌های شیمیایی، به‌کارگیری ترکیباتی با منشأ طبیعی و کم-خطر برای محیط زیست است. عصاره‌های گیاهی که به عنوان حشره‌کش سبز شناخته شده‌اند، می‌توانند جایگزین مناسبی برای آفت‌کش‌های شیمیایی باشند (Rahman et al., 2016). یکی از گیاهانی که پتانسیل حشره‌کشی و دارویی دارد، گیاه تلخه‌بیان با جنس *Sophora* از خانواده Fabaceae می‌باشد که ۵۲ گونه از این گیاه در سراسر جهان گزارش شده است. در ایران سه گونه از این جنس شامل *S. alopecuroides mollis* و *S. pachycarpa* گزارش شده است (Aramjoo et al., 2022). گیاهان جنس *Sophora* دارای ماده موثره ماترین بوده که یک آلکالوئید کوینولیزیدین است. این ماده یک حشره‌کش گیاهی با عملکرد تماسی و گوارشی بوده (Akdeniz & Ozmen, 2011) و به عنوان یک ماده سنتی در چین برای مبارزه با آفات مورد استفاده قرار می‌گیرد (Xiang et al., 2012). ماترین یک آفت‌کش گیاهی طبیعی است که از ریشه‌های گیاه *S. flavescens* به دست می‌آید. ماترین ترکیبی است که روی گیرنده‌های استیل کولین حشرات موثر بوده و به‌نوبه خود نیز بر تولید استیل کولین استراز تأثیر می‌گذارد (Wu et al., 2021). ماترین به‌تنهایی یا در حالت ترکیب با سایر ترکیبات شیمیایی برای کنترل آفات سبزیجات، درختان میوه،

گیاهان زینتی و چای در چین استفاده شده است (Wang et al., 2007; Zanardi et al., 2015). سمیت و فعالیت بیولوژیکی مخلوطی از ماترین و روغن دانه گیاه چریش به نام ® KN13126 علیه بندپایان گیاه‌خوار از جمله آفات مکنده و کنه‌های گیاه‌خوار با عادت‌های تغذیه‌ای متفاوت اثبات شده است (Hwang et al., 2009). این ترکیب علاوه بر اثر آفت‌کشی روی موربانه‌های *Coptotermes formosanus* (Shiraki) و کنه دولکه‌ای *Tetranychus urticae* Koch خاصیت ضدتغذیه‌ای نشان داده است (Mao & Henderson, 2007; Bakr et al., 2012).

دایابون Dayabon (SL 10%) نیز یکی از حشره‌کش‌های گیاهی جدید زیست‌سازگار با محیط زیست است که از روغن کرچک تهیه می‌شود (Amini Jam, 2017). این ترکیب به عنوان حشره‌کش و کنه‌کش گیاهی، در کنترل گونه‌های مختلف حشرات از قبیل شته *Aphis faba* Scopoli، *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni)، شته‌های مرکبات *Aphis spiraecola* Patch، *Aphis gossypii* Glover، *Toxoptera aurantii* Boyer و شته سبز هلو *Myzus persicae* (Sulzer) مورد بررسی قرار گرفته است (Amini Jam, 2017; Toorani et al., 2017; Eshghi et al., 2017; Amir Besheli et al., 2019; Rezaei & Moharrampour, 2019).

ترکیبات گیاهی اثر دورکننده یا کشنده روی حشرات نشان می‌دهند و از طریق سازوکارهای متنوعی باعث مرگ و کنترل آفات می‌شوند. برخی از این ترکیبات به‌طور عمده سامانه‌های آنزیمی حشرات را هدف قرار می‌دهند. یکی از سامانه‌هایی که تحت تأثیر این ترکیبات قرار می‌گیرند، سامانه آنزیم‌های سم‌زدا است که شامل استرازها، فسفاتازها، گلوکوتیون اس-ترنسفرازها می‌باشد. مهار آنزیم‌ها از جمله استرازها و فسفاتازها به عنوان نشانگرهای زیستی قابل اعتماد برای ارزیابی اثرات سمی حشره‌کش‌ها بر فیزیولوژی حشرات هدف در نظر گرفته می‌شوند (Ali et al., 2021). یکی از آنزیم‌هایی که تحت تأثیر ترکیبات گیاهی قرار می‌گیرد، استیل کولین استراز (AChE) می‌باشد. مهار یا فعال‌شدن

نمونه برداری و پرورش حشرات

حشرات کامل و پوره‌های شپشک آردآلود چای از باغ-های چای شهرستان فومن در استان گیلان نمونه برداری شدند و پس از انتقال به آزمایشگاه روی جوانه‌های سیب‌زمینی در دمای 25 ± 2 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 60 ± 10 درصد و دوره نوری $16:8$ ساعت (تاریکی: روشنایی) پرورش داده شدند.

تهیه حشره‌کش‌های گیاهی و شیمیایی

حشره‌کش‌های گیاهی ماترین (SL 0.6 %)، دایابون (SL 10%)®، تنداکسیر® (EC 80%)، پسیلا® (Nanocapsules 15%)، نیم‌آزال® (EC1%)، پالیزین® (SL 65%) و اسپیرومسیفن (SC 24%) از شرکت‌های تولیدکننده خریداری شدند (جدول ۱). عصاره برگ و ریشه گیاه *S. pachycarpa* نیز پس از استخراج به صورت میکروامولسیون در شرایط آزمایشگاه فرموله شدند.

آنزیم استیل‌کولین استراز توسط حشره‌کش‌های طبیعی می‌تواند بر حرکت و تعادل موجودات در معرض آن تأثیر بگذارد (Tufeki et al., 2023).

در سال‌های اخیر با توجه به افزایش جمعیت و خسارت شپشک آردآلود در باغ‌های چای، یکی از راهکارهای مناسب، به کارگیری ترکیباتی با منشأ طبیعی و کم‌خطر برای محیط‌زیست است. در این راستا انجام پژوهش‌هایی روی ماده موثره، فرمولاسیون آفت‌کش، تعیین دوز موثر و سازوکار تأثیر آفت‌کش‌های گیاهی لازم و ضروری است. تاکنون اثر عصاره‌های گیاهی روی زنده‌مانی و فعالیت‌های فیزیولوژیک شپشک آردآلود چای مورد بررسی قرار نگرفته است. از این رو، در این تحقیق علاوه بر بررسی کارایی چند حشره‌کش-گیاهی روی این آفت، اثر این حشره‌کش‌ها روی برخی پراسنجه‌های بیوشیمیایی آفت نیز مورد آزمایش قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

جدول ۱- مشخصات ترکیبات مورد بررسی در آزمایش‌ها

Table 1. Specifications of the compounds used in the experiments

Common Name	Trade Name	Formulation	Manufacturing Company
1 Matrine	Roiagro®	SL 0.6 %	Atlas Parniyan Plant (China) Hangzhou Ruigiang
2 Pepper extract	Tondexir®	EC 80%	Kimia Sabzavar (Iran)
3 Cinnamon and garlic(EOs)	Psyla®	Chitosan nanocapsules 15%	Biozare (Iran)
4 Coconut oil soap	Palizin®	SL 65%	Kimia Sabzavar (Iran)
5 Neem oil	NeemAzal T/S®	EC1%	Biobani Paya Trifolio Germany
6 Castor Oil	Dayabon®	SL 10%	DayaNano Technologies (Iran)
7 Espiromesifen	Oberon®	SC 24%	Bayer Germany
8 Leaf extract of <i>Sophora pachycarpa</i>	L. S.P	EC 10%	Formulated in this Research
9 Root extract of <i>Sophora pachycarpa</i>	R.S.P	EC 10%	Formulated in this Research

(ریشه و برگ) در شرایط سایه خشک شده و آسیاب شدند. پودر تهیه شده در متانول ۸۵ درصد (۵۰ گرم از پودر خشک شده در ۵۰۰ میلی لیتر متانول ۸۵ درصد) خیسانده شد. پس از هم‌زدن به مدت ۴۸ ساعت در دمای اتاق، از کاغذ صافی

استخراج عصاره گیاه

نمونه‌های گیاه تلخه‌بیان در اواخر شهریور ماه از روستای بوژمهران از توابع بخش مرکزی شهرستان زیرخان در استان خراسان رضوی، جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شد و پس از شناسایی جنس و گونه این گیاه، بخش‌های مختلف گیاه

فرموله شده/لیتر)، پالیزین (۲۰۰۰ تا ۶۰۰۰ میلی گرم ماده فرموله شده/لیتر)، دایابون (۳۰۰۰ تا ۷۰۰۰ میلی گرم ماده فرموله شده/لیتر)، عصاره برگ گیاه *S. pachycarpa* (۲۰۰۰ تا ۶۰۰۰ میلی گرم ماده فرموله شده/لیتر)، عصاره ریشه گیاه *S. pachycarpa* (۲۰۰۰ تا ۶۰۰۰ میلی گرم ماده فرموله شده/لیتر) و اسپیرومسیفن (۷۵۰ تا ۳۰۰۰ میلی گرم ماده فرموله شده/لیتر) در زیست سنجی نهایی استفاده شدند. شاهد نیز با آب مقطر و حلال تیمار شد. تلفات حشرات پس از ۴۸ ساعت در دمای 25 ± 2 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 60 ± 10 درصد و دوره نوری $16:8$ ساعت (تاریکی:روشنایی) ارزیابی شد. حشراتی که بعد از ۴۸ ساعت با تحریک قلم مو هیچ گونه حرکت یا علایم حیانی نداشتند، به عنوان حشره مرده در نظر گرفته شدند. برای هر غلظت پنج تکرار و برای هر تکرار از ۲۰ عدد حشره هم سن شده استفاده شد.

آزمون های بیوشیمیایی

ابتدا پوره های سن سوم شپشک آرد آلودچای با غلظت-های LC₅₀ هر ترکیب تیمار شدند. بعد از گذشت ۴۸ ساعت، حشرات زنده مانده برای آزمون های بیوشیمیایی به صورت تصادفی انتخاب شدند.

اندازه گیری فعالیت کربوکسیل استراز

اندازه گیری فعالیت استرازها با استفاده از زیرنهیشت های آلفا-نفیتیل استات (α -Naphthyl acetate) (α -NA) و بتا-نفیتیل استات (β -naphthyl acetate) (β -NA) بر اساس روش اوپنورث (Oppenoorth, 1960) انجام شد. در این روش، $112/5$ میکرولیتر بافر فسفات (اسیدیته ۷)، $12/5$ میکرولیتر نمونه آنزیمی، 25 میکرولیتر زیرنهیشت ($6/4$ میلی مولار) و 50 میکرولیتر نمک فست بلو آر آر (Fast blue RR) ($0/2$ درصد در آب مقطر) اضافه شد. سپس، میزان نفتول تولید شده به صورت پیوسته در طول موج های 405 نانومتر (برای سوبسترای آلفا-نفیتیل استات) و 540 نانومتر (برای سوبسترای بتا-نفیتیل استات) با استفاده از دستگاه میکروپلیت ریدر (Stat Fax 3200[®])، اندازه-گیری شد. بعد از محاسبه شیب خط (سرعت اولیه) و تبدیل

عبور داده شد و با استفاده از دستگاه تبخیر کننده چرخشی^۱ دمای 40 درجه سلسیوس تغلیظ شد. در نهایت عصاره تغلیظ-شده با حلال متانول رقیق و در تهیه فرمولاسیون به عنوان ماده موثر استفاده شد (Jaafreh et al., 2019).

فرمولاسیون عصاره گیاه تلخه بیان

برای فرموله کردن عصاره گیاه تلخه بیان، 10 گرم از عصاره تغلیظ شده با 10 میلی لیتر متانول 70 درصد به همراه 30 گرم توپین 80 (۳۰ درصد) و 20 گرم Span 80 (۲۰ درصد) مخلوط و به مدت 30 دقیقه در دمای معمولی اتاق هم زده شدند، سپس $0/05$ گرم هیدروکسی تولوئن و 30 گرم روغن سویا (۳۰ درصد) به آرامی به مخلوط اضافه شدند. برای شاهد، تمام ترکیبات فوق بدون عصاره با هم مخلوط شدند و به جای عصاره از 10 میلی لیتر متانول استفاده شد (Rizvi et al., 2019).

زیست سنجی حشره کش های گیاهی و شیمیایی

آزمون زیست سنجی به روش غوطه وری برگ در محلول حشره کش انجام شد (Erdogan et al., 2019). در این روش، برگ گیاه چای به مدت 10 ثانیه وارد محلول حشره کش شد، سپس داخل تشتک پتری پلاستیکی به قطر هشت سانتی متر قرار داده شدند. پنبه مرطوب به منظور تامین رطوبت مورد نیاز برگ، داخل هر پتری قرار داده شد. برای ورود و خروج هوا به داخل پتری، درب پتری به قطر 2 سانتی متر سوراخ و با توری پوشانده شد. سی دقیقه بعد از تبخیر حلال متانولی، پوره سن سوم و حشرات کامل هم سن که از نظر اندازه با یکدیگر متفاوت بودند، به سطح برگ های مذکور منتقل شدند. برای تعیین غلظت هایی از هر حشره کش که باعث تلفات در حدود 10 تا 90 درصد شود، آزمون های اولیه انجام شد. پس از تعیین غلظت های بالا و پایین، غلظت های بینابین این دو دامنه با فواصل لگاریتمی انتخاب و در نهایت پنج غلظت از هر یک از حشره کش های ماترین (750 تا 3000 میلی گرم ماده فرموله شده/لیتر)، تنداکسیر (500 تا 2000 میلی گرم ماده فرموله شده/لیتر)، پسیلا (1000 تا 3500 میلی گرم ماده فرموله شده/لیتر)، نیم آزال (3000 تا 6000 میلی گرم ماده

¹. Rotary evaporator

مختلف سیتوکروم C تهیه و مطابق روش بیان شده در بالا جذب آن خوانده شد.

تخمین پروتئین

با استفاده از روش برادفورد (Bradford, 1976) مقدار پروتئین هر یک از نمونه‌ها با کمک آلومین سرم گاوی به عنوان نمونه استاندارد، اندازه گیری شد. به این منظور مقدار ۵ میکرولیتر از هر نمونه آنزیم با ۲۵۰ میکرولیتر محلول کوماسی بلو در پلیت الیزاریدر ریخته شد و پس از ۱۵ دقیقه جذب نمونه‌ها در ۶۳۰ نانومتر ثبت شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های به دست آمده از آزمایش‌های زیست‌سنجی و بیوشیمیایی با نرم‌افزارهای Excel (برای محاسبه درصد مرگ‌ومیر و فعالیت آنزیم‌های سم‌زدا، رسم نمودار و محاسبه شیب خط)، POLO-PLUS (برای محاسبه LC₅₀)، Polo PC (مقایسه سمیت نسبی یا مقایسه دو به دوی سمیت حشره-کش‌های گیاهی) و SPSS (تجزیه و تحلیل آماری) تجزیه و تحلیل شدند و برای مقایسه میانگین نتایج، از آزمون توکی در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد.

نتایج

زیست‌سنجی حشره‌کش‌های گیاهی و عصاره‌های فرموله شده روی شپشک آردآلود چای

نتایج بررسی سمیت حشره‌کش‌های گیاهی و اسپیرومسیفن روی پوره‌ها و حشرات کامل شپشک آردآلود چای نشان داد که حشره‌کش تنداکسیر (عصاره روغنی فلفل قرمز) با LC₅₀ پایین‌تری در مقایسه با سایر ترکیبات مورد آزمایش به عنوان موثرترین ترکیب قادر به کنترل پوره‌های سن سوم و حشرات کامل شپشک چای می‌باشد. بعد از تنداکسیر، اسپیرومسیفن، ماترین و پسلا در مقایسه با سایر ترکیبات با غلظت کمتری قادر به کنترل این آفت بودند. ترکیبات دایابون، عصاره ریشه تلخه‌بیان و نیم‌آزال بالاترین LC₅₀ را در مقایسه با سایر تیمارها داشتند (جدول‌های ۲ و ۳).

آن به محصول (با استفاده از خوانش جذب غلظت‌های مختلف نفتول و تهیه منحنی استاندارد) و محاسبه میزان پروتئین موجود در نمونه، فعالیت ویژه (میکرومول بر دقیقه بر میلی‌گرم پروتئین) محاسبه شد.

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم گلو تاتیون اس-

ترانسفراز (GST)

این آزمون با استفاده از زیرنهشت ۱-کلرو ۲-دی نیتروبنزن (CDNB) (1-chloro-2,4-dinitrobenzene) و گلو تاتیون احیا شده (Reduced glutathione) (GSH) مطابق با روش هایگ و همکاران (Habig *et al.*, 1974) با اندکی تغییرات انجام شد. ۱۵ میکرولیتر از نمونه آنزیمی داخل چاهک‌های پلیت الیزاریدر ریخته و سپس ۲۰۰ میکرولیتر از مخلوط CDNB (یک میلی‌مولار) و گلو تاتیون احیاء شده در بافر فسفات (۰/۱ مولار و اسیدیته ۷) به آن اضافه شد. تغییرات جذب با استفاده از میکروپلیت‌ریدر به مدت پنج دقیقه و هر ۳۰ ثانیه یک‌بار در طول موج ۳۴۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. فعالیت ویژه آنزیم با استفاده از ضریب خاموشی محصول ایجاد شده در ۳۴۰ نانومتر، $9/6 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ محاسبه شد.

اندازه‌گیری مقدار مونواکسیژنازهای وابسته به

سیتوکروم P₄₅₀

اندازه‌گیری مقدار مونواکسیژناز P₄₅₀ بر اساس روش بروگدون (Brogdon, 1997) با اندکی تغییر انجام شد. ۲۰ میکرولیتر از منبع آنزیمی، ۸۰ میکرولیتر بافر سدیم فسفات (۰/۱ مولار، pH ۷)، ۲۰۰ میکرولیتر محلول TMBZ و ۲۵ میکرولیتر آب اکسیژنه (۳٪) اضافه شد. سپس اجازه داده شد تا در دمای ۲۵ درجه سلسیوس به مدت ۲ ساعت اینکوبه شود. با استفاده از دستگاه میکروپلیت‌ریدر میزان جذب در طول موج ۴۵۰ نانومتر خوانده شد. از سیتوکروم C به عنوان استاندارد برای محاسبه مقدار آنزیم استفاده شد. غلظت‌های

جدول ۲- تجزیه پروبیت حشره کش های گیاهی و اسپیرومسیفن روی پوره سن سوم شپشک آردآلود چای *Pseudococcus viburni*

Table 2. Probit analysis of botanical pesticides and spiromesifen on third instar nymphs of *Pseudococcus viburni*

Treatment	LC ₅₀ (mg formulated/l) (95% CI)*	Slope±SE	X ² (df)
Matrine (Roiagro®)	2188(1711-3333)	1.429±0.410	1.392 (3)
Pepper extract (Tondexir®)	1555(1219-2511)	1.469±0.276	0.954(3)
Cinnamon and garlic (EOs) (Psyla®)	2809(2265-3897)	1.621±0.206	0.974 (3)
Neem oil (Neem Azal®)	5559 (5019-6382)	3.399±0.47	0.467 (3)
Coconut oil soap (Palizin®)	4703(4107-5711)	2.59±0.368	1.671 (3)
Castor oil (Dayabon®)	5842(5343-6701)	2.296±0.458	0.046 (3)
Leaf extract of <i>Sophora pachycarpa</i> (L.S.P)	3457(3148-3872)	2.624±0.284	0.232 (3)
Root extract of <i>Sophora pachycarpa</i> (R.S.P)	5195(4629-6017)	2.81±0.317	0.277(3)
Espiromesifen (Oberon®)	1856 (1549-2381)	1.913±0.279	0.331 (3)

L.S.P= formulated the leaf extract of *Sophora pachycarpa* and R.S.P= formulated the root extract of *Sophora pachycarpa*, *Confidence Interval

جدول ۳- تجزیه پروبیت حشره کش های گیاهی و اسپیرومسیفن روی حشرات کامل شپشک آردآلود چای *Pseudococcus viburni*

Table 3. Probit analysis of botanical pesticides and spiromesifen on *Pseudococcus viburni* adults

Treatment	LC ₅₀ (mg formulated/l) (95% CI)*	Slope±SE	X ² (df)
Matrine (Roiagro®)	2157(1702-3367)	1.489±0.274	0.958(3)
Pepper extract (Tondexir®)	1538(1220-2372)	1.546±0.277	0.366(3)
Cinnamon and garlic (EOs) (Psyla®)	2825 (3851-2297)	1.706±0.210	0.686(3)
Neem oil (Neem Azal®)	5608(5028-6538)	3.174±0.466	0.565(3)
Coconut oil soap (Palizin®)	4746(4129-5820)	2.525±0.366	0.312(3)
Castor oil (Dayabon®)	6585(5921-7604)	2.204±0.373	0.373(3)
Leaf extract of <i>Sophora pachycarpa</i> (L.S.P)	4493(6419-3644)	1.621±0.344	0.454(3)
Root extract of <i>Sophora pachycarpa</i> (R.S.P)	5357(6289-4747)	2.708±0.317	0.232(3)
Espiromesifen (Oberon®)	2676(2037-4954)	1.481±0.278	0.559(3)

L.S.P= formulated the Leaf extract of *Sophora pachycarpa* and R.S.P= formulated the Root extract of *Sophora pachycarpa*, *Confidence Interval

S. pachycarpa اثر حشره کشی بیشتری داشت، اما با حشره کش اسپیرومسیفن فاقد اختلاف معنی دار بود. همچنین حشره کش پسیلا بعد از تنداکسیر و ماترین موثرتر از بقیه آفت کش ها بود. سمیت پالیزین بیشتر از دایابون و عصاره فرموله شده ریشه *S. pachycarpa* بود. عصاره فرموله شده برگ *S. pachycarpa* در مقایسه با عصاره فرموله شده ریشه *S. pachycarpa*، پالیزین و دایابون تاثیر بیشتری روی پوره سن سوم شپشک چای داشت، اما کارایی حشره کش نیم آزال با دایابون و عصاره فرموله شده ریشه *S. pachycarpa* فاقد اختلاف معنی دار بود (جدول ۴).

محاسبه نسبت غلظت کشنده حشره کش ها روی

پوره سن سوم شپشک آردآلود چای

سمیت نسبی حشره کش ها روی پوره سن سوم با توجه به غلظت های مورد استفاده و تلفات به دست آمده به صورت دو به دو مقایسه شدند. با در نظر گرفتن این نکته، چنانچه عدد یک در محدوده اطمینان سطح ۹۵٪ سمیت نسبی واقع نشود، LC₅₀ دو ترکیب معنی دار خواهد بود. حشره کش تنداکسیر با پایین ترین LC₅₀ به عنوان موثرترین حشره کش در مقایسه با سایر ترکیبات شناخته شد. حشره کش ماترین بعد از تنداکسیر به عنوان دومین ترکیب موثر شناخته شد و نسبت به پسیلا، نیم آزال، پالیزین، دایابون، عصاره فرموله شده برگ و ریشه

جدول ۴- مقایسه سمیت نسبی (مقایسه دوه‌دو) حشره کش‌های گیاهی روی پوره سن سوم و حشرات کامل شپشک آردآلود چای

Table 4. Comparison of relative potencies (pair-by-pair comparison) of botanical insecticides on the third instar nymphs and adults of *Pseudococcus viburni*

Ratio of LC ₅₀	Relative potencies (Confidence interval 95%)	
	Third instar nymph	Adults
Matrine/Tondexir	1.39*(1.08-1.68)	1.39*(1.11-1.78)
Matrine/Oberon	1.06 (0.85- 1.35)	0.82(0.64-1.04)
Psyla/Matrine	1.36*(1.08- 1.72)	1.37*(1.1-1.7)
Psyla/Tondexir	2.01*(1.62- 2.55)	1.91*(1.5-2.4)
Psyla/Oberon	1.43*(1.16- 1.79)	1.17(0.93-1.47)
Neemazal/ Matrine	3.15*(2.13- 4.45)	3.11*(2.3-4.08)
Neemazal/Tondexir	4.32*(3.03- 6.04)	4.29*(3.21-5.65)
Neemazal/Psyla	2.34*(1.71- 3.12)	2.29*(1.77-2.89)
Neemazal/Palizin	1.23*(1.07-1.4)	1.22*(1.06-1.4)
Neemazal/L.S.P	1.66*(1.45- 1.91)	1.39*(1.1-1.8)
Neemazal/R.S.P	1.06(0.93-1.21)	1.07(0.94-1.21)
Neemazal/Oberon	3.29*(2.65-4.09)	2.6*(1.84-3.47)
Palizin/Matrine	2.59*(1.92-3.41)	2.56*(2.08-3.13)
Palizin/Tondexir	3.54*(2.69-4.62)	3.53*(2.59-4.31)
Palizin/Psyla	1.91*(1.56-2.32)	1.88*(1.54-2.27)
Palizin/L.S.P	2.69*(2.26-3.22)	1.15 (0.96- 1.41)
Palizin/Oberon	1.35*(1.17-1.57)	2.14*(1.72-2.61)
Dayabon/Matrine	3.21*(2.54-3.98)	3.41*(2.76-4.15)
Dayabon/Tondexir	4.41*(3.56-5.43)	4.73*(3.84-5.78)
Dayabon/Psyla	2.38*(1.93-2.9)	2.51*(2.05-3.02)
Dayabon/Neemazal	1.01(0.89-1.15)	1.1(0.96-1.27)
Dayabon/Palizin	1.25*(1.08-1.44)	1.34*(1.15-1.57)
Dayabon/L.S.P	1.69*(1.46-1.96)	1.56*(1.29-1.92)
Dayabon/R.S.P	1.11(0.97-1.27)	1.17*(1.02-1.35)
Dayabon /Oberon	3.19*(2.6-3.9)	2.83*(2.24-3.47)
L.S.P/Matrine	1.92*(1.4-2.57)	2.09*(1.61-2.62)
L.S.P/Tondexir	2.6*(1.94-3.21)	2.92*(2.23-3.7)
L.S.P/Psyla	1.41*(1.1-1.79)	1.55*(1.21-1.92)
L.S.P/Oberon	1.97*(1.6-2.34)	2.76*(2.23-3.46)
R.S.P/Matrine	2.93*(2.18-3.86)	3.4*(2.78-4.18)
R.S.P/Tondexir	3.97*(3.08-5.11)	4.69*(3.83-5.83)
R.S.P/Psyla	2.16*(1.7-2.71)	2.47*(2.04-3.01)
R.S.P/Palizin	1.12(0.97-1.28)	0.96 (0.8-1.13)
R.S.P/L.S.P	1.52*(1.32-1.74)	1.55*(1.27-1.95)
R.S.P/Oberon	3.01*(2.57-3.53)	2.82*(2.28-3.48)
Oberon/Tondexir	0.93(0.73-1.16)	1.7*(1.33-2.23)

* از لحاظ LC₅₀ و عدم همپوشانی محدوده اطمینان ۹۵٪ با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند.

* In terms of LC₅₀ and the non-overlapping of the 95% confidence interval, there is a significant difference with each other.

تیمارها روی حشرات کامل به ترتیب از بیشترین به کمترین شامل تنداکسیر، ماترین، اسپیرومسیفن، پسلا، عصاره برگ *S. pachycarpa*، پالیزین، عصاره ریشه *S. pachycarpa* نیم‌آزال و دایابون بود. حشره کش تنداکسیر با LC₅₀ پایین‌تری در مقایسه با سایر ترکیبات مورد آزمایش به عنوان

محاسبه سمیت نسبی حشره‌کش‌ها روی حشرات کامل شپشک آردآلود چای

نتایج مقایسه سمیت نسبی حشره‌کش‌ها در سطح اطمینان ۹۵٪ روی حشرات کامل شپشک آردآلود چای تقریباً مشابه نتایج به‌دست‌آمده روی پوره سن سوم بود. اثر کشندگی

آلفا- استراز در پوره های سن سوم شپشک آردآلود چای در مقایسه با شاهد شدند. در حالی که تنداکسیر، پسیلا، عصاره فرموله شده برگ *S. pachycarpa* و اسپیرومسیفن فعالیت آنزیم آلفا- استراز را در پوره های سن سوم شپشک آردآلود چای کاهش دادند و حشره کش های پالیزین، نیم آزال و دایابون فاقد اختلاف معنی دار با شاهد بودند (جدول ۶).

بتا استراز: اندازه گیری فعالیت بتا- استراز در پوره های تیمار شده نشان دهنده افزایش فعالیت این آنزیم توسط تنداکسیر، پسیلا، اسپیرومسیفن، دایابون و عصاره فرموله شده ریشه *S. pachycarpa* بود، در حالی که بقیه تیمارها تاثیری روی کاهش یا افزایش فعالیت این آنزیم در مقایسه با شاهد نداشتند (جدول ۵).

موثرترین ترکیب شناخته شد. ماترین فاقد اختلاف معنی دار با اسپیرومسیفن بود. عصاره فرموله شده برگ *S. pachycarpa* موثرتر از عصاره فرموله شده ریشه *S. pachycarpa* و دایابون روی حشرات کامل بود. اما پالیزین با عصاره فرموله شده برگ و ریشه *S. pachycarpa* اختلاف معنی دار نداشت. کارایی حشره کش نیم آزال با دایابون، پالیزین و عصاره فرموله شده ریشه *S. pachycarpa* فاقد اختلاف معنی دار بود (جدول ۴).

اثر چند حشره کش روی فعالیت آنزیم های سم زدای و کولین استراز شپشک آردآلود چای

آلفا استراز: نتایج بررسی فعالیت آنزیم آلفا- استراز بعد از ۴۸ ساعت در حشرات تیمار شده نشان داد که ماترین و عصاره فرموله شده ریشه تلخه بیان سبب افزایش فعالیت آنزیم های

جدول ۵- مقایسه میانگین فعالیت آنزیم های استرازی (\pm خطای معیار) در حشرات تیمار شده شپشک آردآلود چای با چند حشره کش گیاهی و اسپیرومسیفن بعد از ۴۸ ساعت مواجهه

Table 5. Comparison of the mean activity of esterases (\pm SE) in tea mealybugs treated with several botanical insecticides and spiromesifen after 48 hours of exposure

Treatment	α -Esterase nmol naphthol/min/mg protein	β -Esterase nmol naphthol/min/mg protein
Matrine (Roiagro®)	0.634 \pm 0.027b	0.039 \pm 0.003e
Pepper extract (Tondexir®)	0.189 \pm 0.005ef	0.14 \pm 0.01d
Cinnamon and garlic (EOs) (Psyla®)	0.167 \pm 0.005f	0.14 \pm 0.076d
Neem oil (Neem Azal®)	0.241 \pm 0.001de	0.041 \pm 0.002e
Coconut oil soap (Palizin®)	0.274 \pm 0.01d	0.042 \pm 0.001e
Castor oil (Dayabon®)	0.351 \pm 0.005c	0.281 \pm 0.007b
Leaf extract of <i>Sophora pachycarpa</i> (L.S.P)	0.088 \pm 0.005g	0.041 \pm 0.001e
Root extract of <i>Sophora pachycarpa</i> (R.S.P)	0.905 \pm 0.012a	0.541 \pm 0.284a
Espiromesifen (Oberon®)	0.0102 \pm 0.006g	0.264 \pm 0.003c
Control	0.287 \pm 0.0064cd	0.043 \pm 0.001e
df	9	9
F	418.221	3902.301
P-value	0.001	0.001

*میانگین های دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی دار ندارند (در سطح احتمال ۵ درصد، آزمون توکی)

*Means with the same letters in each column are not significantly different (at the 5% probability level, Tukey's test).

تنداکسیر، پالیزین، نیم آزال و عصاره فرموله شده ریشه *S. pachycarpa* بود و فعالیت GSTها توسط حشره کش های پسیلا، ماترین، دایابون و عصاره فرموله شده برگ *S. pachycarpa* افزایش داشت (جدول ۶).

گلوکاتایون اس تونسفرآز: نتایج مقایسه میانگین فعالیت GSTها در حشرات تیمار شده با شاهد نشان دهنده کاهش فعالیت GST در حشرات تیمار شده با حشره کش های گیاهی و اسپیرومسیفن بود که بیشترین کاهش مربوط به تیمارهای

جدول ۶- مقایسه میانگین فعالیت آنزیم‌های GST، AchE و مقدار MFO (\pm خطای معیار) در شپشک آردآلود چای تیمار شده با چند حشره کش گیاهی و اسپیرومسین بعد از ۴۸ ساعت مواجهه

Table 6. Comparison of the mean activity of GST, AchE and MFO content (\pm SE) in tea mealybugs treated with several botanical insecticides and spiromsifen after 48 hours of exposure

Treatment	GST (nmol/min/mg protein)	AchE (μ mol/min/mg protein)	MFO (Cytochrome P450/mg protein)
Matrine (Roiagro®)	3.12 \pm 0.002a	0.113 \pm 0.001b	0.047 \pm 0.001e
Pepper extract (Tondexir®)	0.455 \pm 0.006d	0.084 \pm 0.001d	0.036 \pm 0.002f
Cinnamon and garlic (EOs) (Psyla®)	3.011 \pm 0.002a	0.023 \pm 0.001e	0.578 \pm 0.006a
Neem oil (Neem Azal®)	0.455 \pm 0.006d	0.113 \pm 0.001b	0.137 \pm 0.001c
Coconut oil soap (Palizin®)	0.209 \pm 0.003e	0.114 \pm 0.001b	0.137 \pm 0.002c
Castor oil (Dayabon®)	2.26 \pm 0.001b	0.084 \pm 0.001d	0.107 \pm 0.003d
Leaf extract of <i>Sophora pachycarpa</i> (L.S.P)	2.26 \pm 0.001b	0.014 \pm 0.001f	0.185 \pm 0.003b
Root extract of <i>Sophora pachycarpa</i> (R.S.P)	0.194 \pm 0.002e	0.09 \pm 0.001c	0.017 \pm 0.001g
Espiromsifen (Oberon®)	3.01 \pm 0.021a	0.158 \pm 0.001a	0.137 \pm 0.002c
Control	1.88 \pm 0.006c	0.113 \pm 0.001b	0.02 \pm 0.004g
df	9	9	9
F	149089	5538.584	12533.626
P-value	0.001	0.001	0.001

* میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌دار ندارند (در سطح احتمال ۵ درصد، آزمون توکی)

*Means with the same letters in each column are not significantly different (at the 5% probability level, Tukey's test).

بحث

با توجه به مصرف بیش از حد حشره کش‌های شیمیایی در مزارع و باغ‌ها به منظور کنترل آفات در محصولات کشاورزی و اهمیت حشره کش‌های گیاهی در کاهش خسارت، خاصیت حشره کشی عصاره متانولی برگ و ریشه گیاه *S. pachycarpa* روی پوره‌های سن سوم و حشرات کامل شپشک آردآلود چای در شرایط آزمایشگاه بررسی شد. فرموله کردن عصاره برگ و ریشه گیاه *S. pachycarpa* با کمک امولسیون‌کننده‌ها و مواد افزودنی نشان داد که این فرمولاسیون دارای خاصیت حشره کشی مناسب و قابل مقایسه با دیگر حشره کش‌های گیاهی موجود در بازار می‌باشد. البته عصاره فرموله شده برگ *S. pachycarpa* نسبت به عصاره ریشه گیاه روی حشرات کامل و پوره سن سوم شپشک آردآلود چای موثرتر بود (جدول‌های ۲، ۳ و ۴). حشره کش-

استیل کولین استراز: نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان‌دهنده

کاهش فعالیت آنزیم‌های استیل کولین استراز در حشرات تیمار شده نسبت به شاهد بود. عصاره فرموله شده برگ *S. pachycarpa* و پسلا بیشترین کاهش فعالیت آنزیم استیل کولین استراز را در پوره‌های سن سوم شپشک آردآلود چای نشان دادند و ماترین، نیم‌آزال و پالیزین با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۶).

مونواکسیژناز: نتایج مقایسه میانگین مقادیر اکسیدازهای

میکروزومی در پوره‌های سن سوم تیمار شده نشان داد که ماترین، تنداکسیر، پسلا، نیم‌آزال، پالیزین، دایابون، عصاره فرموله شده برگ *S. pachycarpa* و اسپیرومسین باعث افزایش مقدار اکسیدازهای میکروزومی در مقایسه با شاهد شدند و عصاره فرموله شده ریشه *S. pachycarpa* اختلاف معنی‌دار با شاهد نداشت (جدول ۶).

آنتی اکسیدانی سلول در برابر تنش اکسیداتیو ناشی از مواد شیمیایی یا یک بیمارگر مهاجم دارند (Wu et al., 2021). فرآیند سم‌زدایی در حشرات نیازمند مصرف انرژی بالایی است، از این رو کاهش یا افزایش طول عمر حشره و یا کاهش در میزان تولیدمثل می‌تواند در نتیجه افزایش مصرف انرژی در زمان سم‌زدایی ایجاد شود (Li et al., 2018). بنابراین، حشره‌کش‌ها ممکن است باعث مرگ و میر مستقیم آفات نشوند، اما با ایجاد تنش و تغییر در پراسنجه‌های بیوشیمیایی به کاهش جمعیت در نسل بعد کمک کنند. بررسی‌ها نشان داده است که حشره‌کش‌ها، اثرات متفاوتی بر سیستم‌های آنزیمی دفاعی حشرات دارند و تغییرات در فعالیت آنزیم‌ها منجر به مرگ حشرات یا سبب ایجاد مقاومت در حشرات مربوطه می‌شود. با توجه به این که در ترکیبات گیاهی مواد شیمیایی متنوعی وجود دارد، به همین دلیل نتایج پراسنجه‌های بیوشیمیایی متنوع بود. استرازاها و گلو تاتیون اس - ترانسفرازها از جمله آنزیم‌های موثر در فرآیند سم‌زدایی و ایجاد مقاومت به سموم شیمیایی در حشرات به شمار می‌روند. استیل کولین استرازاها از آنزیم‌های مورد هدف توسط اسانس‌ها و متابولیت‌های ثانویه می‌باشند (Isman & Tak, 2017).

مهار استیل کولین استراز توسط ترکیبات گیاهی سبب ایجاد اختلال و بی‌نظمی در هماهنگی سامانه عصبی-عضلانی شده و در نهایت منجر به فلج و مرگ حشره می‌شود (Kumrungsee et al., 2014). یکی از موارد مهمی که اسانس‌ها و متابولیت‌های ثانویه گیاهی به عنوان ترکیبات زیستی جدید با منشا گیاهی در نظر گرفته می‌شوند، توانایی بالقوه آنها در مهار استیل کولین استرازاها می‌باشد، که ممکن است نقش مهارکننده رقابتی یا غیررقابتی داشته باشند و از نظر جایگاه اتصال به آنزیم متفاوت عمل می‌کنند (Isman & Tak, 2017; Jankowska et al., 2017). در این تحقیق ترکیبات گیاهی تنداکسیر، پسیلا، دایابون، عصاره برگ و ریشه *S. pachycarpa* باعث کاهش فعالیت استیل کولین استراز شدند. در منابع بیان شده که این آنزیم مکان هدف حشره‌کش‌های گیاهی است. دو حشره‌کش نیم‌آزال

های گیاهی مورد آزمایش روی پوره سن سوم و حشرات-کامل شپشک آردآلود چای از موثرترین تا کم‌اثرترین آنها بر اساس مقدار LC_{50} محاسبه شده به ترتیب تنداکسیر، ماترین، پسیلا، عصاره برگ فرموله شده گیاه *S. pachycarpa* پالیزین، عصاره ریشه فرموله شده گیاه *S. pachycarpa* نیم‌آزال و دایابون بودند.

با توجه به بررسی‌های انجام‌شده، به نظر می‌رسد که پوره‌ها و حشرات کامل آفات مکنده از جمله پسیل‌ها، شته‌ها و شپشک‌ها حساسیت بیشتری به حشره‌کش‌های تنداکسیر و پالیزین دارند، به عنوان مثال می‌توان به کنترل ۸۷ درصدی شته *A. gossypi* توسط پالیزین (Emami, 2016)، کاهش جمعیت و کنترل موثر شته سبز انار توسط پالیزین و تنداکسیر (Farazmand et al., 2012)، کنترل پوره‌های پسیل پسته توسط عصاره فلفل قرمز با بالاترین درصد (Danaye Tos et al., 2013)، کنترل موثر تنداکسیر روی شته خرزهره *Aphis nerri* (Heydari et al., 2016)، اشاره کرد که در مقایسه با نتایج تحقیق حاضر نیز تنداکسیر به عنوان حشره‌کش کارا و موثرتری در کنترل پوره‌های سن سوم و حشرات بالغ شپشک آردآلود چای معرفی شده است. در سایر حشرات نتایج مقایسه این حشره‌کش‌ها متفاوت بوده است. برخلاف نتایج تحقیق حاضر، LC_{50} حشره‌کش تنداکسیر تقریباً ۲/۵ برابر LC_{50} پالیزین در کنترل لارو *Galleria mellonella* Linnaeus بود (Gholamzadeh-Chitgar & Pourmoradi, 2017) که دلیل این تضاد مربوط به شیوه زیست‌سنجی و گونه حشره می‌باشد.

حشرات دارای سازوکارهای دفاعی در برابر حشره‌کش‌ها و بیمارگرها می‌باشند که متشکل از سامانه‌های آنزیمی متعدد هستند. آنزیم‌های تخریب‌کننده کوتیکول، اکسیدازهای چندمنظوره (MFO)، GST، استرازاها (EST)، استیل کولین استرازاها (AChE) و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (SOD)، (POD، CAT) سامانه‌های آنزیمی هستند که به‌طور معمول در دفاع از حشرات در برابر مواد شیمیایی موثر می‌باشند (Li et al., 2007). آنزیم‌ها نقش اساسی در سم‌زدایی و دفاع

کاهش فعالیت این آنزیم‌ها شناخته شده‌اند (War *et al.*, 2014; Tarigan *et al.*, 2016).

افزایش فعالیت آلفا استراز در پوره‌های تیمار شده با ماترین و عصاره فرموله‌شده ریشه *S. pachycarpa* نسبت به شاهد نشان می‌دهد که پوره سن سوم شپشک آردآلود چای در پاسخ به تیمار با این حشره‌کش‌ها و به منظور خنثی کردن اثرات سمی آن بر فیزیولوژی بدن خود، سطح فعالیت آنزیم آلفا استراز را افزایش داده است. چون حشره‌کش‌های گیاهی حاوی مواد موثر متفاوت هستند و ایجاد تنش با این ترکیبات روی حشرات منجر به پاسخ متفاوت آنزیم‌های سم‌زدا به این تنش می‌شود؛ بنابراین، عدم اختلاف معنی‌دار بین شاهد و تیمارهای پالیزین، نیم‌آزال و دایابون شاید ناشی از این نکته باشد که حشره به منظور مقابله با اثرات این سه حشره‌کش، از آنزیم آلفا استراز برای سم‌زدایی استفاده نمی‌کند. کاربرد حشره‌کش‌های تنداکسیر، پسیلا، دایابون، عصاره فرموله‌شده ریشه *S. pachycarpa* و اسپیرومسیفن باعث افزایش فعالیت بتا استراز در این حشره شدند، با این حال، پالیزین، نیم‌آزال و عصاره فرموله‌شده برگ *S. pachycarpa* اثر معنی‌داری روی فعالیت بتا استراز نداشتند. نتایج اثر تیمارهای مختلف روی فعالیت آنزیم آلفا استراز و بتا استراز پوره‌های سن سوم شپشک آردآلودچای مشخص نمود که در اغلب موارد بین تیمارها و شاهد اختلاف معنی‌داری وجود داشت. بیشترین کمترین فعالیت آنزیم آلفا استراز به ترتیب در تیمار عصاره ریشه فرموله‌شده *S. pachycarpa* و عصاره برگ فرموله‌شده *S. pachycarpa* بود. بیشترین فعالیت آنزیم بتا استراز به ترتیب در تیمارهای عصاره فرموله‌شده ریشه *S. pachycarpa* و کمترین فعالیت آنزیم بتا استراز در تیمارهای نیم‌آزال، پالیزین و عصاره فرموله‌شده برگ *S. pachycarpa* به دست آمد. دلیل این امر شاید وجود مواد موثر متفاوت در این حشره‌کش‌های گیاهی می‌باشد که برخی با مکان فعال آنزیم درگیر شده و برخی دیگر ممکن است باعث القای سامانه استرازی شده‌اند.

(ترکیبات تنظیم‌کننده رشد) و پالیزین (حاوی روغن نارگیل) روی فعالیت این آنزیم تأثیری نداشتند. بیشترین کاهش و بازدارندگی مربوط به عصاره برگ *S. pachycarpa*، پسیلا و تنداکسیر (کشنده‌ترین حشره‌کش در این آزمون) بود. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که سمیت اجزای اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهی ممکن است با آسیب‌های سلولی در بافت حشرات مرتبط باشد (Kiran *et al.*, 2017). مکان‌های فعالیت اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهی متغیر است، که آنها را قادر می‌سازد تا آنزیم‌های سم‌زدا را مسدود کنند (Park & Tak, 2016). تنوع ترکیبات موجود در اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهی، سبب تنوع در جایگاه تأثیر این ترکیبات شده است (Park & Tak, 2016). فعالیت آنزیم‌های سم‌زدا در حشرات تحت تأثیر عواملی از جمله نوع فرمولاسیون حشره‌کش، غلظت حشره‌کش، نحوه قرارگیری حشره در معرض حشره‌کش (نوع زیست‌سنجی)، مرحله رشدی حشره و نوع حشره مورد بررسی متفاوت می‌باشد. از طرف دیگر اسانس‌ها و ترکیبات گیاهی شامل چندین متابولیت گیاهی ثانویه هستند که هر کدام می‌توانند بر سامانه‌های مختلف در حشرات از جمله آنزیم‌های گوارشی، سامانه‌های آنتی‌اکسیدانی و همچنین سامانه ایمنی تأثیرگذار باشند (Tak *et al.*, 2017). مطالعه حاضر نشان داد که حشره‌کش‌های تنداکسیر، پسیلا، اسپیرومسیفن و عصاره برگ *S. pachycarpa* با سمیت بیشتر نسبت به سایر حشره‌کش‌های گیاهی سبب کاهش فعالیت آنزیم‌های آلفا استراز شدند و کاهش سطح فعالیت آنزیم‌ها نشان می‌دهد که حشره‌کش‌های بیان‌شده قادر به اتصال به مکان فعال آنزیم‌های آلفا استراز هستند. کاهش فعالیت استرازاها می‌تواند بیانگر پیوند این آنزیم‌ها با مواد موجود در عصاره‌های گیاهی باشد. چرا که این آنزیم‌ها مکان کاتالیتیکی محدودی دارند و با ماده خارجی پیوند شده و آن را به آرامی تجزیه می‌کنند. کاهش فعالیت این آنزیم‌ها به دلیل توقف تولید آنها در جایی از فرآیند تولید است (Hasheminia *et al.*, 2011). ترپن‌ها (از ترکیبات موجود در آفت‌کش‌های گیاهی) به عنوان ترکیبات مهم تأثیرگذار و به عنوان رقیب برای مکان اثر ترکیبات سم‌زدا و در نتیجه

تنداکسیر، پالیزین، نیم آزال و عصاره ریشه فرموله شده *S. pachycarpa* بیشترین اثر کاهشی را بر فعالیت آنزیم گلوکاتایون اس ترانسفراز در مقایسه با سایر تیمارها داشتند. کاهش فعالیت GST در این تحقیق پس از ۴۸ ساعت به-احتمال به دلیل تجمع این ترکیبات در همولنف و بلوکه شدن گیرنده‌های آنزیمی توسط ترکیبات موجود در حشره کش-های گیاهی باشد و یا احتمال می‌رود که آنزیم GST نتوانسته است توسط تیمارهای مذکور القا شود و تاثیر مطلوبی در سم-زدایی حشره کش‌های گیاهی مورد مطالعه نداشته است. در گزارش برخی از پژوهشگران فعالیت آنزیم GST در بدن آفات تیمار شده با ترکیبات مختلف افزایش یافته است. فعالیت GST در پوره‌های شپشک آردآلود چای تیمار شده با اسانس درمنه *A. annua*، در پروانه آرد *A. kuehniell* تحت تاثیر غلظت‌های مختلف اسانس‌های زنیان و تیمول و در *Oryzaephilus surinamensi* (Linnaeus) تحت تاثیر اسانس اکالیپتوس در مقایسه با شاهد افزایش داشتند (Lee et al., 2000; Shahriari et al., 2017; Ramzi et al., 2018). در بررسی اثر تیمول و ترکیب ۱ و ۸- سینتول روی میزان فعالیت استرازاها، GST و استیل کولین استراز بر لارو سن سوم بید کلم *Plutella xylostella* (Linnaeus) در مقایسه با شاهد افزایش داشت و می‌توان استنباط کرد که بروز سمیت حاد توسط این ترکیبات سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های سم‌زدا به منظور تجزیه، متابولیسم و کاهش اثر آفت‌کش‌ها شده است (Kumrungsee et al., 2014).

نتایج نشان داد که بین مقادیر LC_{50} حشره کش‌های گیاهی و فعالیت‌های آنزیم‌های سم‌زدا روی پوره‌های سن سوم شپشک آردآلود چای تفاوت وجود دارد. حشره کش تنداکسیر با کمترین مقدار LC_{50} به عنوان موثرترین حشره-کش سبب کاهش فعالیت آنزیم‌های آلفا استراز، بتا استراز و GST شد. نیم آزال و دایابون با بیشترین مقدار LC_{50} به عنوان کم‌اثرترین حشره کش‌ها در کنترل پوره‌ها و حشرات کامل

با این حال، در تحقیق حاضر حشره کش پالیزین و نیم آزال با توجه به اینکه از نظر سمیت در مقایسه با سایر حشره کش-های مورد آزمایش تاثیر کمتری روی تلفات پوره سن سوم شپشک آردآلود چای داشتند، در مقایسه فعالیت آنزیمی نیز تاثیر معنی داری روی فعالیت آنزیم‌های آلفا و بتا استراز نداشتند. به عبارت دیگر، شاید این آنزیم‌ها در سم‌زدایی این حشره کش‌ها نقش زیادی ندارند. برخی پژوهش‌ها حاکی از کاهش یا افزایش فعالیت استرازاها در حشرات تیمار شده با آفت‌کش‌ها هستند. فعالیت استرازاها در لاروهای *Zeller Anagasta kuehniella* تحت تیمار اسانس کلپوره و آلفاپنین کاهش یافت (Shahriari et al., 2018; Shahriari et al., 2019). فعالیت آلفا-استراز در پوره‌های شپشک آردآلود چای تیمار شده با اسانس درمنه *Artemisia annua* Linnaeus پس از ۲۴ ساعت افزایش، اما فعالیت بتا-استراز در پوره‌های تیمار شده کاهش یافت (Ramzi et al., 2018).

گلوکاتایون S-ترانسفرازها (GST) مزدوج شدن مولکول‌های الکتروفیل را با گلوکاتایون احیاشده (GSH) کاتالیز کرده و به این صورت به دفع آسان مواد سمی کمک می‌کند (Sun et al., 2020). افزایش فعالیت GST ممکن است تحت تاثیر دو سازوکار اصلی شامل بیان بیش از حد ایزوآنزیم‌های اصلی GST در حشرات و القای تولید ایزوآنزیم‌های جدید باشد (Cheng et al., 2015). با توجه به اهمیت این آنزیم‌ها در محافظت از سلول‌ها در برابر تنش اکسیداتیو، تغییر در فعالیت این آنزیم می‌تواند به عنوان یک سازوکار دفاعی در شپشک آردآلود چای در برابر عوامل تنش‌زا، مانند ترکیبات شیمیایی القاشده توسط عصاره‌های گیاهی دیده شود.

اثر تیمارهای مختلف روی فعالیت آنزیم گلوکاتایون اس ترانسفراز در پوره سن سوم شپشک آردآلود چای مشخص نمود که حشره کش‌های ماترین، پسیلا، اسپیرومسیفن با سمیت بیشتر در مقایسه با حشره کش‌های دایابون و عصاره فرموله شده برگ *S. pachycarpa* باعث افزایش فعالیت این آنزیم شدند. با این حال در بین تیمارهای مورد آزمایش

ویژه‌ای در مواجهه با یک ترکیب خارجی دارد. وقتی موجود زنده در برابر دزهای بالاتر از حد تحمل قرار می‌گیرد، ممکن است در میزان فعالیت آنزیم‌های سم‌زدا تغییراتی صورت نگرفته و واکنش به صورت افزایش تلفات در حشره ثبت شود (Rahmani et al., 2016).

با توجه به مکان‌های تاثیر متنوع ترکیبات گیاهی، احتمال مقاومت شپشک آردآلودچای به این ترکیبات پایین است. با در نظر گرفتن اهمیت چای تولیدی در ایران و ضرورت کنترل شیمیایی شپشک آردآلود چای، استفاده از حشره‌کش‌های گیاهی، خطرات زیست محیطی کمتری داشته و ضمن کنترل آفات، سبب حفظ شکارگرها و دشمنان طبیعی در باغ‌ها می‌شوند. بنابراین، عصاره‌های گیاهی مانند تنداکسیر، ماترین، پسیلا و عصاره برگ گیاه *S. pachycarpa* می‌توانند در برنامه‌های مدیریت شپشک آردآلود در باغ‌های چای گنجانده شوند.

سپاسگزاری

از کمک‌های مالی معاونت محترم پژوهشی دانشگاه گیلان تشکر و قدردانی می‌شود.

شپشک آردآلود چای بودند که سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های آلفا استراز، بتا استراز و گلوکاتایون اس ترانسفراز در پوره‌های سن سوم شپشک آردآلود چای شدند.

بررسی‌ها نشان داده است که اسانس‌ها یا عصاره‌های گیاهی، سبب تغییرات قابل توجهی در میزان فعالیت مونوکسیژناز P₄₅₀ در حشرات شده‌اند (O'Neal et al., 2019; Gaire et al., 2020). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تمام حشره‌کش‌های گیاهی مورد بررسی به جز عصاره فرموله‌شده ریشه *S. pachycarpa* بعد از ۴۸ ساعت، سبب افزایش مقدار مونوکسیژناز P₄₅₀ در پوره‌های سن سوم شپشک آردآلود چای شدند که به احتمال نقش این سامانه در متابولیسم این ترکیبات را در شپشک آردآلود نشان می‌دهد. افزایش سطح فعالیت آنزیم‌های سم‌زدا و مونوکسیژناز P₄₅₀ با استفاده از حشره‌کش سایپرترین در ترکیب با اسانس‌های گیاهی و ترکیبات اصلی آنها در لاروهای *Spodoptera litura* Fabricius (Lep.: Noctuidae) نیز مشاهده شده است (Ruttanaphan et al., 2019). حشره‌کش پیریمیکارب سبب افزایش فعالیت آنزیم مونواکسیژناز P₄₅₀ در شته *A. fabae* شد. بنابراین هر موجود زنده ظرفیت یا پتانسیل متابولیک مشخصی داشته و حد تحمل یا مقاومت

Reference

- Amir Besheli, B., Toorani, A. H., & Abbasipour, H. (2019). The effect of biorational insecticides on the citrus aphids and their predator, *Coccinella septempunctata* L. *Acta agriculture Slovenica*, 114(2), 221-229. DOI:<https://doi.org/10.14720/aas.2019.114.2.7>
- Amini Jam, N. 2017. Effect of botanical insecticides, Dayabon® and Palizin® against *Aphis fabae* Scopli (Hem: Aphididae) and functional response of its parasitoid wasp, *Lysiphlebus fabarum* (Marshall) (hym: Braconidae). *Plant Pest Research*, 7(4), 13-28. DOI:<https://doi.org/10.22124/IPRJ.2018.2744> (in Farsi)
- Aramjoo, H., Mohammadparast-Tabas, P., Farkhondeh, T., Zardast, M., Makhdomi, M., Samarghandian, S., & Kiani, Z. (2022). Protective effect of *Sophora pachycarpa* seed extract on carbon tetrachloride induced toxicity in rats. *BMC Complementary Medicine and Hterapies*. 22, 76. DOI:<https://doi.org/10.1186/s12906-022-03554-9>
- Ali, K., Sagheer, M., Hassan, M., Rashid, A., & Shahid, M. (2021). Bioactivity of medicinal plant extracts as toxicants and enzyme inhibitors against insect pests of stored commodities. *Journal Crop Protection*, 10(1), 95-109. DOI:<https://doi.org/20.1001.1.22519041.2021.10.1.11.5>
- Akdeniz, D., & Ozman, A. (2011). Antimitotic effects of the biopesticide oxymatine. *Caryologia*, 64(1), 117-120. DOI:<https://doi.org/10.1080/00087114.2011.10589771>
- Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72, 248-254. DOI:[https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3)
- Bakr, E. M., Soliman, Z. R., Hassan, M. F., & Tawadrous, S. S. D. (2012). Biological activity of the organic pesticide against the red spider mite *Tetranychus urticae* Koch. *Acarines*, 6, 35-39. DOI:<https://doi.org/10.21608/AJESA.2012.163624>

- Brogdon, W. G., McAllister, J. C., & Valule, J. (1997). Hemperoxidase activity measured in single mosquitoes identifies individuals expressing an elevated oxidase for insecticide resistance. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 13(3), 233-237.
- Cheng, Y., Luo, J., Zhang, N., Yu, W., Jiang, J., & Dai, G. (2021). Insecticidal activities of *Salvia hispanica* L. essential oil combinations of their main compounds against the beet armyworm *Spodoptera exigua*. *Industrial Crop Production*, 162, 113271, DOI:<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113271>
- Danaye Tos, A. M., Farazmand, H., Auliai Tarshiz, A., & Sirjani, M. (2013). The effect of red pepper and garlic extract to control pistachio psyllium *Agonoscaena pistaciae* in field conditions, *Biological Control in Plant Medicine*, 1(2), 91-99. DOI:<https://doi.org/10.22092/BCPP.2013.100611>
- Emami, M. S. (2016). Bioefficacy of some biorational insecticides for the control of *Aphis gossypii* Glover, 1877, (Hemiptera: Aphididae) on greenhouse grown cucumber. *Acta agriculturae Slovenica*, 107(2), 419. DOI:<https://doi.org/10.14720/aas.2016.107.2.14>
- Eshghi, J., Toorani, A., Abbasipour, H., & Amiri Besheli, B. (2017). Comparative effect of chemical and botanical pesticides on the first nymph instar of white peach scale, *Pseudaulacaspis pentagona* and its predator, *Chilocorus bipustulatus* ladybird in the field conditions. 2nd Iranian International Congress of Entomology, 2-4 September, Iran, p. 48.
- Erdogan, P., Esin Kilinc, G., Aksu, P., Kahyaoglu, M., & Ertugrul Babaroglu, N. (2019). Investigation of formulation preparation of two plant extracts and determination of the effectiveness on *Tetranychus urticae* Koch (Arachnida: Tetranychidae). *Horticulture International Journal*, 3(3). 160-164. DOI:<https://doi.org/10.15406/hij.2019.03.00124>
- Farazmand, H., Golmohammadi, G. R., & Moshiri, A. (2012). The efficacy of organic pesticides for control of stpomegranate aphid, *Aphis punicae* Passerini (Hem.: Aphididae). Proceedings of the 1st Organic National Congress, 17- 18 October, Ardebil, Iran. pp. 408-411.
- Gholamzadeh-Chitgar, M., & Pourmoradi, S. (2017). An evaluation of the effect of botanical insecticide, palizin in comparison with chemical insecticide, imidacloprid on the black citrus aphid, *Toxoptera aurantii* Boyer de Fonscolombe and its natural enemy, *Aphidius colemani* Viereck. *Journal of Plant Protection Research*, 57(2), 101-106. DOI:<https://doi.org/10.1515/jppr-2017-0013>
- Gaire, S., Lewis, C. D., Booth, W., Scharf, M. E., Zheng, W., Ginzl, M. D., & Gondhalekar, A. D. (2020). Bed bugs, *Cimex lectularius* L., exhibiting metabolic and target site deltamethrin resistance are susceptible to plant essential oils. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 169, 104667. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2020.104667>
- Hwang, I. C., Kim, J., Kim, H. M., Kim, D. I., Kim, S. G., Kim, S. S., & Jang, C. (2009). Evaluation of toxicity of plant extract made by neem and matrine against main pests and natural enemies. *Korean Society of Applied Entomology*, 48, 87-94. DOI:<https://doi.org/10.5656/KSAE.2009.48.1.087>
- Heydari, S., Toorani, A. H., Doostdar Kalkenari, L., & Abbasipour, H. (2016). Comparison effects of botanical pesticides on first instar nymphs of the citrus cushion, *Pulvinaria aurantii* Cockerell and its ladybird predator, *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant. Proceedings of the 22nd Iranian Plant Protection Congress, 27-30 August, Tehran, Iran. pp. 815.
- Habig, W. H., Pabst, M. J., & Jakoby, W. B. (1974). Glutathion S-transferase, the first step in mercapturic acid formation. *Journal of Biological Chemistry*, 249, 7130-7139. DOI:[https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(19\)42083-8](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(19)42083-8)
- Hasheminia, S. M., Jalali Sendi, Talebi Jahromi, K., & Moharramipour, S. (2011). The effect of *Artemisia annua* L. and *Achillea millefolium* L. crude leaf extracts on the toxicity, development, feeding efficiency and chemical activities of small cabbage, *Pieris rapae* L. (Lepidoptera: Pieridae). *Journal of Pesticide and Biochemistry Physiology*, 99(3), 244-249. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2010.12.009>
- Isman, M. B., & Tak, J. H. (2017). Inhibition of acetylcholinesterase by essential oils and monoterpenoids: A relevant mode of action for insecticidal essential oils. *Biopesticides International*, 13(2), 71-78.
- Jaafreh, M., Khleifat, K. M., Qaralleh, H., & Al- Limoum, M. O. (2019). Antibacterial and antioxidant activities of *Centeurea damascena* methanolic extract. *Journal of Basic and Applied Research in Biomedicine*, 5(1), 55-63. DOI:<https://doi.org/10.48550/arXiv.1911.02243>

- Jankowska, M., Rogalska, J., Wyszowska, J., & Stankiewicz, M. (2017). Molecular targets for components of essential oils in the insect nervous system- A review. *Molecules*, 23, 2-20. DOI:<https://doi.org/10.3390/molecules23010034>
- Kumrungsee, N., Pluempanupat, W., Koul, O., & Bullangpoti, V. (2014). Toxicity of essential oil compounds against diamondback moth, *Plutella xylostella*, and their impact on detoxification enzyme activities. *Journal of Pest Science*, 87(4), 721-729. DOI:<https://doi.org/10.1007/s10340-014-0602-6>
- Kiran, S., Kujur, A., Patel, L., Ramalakshmi, K., & Prakash, B. (2017). Assessment of toxic and biochemical mechanisms underlying the insecticidal activity of chemically characterized *Boswellia carterii* essential oil against insect pest of legume seeds. *Journal of Pesticides Biochemistry and Physiology*, 139, 17-23. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2017.04.004>
- Lee, S. E., Choi, W. S., Lee, H. S., & Park, B. S. (2000). Cross-resistance of a chlorpyrifos methyl resistant strain of *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Cucujidae) to fumigant toxicity of essential oil extracted from *Eucalyptus globulus* and its major monoterpene, 1, 8- cineole. *Journal of Stored Products Research*, 36, 383-389. DOI:[https://doi.org/10.1016/s0022-474x\(99\)00059-4](https://doi.org/10.1016/s0022-474x(99)00059-4)
- Li, L., Yuan, Y., Wu, L., & Chen, M. (2018). Effects of host plants on the feeding behavior and detoxification enzyme activities in *Hyphantria cunea* (Lepidoptera: Arctiidae) larvae. *Acta Entomologica Sinica*, 61(2), 232-239. DOI:<https://doi.org/10.16380/j.kcxb.2018.02.010>
- Li, A. Y., Chen, A. C., Miller, R. J., Davey, R. B., & George, J. E. (2007). Acaricide resistance and synergism between permethrin and amitraz against susceptible and resistant strains of *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae). *Pest Management Science*, 63, 882-889. DOI:<https://doi.org/10.1002/ps.1417>
- Mao, L., & Henderson, G. (2007). Antifeedant Activity and Acute and Residual Toxicity of Alkaloids from *Sophora flavescens* (Leguminosae) against formosan subterranean Termites (Isoptera: Rhinotermitidae). *Journal of Economic Entomology*, 100(3), 866-70. DOI:[https://doi.org/10.1603/0022-0493\(2007\)100\[866: AAAAAR\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0022-0493(2007)100[866: AAAAAR]2.0.CO;2)
- Oppenorth, F. J. (1979). Glutathione S-transferase and hydrolytic activity in a tetrachlorvinphos resistant strain of housefly and their influence on resistance. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 11(1-3), 176-178. DOI:[https://doi.org/10.1016/0048-3575\(79\)90057-9](https://doi.org/10.1016/0048-3575(79)90057-9)
- O'Neal, S. T., Johnson, E. J., Rault, L. C., & Anderson, T. D. (2019). Vapor delivery of plant essential oils alters pyrethroid efficacy and detoxification enzyme activity in mosquitoes. *Journal of Pesticide Biochemistry and Physiology*, 157, 88-98. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2019.03.007>
- Park, Y. L., & Tak, J. H. (2016). Essential oils for arthropod pest management in agricultural production systems. In *Essential oils in food preservation, flavor and safety*, Academic Press., 61-70. DOI:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00006-7>
- Ramzi, S., Seraji, A., Azadi Gonabad, A., Mirhaghpour, S. K., Mojib Haghghadam, Z., & Haghghat, Sh. (2018). Toxicity of *Artemisia annua* (Asteraceae) essential oil on the tea mealy bug, *Pseudococcus viburni* Signoret (Hemiptera: Pseudococcidae). *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 50, 941-956. DOI:<https://doi.org/10.1080/03235408.2017.1352223>
- Rahman, S., Biswas, S. K., Barman, N. Ch., & Ferdous, T. (2016). Plant extract as selective pesticide for integrated pest management. *Journal of Biotech Research*, 2(1), 6-10.
- Ruttanaphan, T., Pluempanupat, W., Aungsirawat, C., Boonyarit, P., Goff, G. L., & Bullangpoti, V. (2019). Effect of plant essential oils and their major constituents on cypermethrin tolerance associated detoxification enzyme activities in *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology*, 112(5), 2167-2176. DOI:<https://doi.org/10.1093/jee/toz126>
- Rezaei, M., & Moharramipour, S. (2019). Efficacy of Dayabon®, a botanical pesticide, on different life stages of *Myzus persicae* and its biological control agent, *Aphidius matricariae*. *Journal of Crop Protection*, 8(1), 1-10.
- Rizvi, S. A. H., Xie, F., Ling, S., & Zeng, X. (2019). Development and evaluation of emulsifiable concentrate Formulation containing *Sophora alopecuroides* L.extract For the novel management of Asian citrus psyllid. *Environmental Science and Pollution Research*. 26, 21871-21881. DOI:<https://doi.org/10.1007/s11356-019-05418-1>

- Rahmani, Sh., Bandani, A. R., & Azimi, S. (2016). Effect of Pirimicarb and Thiamethoxam on detoxification enzyme activity in the black bean aphid, *Aphis fabae* Scopoli (Hem.: Aphididae). *Journal of Genetic Engineering and Immunization*, 2, 143-153. (in Farsi).
- Shahriari, M., Sahbazade, N., & Zibae, A. (2019). Effects of *Teucrium polium* L pinene on the detoxifying and intermediary engaged enzymes of *Ephestia kuehniella* Zeller, 1879 (Lep: Pyralidae). *Acta agriculturae Slovenica*, 113(2), 251-261. DOI:<https://doi.org/10.14720/aas.2019.113.2.6>
- Shahriari, M., Zibae, A., Shahbazadeh, N., & Shamakhi, L. (2018). Effect of a-pinene, trans- anethole, and thymol as the essential oil constituents on antioxidant system and acetylcholine esterase of *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 150, 40-47. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2018.06.015>
- Shahriari, M., Sahbazade, N., Zibae, A., Khani, A., & Senthil-Nathan, S. (2017). Metabolic response of *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) to essential oil of Ajwan and thymol. *Toxin Reviews*, 36(3), 204-209. DOI:<https://doi.org/10.1080/15569543.2017.1294605>
- Sun, L., Yin, J., Du, H., Liu, P., & Gao, C. (2020). Characterisation of GST genes from the *Hyphantria cunea* and their response to the oxidative stress caused by the infection of *Hyphantria cunea* nucleopolyhedrovirus (HcNPV). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 163, 254-262. DOI:<https://doi.org/10.1016/J.pestbp.2019.11.019>
- Tarigan, S. I., & Harahap, I. S. (2016). Toxicological and physiological effects of essential oils against *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae), *Journal of Biopesticides*, 9(2), 135. DOI:<https://doi.org/10.57182/jbiopestic.9.2.135-147>
- Tak, J. H., Jovel, E., & Isman, M. B. (2017). Effects of rosemary, thyme and lemongrass oils and their major constituents on detoxifying enzyme activity and insecticidal activity in *Trichoplusia ni*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 140, 9-16. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2017.01.012>
- Toorani, A. H., Abbasipour, H., & Doostdar Kalkenari, L. (2017). Toxicity of selected biorational insecticides to *Pulvinaria aurantii* Cockerell and its predator, *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant in citrus field. *Soil and Plant Science*, 67(8), 723-729. DOI:<https://doi.org/10.1080/09064710.2017.1338745>
- Tufeki. A. R., Aksit, H., Simsek, S., Karakoc, O. C., Adem, S., Hameed, Z. A., Nuri Atalar, M., & Ridvan Topkaran, A. (2023). Evaluation of insecticidal and enzyme activity potentials of essential oils and extracts of *Chenopodium botrys* L. against storage products pests. *Bulletin of Biotechnology*, 4(1), 7-12. DOI:<https://doi.org/10.51539/biotech.1213740>
- Wu, J., Yang, B., Zhang, X., Cuthbertson, A. G. S., & Ali, S. (2021). Synergistic Interaction between the Entomopathogenic Fungus *Akanthomyces attenuatus* (Zare & Gams) and the Botanical Insecticide Matrine against *Megalurothrips usitatus* (Bagrall). *Journal Fungi* (Basel), 7(7), 536. DOI:<https://doi.org/10.3390/jof7070536>
- War, A. R., Paulraj, M. G., Hussain, B., Ahmad, T., War, M. Y., & Ignacimuthu, S. (2014). Efficacy of a combined treatment of neem oil formulation and endosulfan against *Helicoverpa armigera* (Hub.) (Lepidoptera: Noctuidae). *International Journal of Insect Science*, 6, IJIS-S13608. DOI:<https://doi.org/10.4137/IJIS.S13608>
- Wang, Y. L., Guan, Z. G., Jia, X. S., Wu, S. Y., & Wei, H. G. (2007). Study progress of matrine application in farming pest control. *Journal of Shanxi Agricultural Science*, 40, 424-428. DOI:<https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ps.5817>
- Xiang, Z., Shang, S., CAI, K., Geng, Z., & Chen, X. (2012). Determination and decline study of matrine residue in tobacco by gas chromatography-nitrogen chemiluminescence detector. Chinese. *Journal of Pesticide Science*, 14(2), 198-202.
- Zanardi, O. Z., Ribeiro, L. D. P., Ansante, T. F., Santos, M. S., Bordini, G. P., Yamamoto, P. T., & Vendramim, J. D. (2015). Bioactivity of a matrine-based biopesticide against four pest species of agricultural importance. *Crop Protection*, 67, 160-167. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.10.010>



Research paper

Effect of some botanical insecticides and formulated extract of *Sophora pachycarpa* on *Pseudococcus viburni* under laboratory conditions

A. Asadi¹, M. Ghadamyari^{2*} and S. Ramzi³

1 & 2. Department of Plant Protection, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran, 3. Tea Research center, Horticultural Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension organization (AREEO), Lahijan, Iran

1. 0009-0001-6722-9761, 2. 0000-0001-8907-971X, 3. 0000-0002-8232-0467

(Received: January 31, 2024- Accepted: April 13, 2024)

Abstract

Tea mealybug, *Pseudococcus viburni* (Signoret) is one of the important pests of tea and citrus orchards in Northern provinces of Iran. In the current study, the effect of several plant-based insecticides and microemulsion formulaion of *Sophora pachycarpa* leaf and root extract were investigated against tea mealybug under laboratory conditions by leaf dip method. The LC₅₀ values of matrine, pepper extract, cinnamon and garlic essential oil, neem oil, coconut oil soap, castor oil, formulated leaf and root extracts of *S. pachycarpa*, and espiromesifen were determined as 2157, 1538, 2825, 5608, 4746, 6585, 4493, 5357 and 2676 mg formulated/l on adult of the tea mealybug, respectively. In addition, the LC₅₀ of aforementioned compounds was calculated as 2188, 1555, 2809, 5559, 4703, 5842, 3457, 5195 and 1856 mg formulated/l for third instar nymph of this insect, respectively. The bioassays showed that pepper extract, matrine, and cinnamon and garlic essential oil were most efficient treatments against tea mealybug. Treatments of third instar nymphs by the insecticides also affected the activity of detoxifying enzymes including alpha- and beta-esterases, acetylcholinesterase, glutathione S-transferase (GST) and MFO system. Pepper extract, cinnamon and garlic essential oil, and formulated leaf extract of *S. pachycarpa* decreased the activities of α -esterase. Since the pepper extract, matrine, cinnamon and garlic essential oil showed significant mortality against nymphs and adults of the tea mealybug these insecticides can be considered in the integrated management of the tea mealybug.

Key words: Botanical pesticides, Detoxification enzymes, Extract of *Sophora pachycarpa*, Toxicity

*Corresponding author: mghadamyari@gmail.com

