دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک
شاپا ۴۶۶۸-۲۰۰۸
http://jer.iau-arak.ac.ir

فصلنامه تخصصی تحقیقات حشره‌شناسی
(علمی- پژوهشی)
جلد ۹، شماره ۳، سال ۱۳۹۶، (۲۱۳-۲۲۹)

بررسی اثر سیلیکوپتاس در کنترل پسیل معمولی پسته، *Agonoscena pistaciae* و نقش سینرژیستی آن برای دو آفت‌کش هگزافلومورون و افوریا

*مهشید بخشی‌نژاد[1]، حمزه ایزدی[1]، مژگان محمدزاده[1]**

۱-به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی‌ارشد، استاد و دانشجوی دکتری، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان، رفسنجان

چکیده

پسیل معمولی پسته، *Agonoscena pistaciae* Burckhardt and Lauter، یکی از آفات مهم درختان پسته اهلی و وحشی در ایران می‌باشد. سم‌پاشی درختان یکی از روش‌های اصلی برای کنترل جمعیت این آفت می‌باشد که ممکن است افزایش مقاومت به سموم و طغیان آفت را در پی داشته باشد. بنابراین بازنگری در استفاده از آفت‌کش‌های معمول و جایگزینی آن‌ها با ترکیبات کم‌خطر برای محیط زیست ضروری به‌نظر می‌رسد. هدف از انجام تحقیق حاضر، بررسی سمیت دو آفت‌کش افوریا و هگزافلومورون و کود سیلیکوپتاس در دزهای مختلف و همچنین اثرات ترکیبی سم و کود روی پوره‌های سن پنجم پسیل پسته به دو روش محلول‌پاشی و غوطه‌وری برگ می‌باشد. همچنین اثرات کشندگی هر ترکیب و LD_{10} کود سیلیکوپتاس با دزهای مختلف هر یک از آفت‌کش‌ها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که کود سیلیکوپتاس با دز کشنده ۵۰ درصد در هر دو روش تماسی و گوارشی (به‌ترتیب ۳۸۷/۲ و ۴۴۷/۵ میلی‌گرم بر لیتر) سمیت بالاتری نسبت به افوریا (به‌ترتیب ۱۶۱۸۷ و ۲۲۵۳۳ میلی‌گرم بر لیتر) و هگزافلومورون (به‌ترتیب ۲۶۲۶ و ۱۸۹۰ میلی‌گرم بر لیتر) دارد. همچنین اثرات محلول‌پاشی آفت‌کش افوریا و کود سیلیکوپتاس بیش از اثرات غوطه‌وری آن بود. در مقابل، هگزافلومورون بیشتر به‌صورت غوطه‌وری برگ اثرگذار بود. وقتی کود به هریک از آفت‌کش‌ها اضافه شد سبب تغییر در اثرات کشندگی آن‌ها به‌صورت افزاینده (سینرژیستی) شد. این نتایج نشان می‌دهد که سیلیکوپتاس هم به‌عنوان یک کود و هم به‌عنوان یک آفت‌کش سینرژیست اثر بسیار خوبی روی پوره‌های سن پنجم پسیل پسته دارد و می‌تواند برای کنترل آفت مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: پسیل معمولی پسته، افوریا، هگزافلومورون، سیلیکوپتاس، اثرات ترکیبی

* نویسنده رابط، پست الکترونیکی: *p93352001@post.vru.ac.ir*

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۱۲/۱۰- تاریخ پذیرش مقاله: ۹۶/۸/۲۰

مقدمه

پسته به‌عنوان یک محصول استراتژیک از جایگاه خاصی در بین تولیدات کشاورزی برخوردار می‌باشد. در شرایط کنونی حدود ۵۵ درصد از تولید و بیش از ۶۰ درصد از صادرات جهانی پسته در اختیار کشور ما بوده و درآمد ارزی حاصل از صادرات پسته بیش از ۴۰۰ میلیون دلار می‌باشد (Anagnou-Veroniki *et al.,* 2008). طی سال‌های اخیر موضوع آفات یکی از مهم‌ترین مشکلات باغداران پسته در سراسر کشور بوده است.

بسته به شرایط آب و هوایی، چندین آفت قادرند به پسته خسارت اقتصادی وارد کنند. پسیل معمولی پسته، *Agonoscena pistaciae* Burckhardt & Lauterer (Hemiptera: Psyllidae) که به آن شیره خشک نیز گفته می‌شود، یکی از مهم‌ترین آفات پسته می‌باشد. افراد این گونه زمستان را به‌صورت حشره کامل می‌گذرانند و بالغین ماده معمولا در اوایل اردیبهشت ماه تخم‌ریزی می‌کنند. پوره‌های پسیل با فرو بردن خرطوم در سطح برگ‌ها از شیره گیاهی تغذیه می‌کنند و مواد پروتیینی شیره گیاهی را جذب نموده، مواد قندی را به‌صورت شیره دفع می‌کنند. این مواد قندی در مجاورت هوا خشک شده و به آن شکرک می‌گویند. از دست رفتن شیره گیاهی باعث ضعف عمومی درختان پسته و ریزش برگ‌ها، جوانه‌ها، کوچکی میوه‌ها و افزایش درصد پوکی و دهان بستگی میوه می‌شود. گیاه آفت زده ضعیف شده و گاهی لکه‌های قهوه‌ای سوخته روی برگ‌ها دیده می‌شود. از دیگر خسارت‌های این آفت ریزش برگ‌ها و جوانه‌های میوه دهنده سال بعد و همچنین بسته شدن روزنه‌های هوایی در اثر ترشح عسلک است (Anagnou-Veroniki *et al.,*2008; Jalaeian & Karimi-Malati, 2013).

کنترل بیولوژیک پسیل پسته در بیشتر سیستم‌های کشاورزی عمدتا روی حفاظت و رهاسازی دشمنان طبیعی متمرکز است (Nyrop *et al.,* 1998) بااین‌حال، استفاده از دشمنان طبیعی جهت کنترل خسارت آفت کافی نبوده و کاربرد حشره‌کش‌ها نقش مهمی در کنترل پسیل پسته دارد. به‌دلیل استفاده مداوم از حشره‌کش‌ها به‌عنوان اصلی‌ترین راه حل کنترل آفت و عدم وجود ابزارهای مدیریتی مناسب، امکان بروز مقاومت دور از انتظار نیست (Jalaeian & Karimi-Malati, 2013). محققین مختلفی کاربرد ترکیبات جدید با پایداری کم و استفاده در محدوده غلظت‌های پایین را عامل مهمی در مدیریت تلفیقی آفات و راهبردهای تاخیر در مقاومت آفات به آفت‌کش‌ها دانسته‌اند (Croft, 1990; McCann *et al*., 2001). در این راستا آزمایش حشره‌کش‌های زیست سازگار و برخی حشره‌کش‌های رایج و سازگار با برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات امری ضروری به‌نظر می‌رسد.

هگزافلومورون با نام تجاری کنسالت حشره‌کشی سیستمیک، نفوذی و گوارشی از گروه بنزوئیل اوره می‌باشد که سنتز کیتین در حشرات را مختل می‌کند. در اثر استفاده از این ترکیب، پوره‌ها توقف تغذیه‌ای داشته و در نتیجه میزان خسارت کاهش می‌یابد (Talebi Jahromi, 2012). افوریا حشره‌کشی سیستمیک با خاصیت تماسی و گوارشی است که از ترکیب دو ماده موثره تیامتوکسام از خانواده نئونیکوتینوییدها و لامبداسای‌هالوترین[1] متعلق به گروه پایروتیروییدها تشکیل شده است. سیلیکوپتاس کودی حاوی سیلیسیم و پتاسیم است که ضمن خاصیت حشره‌کشی به‌عنوان هورمون محرک رشد گیاهی نیز محسوب می‌شود و از طرفی توانایی گیاهان را در مقابله با انواع آفات و بیماری‌های قارچی به‌میزان قابل توجهی افزایش می‌دهد.

[1] Lambda-cyhalothrin

هدف از این تحقیق بررسی کارآیی کود سیلیکوپتاس به‌عنوان عامل کنترل پسیل معمولی پسته و تاثیر آن بر قدرت آفت‌کشی هر یک از سم‌های هگزافلومورون، افوریا می‌باشد.

مواد و روش‌ها

حشره‌کش‌ها

ترکیبات شیمیایی فرموله شده مورد بررسی در این آزمایش عبارت بودند از: حشره‌کش‌های هگزافلومرون (EC 10%) تولیدی توسط شرکت گل‌سم گرگان؛ حشره‌کش افوریا (247 SC) تولیدی توسط شرکت سینجنتا[1] سوئیس (وارد شده توسط شرکت رهااندیش کاوان)؛ کود سیلیکوپتاس تولیدی توسط شرکت زاگرس؛ مخلوط حشره‌کش هگزافلومرون و کود سیلیکوپتاس و مخلوط حشره‌کش افوریا و کود سیلیکوپتاس.

آزمایش‌های زیست‌سنجی

به‌دلیل ماهیت حشره‌کش‌های هگزافلومورون و افوریا و کود سیلیکوپتاس که به‌طریق تماسی و گوارشی موثر هستند، تیمارهای حشره‌کش مورد مطالعه به‌صورت محلول‌پاشی و غوطه‌وری برگ مورد بررسی قرار گرفتند. در تمام آزمایش‌های زیست‌سنجی پتری‌ها در انکوباتور با دمای ۱±۲۶ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰±۶۵ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی به مدت ۲۴ ساعت که برابر با دوره آزمایشی برای در معرض قرارگیری با هر ترکیب شیمیایی بود، نگه‌داری شدند. پسیل‌هایی که با وجود تحریک توسط قلم‌مو قادر به راه رفتن نبودند، مرده تلقی شدند. آزمایش در پنج تکرار و ۱۵ حشره برای هر تکرار در سه زمان مختلف انجام شد. این آزمایش برای تمام ترکیباب حشره‌کش انجام شد. تصحیح مرگ و میرها با فرمول ابوت انجام شد. برای تیمار شاهد از آب مقطر به جای ترکیب شیمیایی استفاده شد.

تعیین دامنه دزهای مورد نیاز جهت انجام آزمایشات زیست‌سنجی

برای تعیین دامنه (کمینه و بیشینه) دزهای مورد نیاز از ترکیبات حشره‌کش مورد نظر برای آزمایش‌های زیست‌سنجی، در آزمایش‌های مقدماتی پایین‌ترین و بالاترین دز که سبب ایجاد ۵ و ۹۵ درصد مرگ و میر شدند انتخاب و برای محاسبه دزهای میانه از روش فاصله لگاریتمی استفاده شد. برای انجام آزمون‌های زیست‌سنجی، پنج دز از هر یک از فرمولاسیون‌های حشره‌کش تهیه شد. آب مقطر به‌عنوان حلال مورد استفاده قرار گرفت. برای آزمایش زیست‌سنجی، برگ‌های پسته از نواحی هم‌سانی از قسمت دم‌برگ درخت بریده شدند. در آزمایشگاه، برگ‌های انتخاب شده به مدت ۳۰ ثانیه در هر یک از دزهای محلول‌های حشره‌کش غوطه‌ور شده و سپس در زیر هود به‌مدت یک ساعت خشک شدند. برگ‌ها در پتری‌های با قطر ۸ سانتی‌متر و ارتفاع ۱/۵ سانتی‌متر روی اسفنج مرطوب به‌طوری‌که سطح پشتی آن‌ها رو به بالا باشد، قرار گرفتند. به‌منظور تهویه مناسب برای حشرات مورد آزمایش، درب پتری‌ها سوراخ و با توری پوشانده شد. تعداد ۱۵ پوره سن پنجم یک روزه پسیل در سطح برگ‌ها قرار داده شدند (Coon *et al*., 1996).

[1] Syngenta

زیست‌سنجی حشره‌کش‌ها به‌روش برج پاشش

ابتدا برش‌های برگ روی سطح صاف شیشه‌ای پتری‌دیش (به ابعاد ۱۰۰ در ۱۰۰ میلی‌متر) قرار داده شده و پوره سن پنجم (۰-۲۴ ساعته) پسیل پسته روی آن‌ها قرار گرفتند. سپس جهت ایجاد یک لایه یکنواخت از محلول آفت‌کش دزهای مورد نظر توسط دستگاه برج پاشش به‌صورت پاشش مستقیم روی پوره‌هایی که روی دیسک برگی قرار داشتند، پاشیده شد (تنظیم فشار گاز ۱۵ پوند بر اینچ مربع (PSI)، ۱/۵ میلی‌گرم نهشت بر هر سانتی‌متر مربع). پس از آن پوره‌ها به دستگاه ژرمیناتور منتقل شدند. برای انجام آزمون‌های اصلی پنج دز از هر یک از فرمولاسیون‌های حشره‌کش با استفاده از آب مقطر به‌عنوان حلال ساخته شد. در تیمار شاهد نیز آب مقطر به تنهایی مورد استفاده قرار گرفت.

مخلوط آفت‌کش و کود

در زیست‌سنجی مخلوط آفت‌کش‌ها و کود، LC_{10} کود سیلیکوپتاس به هر یک از پنج دز به‌دست آمده از آزمون اصلی حشره‌کش‌های هگزافلومورون و افوریا اضافه شد. سپس بررسی تاثیر غوطه‌وری برگ و محلول‌پاشی این مخلوط‌ها به همان صورت توضیح داده شده در بالا انجام شد. این آزمایش برای هر ترکیب مخلوط به‌صورت جداگانه انجام شد.

اثرات برهم‌کنش آفت‌کش و کود با استفاده از داده‌های حاصل از مرگ و میر آفت محاسبه شد. مرگ و میر مشاهده شده، میزان مرگ و میر آفت پس از در معرض قرارگیری با آفت‌کش و کود می‌باشد. مرگ و میر قابل انتظار به‌وسیله فرمول زیر به‌دست خواهد آمد: مرگ و میر قابل انتظار= (A+B)(1-A) که در آن A مرگ و میر حشره پس از در معرض قرارگیری با آفت‌کش و B مرگ و میر آفت پس از در معرض قرار گیری با LC_{10} کود سیلیکوپتاس می‌باشد(Koppenhöfer & Kaya, 1996).

تجزیه آماری داده‌ها

در آزمون تعیین سمیت در کوتاه مدت (۲۴ ساعت) رگرسیون دز- مرگ و میر پوره‌های سن پنجم پسیل پسته از طریق نرم‌افزار PoloPlus (LeOra Software, Petaluma, CA, 2006) (Robertson *et al*., 2007) ارزیابی شد، تا دز کشنده میانه و دز ۱۰ درصد کشنده و محدوده اطمینان ۹۵ درصد (FL) و شیب خطوط به‌دست آیند. آنالیز تجزیه واریانس (SAS رویه GLM) (SAS Institute Inc., 2002) و مقایسه میانگین‌ها برای تعیین تفاوت‌های معنی‌دار بین مرگ و میرها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

تعیین اثرات کشندگی ترکیبات شیمیایی

تعیین اثرات کشندگی (LD_{50}) ترکیبات شیمیایی در روش گوارشی

نتایج حاصل از آزمایش‌های زیست‌سنجی تیمارهای حشره‌کش روی پوره‌های سن پنجم پسیل پسته در روش غوطه‌وری برگ و تجزیه داده‌های مربوط به آن‌ها در جدول (۱) نشان داده شده است. مقایسه اثرات ترکیبات حشره‌کش

مختلف شامل هگزافلومورون، افوریا، کود سیلیکوپتاس، مخلوط هگزافلومورون و کود و مخلوط افوریا و کود، پس از ۲۴ ساعت در معرض قرارگیری حشره به‌صورت غوطه‌وری برگ نشان داد که کم‌ترین دز کشنده پنجاه درصد (LC_{50}) مربوط به کود سیلیکوپتاس (۴۴۷/۴۷ میلی‌گرم بر لیتر) و مخلوط حشره‌کش هگزافلومورون و کود سیلیکوپتاس (۵۹۸/۰۹ میلی‌گرم بر لیتر) بود. در مقابل، بالاترین مقدار دز کشنده پنجاه درصد مربوط به حشره‌کش افوریا (۲۲۵۳۳ میلی‌گرم بر لیتر) بود. همچنین نتایج نشان داد که بین دز کشنده پنجاه درصد حشره‌کش‌های مورد آزمایش اختلاف معنی‌داری وجود دارد. در کاربرد سم به‌صورت گوارشی روی پوره‌های سن پنجم پسیل پسته، هگزافلومورون براساس ماده فرموله شده ۱۲ برابر سمی‌تر از افوریا بود. وقتی LD_{10} کود سیلیکوپتاس به دزهای مختلف افوریا افزوده شد، سمیت حشره‌کش افوریا برای پوره‌ها ۳/۱ برابر بیشتر شد. همچنین پس از افزودن LD_{10} کود به دزهای مختلف حشره‌کش هگزافلومورون سمیت این ترکیب برای پوره‌ها ۳/۱ برابر افزایش یافت. در مقایسه X^2 مربوط به این تیمارها نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. بالاترین مقدار X^2 مربوط به کود سیلیکوپتاس (۷۰/۵۶) و کمترین آن مربوط به حشره‌کش هگزافلومورون (۴۵/۱۸) بود. این نتایج نشان می‌دهند که در کاربرد گوارشی این ترکیبات، کود سیلیکوپتاس بیشترین سمیت را برای پوره‌های سن پنجم پسیل پسته دارد.

در تحقیق حاضر، دز کشنده پنجاه درصد هگزافلومورون برای پوره‌های سن پنجم پسیل پسته ۱۸۹۰ میلی‌گرم بر لیتر به‌دست آمد. در آزمایش انجام شده روی لاروهای شب‌پره *Helicoverpa armigera* مشاهده شد که با افزایش زمان در معرض قرارگیری لاروها میزان دز کشنده پنجاه درصد آفت‌کش هگزافلومورون پایین می‌آید (Taleh, 2015). در تحقیق دیگری، میزان دز کشنده پنجاه درصد گوارشی آفت‌کش هگزافلومورون برای سوسک برگ‌خوار نارون ۷۲ ساعت پس از در معرض قرارگیری ۱۲۲ میلی‌گرم بر لیتر گزارش شد (Bashari, 2014). این اختلاف ممکن است به‌دلیل گونه آفت آزمایش شده هم از نظر جثه و هم از نظر آنزیم‌های سم‌زدای فعال در بدن حشره باشد. همچنین زمان در معرض قرارگیری ممکن است در این مقدار موثر باشد چون در آزمایش حاضر آفت به مدت ۲۴ ساعت در معرض سم قرار داشت.

این تحقیق اولین کوشش در رابطه با تاثیر آفت‌کش افوریا روی آفات می‌باشد. مقدار دز کشنده پنجاه درصد افوریا در کاربرد غوطه‌وری برگ بالا بود که نشان می‌دهد این ترکیب به‌صورت گوارشی قدرت کشندگی بالایی برای آفت ندارد. همچنین، چون افوریا مخلوط دو سم می‌باشد، ممکن است پوره‌های سن پنجم پسیل پسته به این گروه از آفت‌کش‌ها مقاوم شده باشند و به این دلیل مقدار دز کشنده پنجاه درصد ترکیب بالا باشد.

شیب خط در تیمارهای مختلف مورد آزمایش در روش گوارشی با یکدیگر تفاوت داشت. بیشترین و کمترین شیب خط به‌ترتیب در آفت‌کش افوریا (۰/۸۶±۰/۱۱) و کود سیلیکوپتاس (۵/۶۸±۰/۶۷) به‌دست آمد. به‌طورکلی هرچه شیب خط زیادتر باشد به این معنی است که حتی با افزایش کم غلظت ترکیب، کشندگی آن به میزان قابل توجهی افزایش خواهد یافت (Izakmehri *et al.*, 2013) در آزمایش حاضر، بالا بودن شیب خط در کود سیلیکوپتاس نشان می‌دهد که افزایش غلظت در این ترکیب، نسبت به سایر ترکیبات مورد مطالعه، سبب افزایش بیشتر در مرگ و میر آفت می‌شود. همچنین شیب خط آفت‌کش هگزافلومورون بیش از افوریا می‌باشد که نشان‌دهنده حساسیت بیشتر پوره‌های سن پنجم پسیل پسته به تغییرات در غلظت این آفت‌کش می‌باشد. وقتی دز LD_{10} کود سیلیکوپتاس به هر یک از آفت‌کش‌ها اضافه گردید سبب افزایش شیب خط نسبت به کاربرد هریک از آفت‌کش‌ها به تنهایی شد.

تعیین اثرات کشندگی (LD_{50}) ترکیبات شیمیایی در روش تماسی

نتایج حاصل از آزمایش‌های زیست‌سنجی تیمارهای حشره‌کش مختلف روی پوره‌های سن پنجم پسیل پسته در روش تماسی و تجزیه داده‌های مربوط به آن‌ها در جدول (۱) بیان شده است. مقایسه اثرات ترکیبات حشره‌کش مختلف شامل هگزافلومورون، افوریا، کود سیلیکوپتاس، مخلوط هگزافلومورون و کود و مخلوط افوریا و کود، پس از ۲۴ ساعت در معرض قرارگیری حشره به‌صورت تماسی نشان داد که پایین‌ترین و بالاترین دزهای کشنده پنجاه درصد مربوط به کود سیلیکوپتاس (۳۸۷/۲۳ میلی‌گرم بر لیتر) و حشره‌کش افوریا (۱۶۱۸۷ میلی‌گرم بر لیتر) بود. همچنین نتایج نشان داد که بین دز کشنده پنجاه درصد حشره‌کش‌های مورد آزمایش اختلاف معنی‌دار وجود دارد. در کاربرد آفت‌کش به‌صورت محلول‌پاشی روی پوره‌های سن پنجم پسیل پسته، هگزافلومورون براساس ماده فرموله شده ۶/۱ برابر سمی‌تر از افوریا بود. وقتی LD_{10} کود سیلیکوپتاس به دزهای مختلف افوریا افزوده شد، سمیت حشره‌کش افوریا برای پوره‌ها ۴/۸ برابر بیشتر شد. همچنین پس از افزودن LD_{10} کود به دزهای مختلف حشره‌کش هگزافلومورون سمیت این ترکیب برای پوره‌ها ۲/۲ برابر افزایش یافت. در مقایسه X^2 مربوط به این تیمارها، نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. بالاترین مقدار X^2 مربوط به کود سیلیکوپتاس (۵۹/۶۵) و کمترین آن مربوط به حشره‌کش هگزافلومورون (۴۰/۴۲) بود. این نتایج نشان می‌دهند که در کاربرد تماسی این ترکیبات نیز کود سیلیکوپتاس بیشترین سمیت را برای پوره‌های سن پنجم پسیل پسته دارد. همچنین، سم هگزافلومورون در دوره کوتاه انجام آزمایش نسبت به سم افوریا تاثیرگذارتر می‌باشد. به‌علاوه، قدرت حشره‌کشی کود سیلیکوپتاس بیش از هردو آفت‌کش است. در تحقیقی اثرات کشندگی هگزافلومورون روی مراحل مختلف رشدی *Hippodamia variegata* مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که در کاربرد تماسی این ترکیب، کشندگی هریک از مراحل رشدی آفت کمتر از ۱۰ درصد است (Alimohamadi *et al.*, 2014). در روش محلول‌پاشی نیز مقدار دز کشنده پنجاه درصد افوریا بیش از هگزافلومورون و کود سیلیکوپتاس بود که نشان می‌دهد این آفت‌کش توانایی پایینی برای کنترل پسیل پسته دارد.

شیب خط در تیمارهای مختلف مورد آزمایش در روش محلول‌پاشی با یکدیگر تفاوت داشت. کمترین و بیشترین شیب خط به‌ترتیب در آفت‌کش افوریا (۰/۱۱±۰/۸۰) و کود سیلیکوپتاس (۰/۷۹±۶/۱۶) به‌دست آمد. در اینجا نیز بالا بودن شیب خط در کود سیلیکوپتاس نشان می‌دهد که افزایش غلظت در این ترکیب، نسبت به سایر ترکیبات مورد مطالعه، افزایش بیشتر در مرگ و میر آفت را در پی دارد. همچنین شیب خط آفت‌کش هگزافلومورون بیش از افوریا بود که می‌توان نتیجه گرفت پوره‌های سن پنجم پسیل پسته به تغییرات در غلظت این آفت‌کش حساس‌ترند. وقتی دز LD_{10} کود سیلیکوپتاس به هر یک از آفت‌کش‌های مورد مطالعه اضافه شد افزایش شیب خط را در پی داشت. این افزایش نشان می‌دهد که کود سیلیکوپتاس به‌عنوان عامل محرک اضافه شده به آفت‌کش‌ها سبب کاراتر شدن آن‌ها می‌شود و حساسیت آفت را نسبت به تغییرات غلظت آفت‌کش بالا می‌برد. در یک تحقیق حساسیت جمعیت‌های مختلف پسیل پسته به آفت‌کش‌های آمیتراز و ایمیداکلوپراید مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که شیب خط بسته به نوع آفت‌کش و جمعیت‌های مورد مطالعه، متفاوت است (Alizadeh *et al.*, 2014). در تحقیقی دیگر، تاثیر تماسی سایپرمترین و نیم روی حشرات کامل *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) بررسی شد. نتایج نشان داد که شیب خط بسته به نوع آفت‌کش متفاوت می‌باشد

(Abedi *et al.*, 2014). تاثیر سه سم ایمیداکلوپرید، تیامتوکسام و استامی‌پرید روی پسیل معمولی پسته نیز بیانگر اختلاف معنی‌دار در شیب خط این سه ترکیب نئونیکوتینوئید می‌باشد (Amirzade *et al.*, 2012).

جدول ۱- عکس‌العمل پوره‌های سن پنجم پسیل پسته پس از در معرض قرارگیری تماسی و گوارشی با ترکیبات شیمیایی مختلف

Table 1- The reaction of common pistachio psylla fifth instar nymphs after exposure to different chemical compounds

Application Methods	Chemical	n^a	χ^2	Slope ± SE	LD_{50} (mg/l)	Fiducial limits
Leaf dipping	Eforia	375	53.44	0.86±0.11	22533a	13598-37214
	Hexaflumuron	375	45.18	1.54±0.22	1890c	1431-2618
	Silicopotas	375	70.56	5.68±0.67	447.47d	407.68-1.55
	Eforia + Silicopotas	375	66.30	1.15±0.14	7109b	4499-10552
	Hexaflumuron + Silicopotas	375	54.61	1.71±0.23	598.09d	435.79-770.94
Spray	Eforia	375	49.26	0.80±0.11	16187a	9281-27248
	Hexaflumuron	375	40.42	1.54±0.22	2626b	1962-3873
	Silicopotas	375	59.65	6.16±0.79	387.23d	350.72-419.8
	Eforia + Silicopotas	375	55.90	1.14±0.15	3314b	1916-5067
	Hexaflumuron + Silicopotas	375	54.66	1.65±0.22	1169c	892.83-1518

n^a: Total number

نتایج حاصل از زیست‌سنجی هگزافلومورون به دو روش گوارشی و تماسی

نتایج حاصل از آزمایش‌های زیست‌سنجی آفت‌کش هگزافلومورون روی پوره‌های سن پنجم پسیل پسته به دو روش محلول‌پاشی و غوطه‌وری برگ و مقایسه میانگین داده‌های مربوط به آن‌ها در جدول (۲) آورده شده است. مقایسه اثرات دزهای مختلف حشره‌کش هگزافلومورون به دو روش تماسی و گوارشی، پس از ۲۴ ساعت نشان داد که در دزهای ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر (*F*=۳/۶۰، *P*=۰/۰۹۴) و ۵۲۸ میلی‌گرم بر لیتر (*F*=۵/۰۰، *P*=۰/۰۵۵) اختلاف معنی‌داری در قدرت حشره‌کشی این آفت‌کش وجود نداشت ولی با افزایش دز، تاثیرات تماسی حشره‌کش بیش از گوارشی بود. در بالاترین دز (۵۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) مرگ و میر پوره‌های سن پنجم پسیل پسته در روش غوطه‌وری برگ (۳/۱±۸۰/۰) به‌طور معنی‌داری بالاتر از روش محلول‌پاشی (۲/۴±۶۶/۰) بود (F=۱۲/۲۵، *P*=۰/۰۰۸). بالاتر بودن مرگ و میر در روش گوارشی ممکن است مربوط به نحوه اثر هگزافلومورون باشد که یک سم گوارشی است (Talebi Jahromi, 2012). عدم وجود اختلاف معنی‌دار در مرگ و میر بین دو روش گوارشی و تماسی در دز های پایین ممکن است به این دلیل باشد که در این دزها حشره قادر است توسط آنزیم‌های سم‌زدا تا حدودی اثرات سموم را کاهش دهد و دزهای کم حشره‌کش را تا حدود زیادی بی‌اثر کند (Mohammadzadeh *et al.*, 2014). نتایج تحقیق حاضر مشابه با یافته‌های (Kabiri & Besheli, 2012) می‌باشد که LD_{50} گوارشی هگزافلومورون برای پسیل پسته را کمتر از ۵۰۰۰ پی‌پی‌ام گزارش کردند. مقدار LD_{50} هگزافلومورون در روش گوارشی بیش از روش تماسی بود که البته مقایسه حدود بالا و پایین آن‌ها نشان می‌دهد که LD_{50} این آفت‌کش در روش تماسی و گوارشی تفاوت معنی‌داری ندارند. اثرات درازمدت کاربرد هگزافلومورون روی کفشدوزک هفت نقطه‌ای نشان داد که کاربرد هگزافلومورون اثرات معنی‌داری روی طول دوره هریک از مراحل رشدی، تفریخ تخم، شفیرگی و زنده‌مانی مراحل مختلف این گونه دشمن طبیعی در طی ۳۳ روز دوره آزمایشی دارد (Yu *et al.*, 2014). در تحقیق دیگری اثرات هگزافلومورون

روی رشد و تولیدمثل شب‌پره پشت الماسی بررسی شد و دز کشنده پنجاه برای لارو و حشره کامل به‌ترتیب ۴۸/۱ و ۳۴/۳۸ پی‌پی‌ام گزارش گردید (Mahmoudvand *et al*., 2011).

جدول ۲- میانگین (±خطای معیار) درصد تلفات پوره‌های سن پنجم پسیل پسته در دزهای مختلف حشره‌کش هگزافلوموروِن به دو روش محلول‌پاشی و غوطه‌وری برگ

Table 2- Mortality (mean ± SE) of the common pistachio psylla fifth instar nymphs at different doses of hexaflumuron in spray and leaf dipping methods

Application method	Dose (mg/l)				
	250	528	1118	2346	5000
Spray	6.0±2.4a	20.0±3.1a	36.0±2.4b	50.0±0.0b	66.0±2.4b
Leaf dipping	12.0±2.0a	30.0±3.1a	46.0±2.4a	66.0±2.4a	80.0±3.1a

The means followed by different letters in the same column are significantly different ($P < 0.05$).

نتایج حاصل از زیست‌سنجی افوریا به دو روش غوطه‌وری برگ و محلول‌پاشی

نتایج حاصل از آزمایش‌های زیست‌سنجی حشره‌کش افوریا روی پوره‌های سن پنجم پسیل پسته به دو روش غوطه‌وری برگ و محلول‌پاشی و مقایسه میانگین داده‌های مربوط به آن‌ها در جدول (۳) آورده شده است. مقایسه اثرات دزهای مختلف حشره‌کش افوریا به دو روش غوطه‌وری برگ و محلول‌پاشی، پس از ۲۴ ساعت نشان داد که در پایین‌ترین دز (۱۱۲۰ میلی‌گرم بر لیتر) بین میزان مرگ و میر دو روش محلول‌پاشی (۰/۰±۲۰/۰) و غوطه‌وری برگ (۲/۴±۱۴/۰) اختلاف معنی‌دار وجود دارد (F=۶/۰۰، P=۰/۰۴)، ولی در سایر دزها اختلاف معنی‌داری در میزان مرگ و میر پوره‌های سن پنجم پسیل پسته مشاهده نشد. در بالاترین دز (۳۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) مرگ و میر پوره‌های سن پنجم پسیل پسته در روش گوارشی ۴/۰±۸۴/۰ و در روش تماسی ۲/۴±۸۶/۰ بود (F=۱۲/۲۵، P=۰/۰۰۸). عدم وجود اختلاف معنی‌دار در میزان مرگ و میر پوره‌های سن پنجم پسیل پسته بعد از در معرض قرارگیری با حشره‌کش افوریا در دو روش غوطه‌وری برگ و محلول‌پاشی ممکن است مربوط به نحوه اثر افوریا باشد که یک آفت‌کش تماسی-گوارشی است (کاتالوگ شرکت وارد کننده). این ترکیب متشکل از دو آفت‌کش تیامتوکسام و لامبداسای‌هالوترین می‌باشد که به آن هم خاصیت تماسی و هم گوارشی می‌دهد (Talebi Jahromi, 2012).

جدول ۳- میانگین (±خطای معیار) درصد تلفات پوره‌های سن پنجم پسیل پسته در دزهای مختلف حشره‌کش افوریا به دو روش محلول‌پاشی و غوطه‌وری برگ

Table 3- Mortality (mean ± SE) of the common pistachio psylla fifth instar nymphs at different doses of eforia in both spray and leaf dipping methods

Application method	Dose (mg/l)				
	1120	4568	18633	76002	310000
Spray	20.0±0.0a	38.0±3.7a	56.0±6.7a	70.0±4.4a	86.0±2.4a
Leaf dipping	14.0±2.4b	34.0±2.4a	52.0±3.7a	68.0±3.7a	84.0±4.0a

The means followed by different letters in the same column are significantly different ($P < 0.05$).

نتایج حاصل از زیست‌سنجی کود سیلیکوپتاس به دو روش گوارشی و تماسی

نتایج حاصل از آزمایش‌های زیست‌سنجی کود سیلیکوپتاس روی پوره‌های سن پنجم پسیل پسته به دو روش غوطه‌وری برگ و محلول‌پاشی و مقایسه میانگین داده‌های مربوط به آن‌ها در جدول (۴) آورده شده است. مقایسه اثرات

دزهای مختلف حشره‌کش هگزافلومورون به دو روش غوطه‌وری برگ و محلول‌پاشی، پس از ۲۴ ساعت نشان داد که در بالاترین دز (۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) اختلاف معنی‌دار در قدرت حشره‌کشی این ترکیب وجود ندارد (*F*=۱/۰۰، *P*=۰/۳۴). در دزهای پایین‌تر، اثرات محلول‌پاشی حشره‌کش به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از روش غوطه‌وری بود. این تحقیق اولین گزارش در مورد تاثیر حشره‌کشی کود سیلیکوپتاس می‌باشد. نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که کود سیلیکوپتاس تاثیر حشره‌کشی بالایی روی پوره‌های سن پنجم پسیل پسته دارد. همچنین نشان داده شد که تاثیر غوطه‌وری ترکیب روی حشره مذکور بیش از تاثیر محلول‌پاشی آن می‌باشد. در بالاترین دز (۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) به دلیل مرگ و میر تقریبا صد درصدی بین میزان تلفات در روش غوطه‌وری برگ و محلول‌پاشی اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد.

سیلیس از جمله ترکیبات معدنی است که برای کنترل آفات در انبار و مزرعه استفاده می‌شود. این ترکیبات به‌صورت فیزیکی روی حشرات موثر است به این صورت که اگر پوست بدن با آن تماس داشته باشد سبب خراشیدگی جلد کیتینی شده و به دنبال آن حشره آب بدن خود را از دست داده و خشک می‌شود (Talebi Jahromi, 2012). بالاتر بودن تاثیر تماسی کود سیلیکوپتاس نسبت به اثرات گوارشی آن نیز ممکن است به دلیل نحوه اثر سیلیس موجود در این کود باشد که خاصیت تماسی دارد.

جدول ۴- میانگین (±خطای معیار) درصد تلفات پوره‌های سن پنجم پسیل پسته در دزهای مختلف کود سیلیکوپتاس به دو روش محلول‌پاشی و غوطه‌وری برگ

Table 4- Mortality (mean ± SE) of the common pistachio psylla fifth instar nymphs at different doses of silicopotas to both spray and leaf dipping methods

Application method	Dose (mg/l)				
	300	405	547	740	1000
Spray	30±0a	56.0±2.4a	82.0±3.7a	96/0±2.4a	100±0a
Leaf dipping	16.0±2.4b	46.0±2.4b	70.0±4.4b	88.0±2.0b	98.0±2a

The means followed by different letters in the same column are significantly different ($P < 0.05$).

نتایج حاصل از زیست‌سنجی مخلوط حشره‌کش هگزافلومورون و LD_{10} کود سیلیکوپتاس به دو روش غوطه‌وری برگ و محلول‌پاشی

نتایج حاصل از آزمایش‌های زیست‌سنجی مخلوط حشره‌کش هگزافلومورون و کود سیلیکوپتاس روی پوره‌های سن پنجم پسیل پسته به دو روش غوطه‌وری برگ و محلول‌پاشی و مقایسه میانگین داده‌های مربوط به آن‌ها در جدول (۵) آورده شده است. مقایسه اثرات دزهای مختلف حشره‌کش هگزافلومورون در ترکیب با دز LD_{10} کود سیلیکوپتاس به‌عنوان تشدیدکننده، به دو روش غوطه‌وری برگ و محلول‌پاشی و پس از گذشت ۲۴ ساعت نشان داد که در تمامی دزها اثرات غوطه‌وری این مخلوط بیش از محلول‌پاشی بود. در پایین‌ترین دز (۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) مرگ و میر پوره‌های سن پنجم پسیل پسته در روش غوطه‌وری ۳/۱±۳۰/۰ و در روش محلول‌پاشی ۲/۴±۱۶/۰ بود. (F=۱۲/۲۵، P=۰/۰۰۸) در بالاترین دز (۵۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) مرگ و میر پوره‌های سن پنجم پسیل پسته در روش غوطه‌وری ۲/۴±۹۶/۰ و در روش محلول‌پاشی ۲/۴±۸۴/۰ بود (F=۱۲/۰۰، P=۰/۰۰۸). این تحقیق اولین گزارش در مورد تاثیر مخلوط حشره‌کش هگزافلومورون و کود سیلیکوپتاس

می‌باشد. در ترکیب آفت‌کش و کود، در تمامی دزها تاثیر غوطه‌وری بیش از محلول‌پاشی بود. این نتایج نشان می‌دهد که کود سبب تشدید اثرات گوارشی آفت‌کش نسبت به اثرات تماسی آن می‌شود.

جدول ۵- میانگین (±خطای معیار) درصد تلفات پوره‌های سن پنجم پسیل پسته در دزهای مختلف مخلوط حشره‌کش هگزافلوموروِن و کود سیلیکوپتاس به دو روش محلول‌پاشی و غوطه‌وری برگ

Table 5- Mortality (mean ± SE) of the common pistachio psylla fifth instar nymphs at different doses of hexaflumuron and silicopotas mixture in both spray and leaf dipping methods

Application method	Dose (mg/l)				
	250	528	1118	2364	5000
Spray	16.0±2.4b	32.0±2.0b	54.0±2.4b	72.0±2.0b	84.0±2.4b
Leaf dipping	30.0±3.1a	50.0±4.4a	68.0±3.7a	84.0±4.0a	96.0±2.4a

The means followed by different letters in the same column are significantly different ($P < 0.05$).

نتایج حاصل از زیست‌سنجی مخلوط حشره‌کش افوریا و LD_{10} کود سیلیکوپتاس به دو روش غوطه‌وری برگ و محلول‌پاشی

نتایج حاصل از آزمایش‌های زیست‌سنجی مخلوط حشره‌کش افوریا و کود سیلیکوپتاس روی پوره‌های سن پنجم پسیل پسته به دو روش غوطه‌وری برگ و محلول‌پاشی و مقایسه میانگین داده‌های مربوط به آن‌ها در جدول (۶) آورده شده است. مقایسه اثرات دزهای مختلف حشره‌کش افوریا در ترکیب با دز LD_{10} کود سیلیکوپتاس به‌عنوان تشدیدکننده، به دو روش غوطه‌وری برگ و محلول‌پاشی و پس از گذشت ۲۴ ساعت نشان داد که در بالاترین دز اثرات غوطه‌وری و محلول‌پاشی ترکیب با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند (F=۸/۳۳، P=۰/۰۶۰) که ممکن است به دلیل مرگ و میر ۱۰۰ درصدی پوره‌ها در هر دو روش باشد. در سایر دزها اثرات محلول‌پاشی این مخلوط بیش از روش غوطه‌وری بود. در پایین‌ترین دز (۱۱۲۰ میلی‌گرم بر لیتر) مرگ و میر پوره‌های سن پنجم پسیل پسته در روش غوطه‌وری ۲۲/۰±۲/۰ و در روش محلول‌پاشی ۳۴/۰±۲/۴ بود (F=۱۴/۴۰، P=۰/۰۰۵). این تحقیق اولین گزارش در مورد تاثیر مخلوط حشره‌کش افوریا و کود سیلیکوپتاس می‌باشد. در ترکیب آفت‌کش و کود، در تمامی دزها تاثیر غوطه‌وری بیش از محلول‌پاشی بود. این نتایج و مقایسه آن با نتایج به‌دست آمده در بالا نشان می‌دهد که کود سبب تشدید اثرات گوارشی و تماسی آفت‌کش می‌شود.

جدول ۶- میانگین (±خطای معیار) درصد تلفات پوره‌های سن پنجم پسیل پسته در دزهای مختلف مخلوط حشره‌کش افوریا و کود سیلیکوپتاس به دو روش محلول‌پاشی و غوطه‌وری برگ

Table 6- Mortality (mean ± SE) of the common pistachio psylla fifth instar nymphs at different doses of eforia and silicopotas mixture to both spray and leaf dipping methods

Application method	Dose (mg/l)				
	1120	4568	18633	76002	310000
Spray	34.0±2.4a	60.0±3.1a	78.0±2.0a	94.0±2.4a	100.0±0.0a
Leaf dipping	22.0±2.0b	46.0±2.4b	70.0±3.1b	84.0±2.4b	100.0±0.0b

The means followed by different letters in the same column are significantly different ($P < 0.05$).

مقایسه کشندگی هر یک از حشره‌کش‌ها و مخلوط حشره‌کش و کود سیلیکوپتاس

داده‌های به‌دست آمده از مرگ و میر پوره‌های سن پنجم پسیل پسته بعد از در معرض قرارگیری با حشره‌کش و مخلوط حشره‌کش و LD_{10} کود سیلیکوپتاس بر اساس طرح فاکتوریل با یکدیگر مقایسه شدند. در این مقایسه مرگ و میری که به‌وسیله هر حشره‌کش در دزهای مختلف روی پوره‌های سن پنجم پسیل پسته به دو روش غوطه‌وری برگ و محلول پاشی ایجاد شده بود باهم و با داده‌های به‌دست آمده از تاثیر همان حشره‌کش پس از اختلاط با LD_{10} کود سیلیکوپتاس مقایسه شدند تا بررسی شود که کدامیک از چهار تیمار اعمال شده (آفت‌کش تنها و آفت‌کش با کود، هر یک به دو روش محلول‌پاشی و غوطه‌وری برگ) بیشترین تاثیر را روی آفت دارد.

مقایسه کشندگی هگزافلومورون و مخلوط هگزافلومورون و LD_{10} کود سیلیکوپتاس به دو روش محلول‌پاشی و غوطه‌وری برگ

نتایج حاصل از تجزیه آماری داده‌های مربوط به حشره‌کش هگزافلومورون و مخلوط حشره‌کش هگزافلومورون و کود سیلیکوپتاس، هریک در دزهای مختلف از ترکیب نشان می‌دهد که با حدود اطمینان ۹۹ درصد بین دز، روش کاربرد و ترکیبات شیمیایی آزمایش شده تفاوت معنی‌داری وجود دارد. اگرچه اثرات متقابل آن‌ها در هیچ‌کدام معنادار نشد. در مورد اثر دز، روش کاربرد و ترکیبات شیمیایی آزمایش شده، F محاسبه شده از F جدول در سطح احتمال آماری یک درصد بزرگ‌تر شده و $P<۰/۰۱$ می‌باشد. ضریب تغییرات این آزمایش‌ها نشان می‌دهد که انجام آزمایش دارای دقت قابل قبولی می‌باشد.

میانگین مرگ و میر پوره‌های سن پنجم پسیل پسته در دزها، روش کاربرد و ترکیبات شیمیایی آزمایش شده شامل حشره‌کش هگزافلومورون و مخلوط حشره‌کش هگزافلومورون و کود سیلیکوپتاس در جدول ۷ آمده است. این نتایج نشان می‌دهد که در هر دو تیمار میانگین مرگ و میر در دزهای مختلف با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارد. بااین حال، میانگین مرگ و میر روش‌های کاربرد در هر تیمار در بیشتر موارد با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند. بالاترین مرگ و میر پوره‌های سن پنجم زمانی مشاهده شد که دز ۵۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر از هگزافلومورون با LD_{10} کود سیلیکوپتاس ترکیب و حشره به‌صورت غوطه‌وری در معرض قرار گرفت. اگرچه مرگ و میر ایجاد شده توسط این تیمار در روش محلول‌پاشی نیز تفاوت معنی‌داری با روش غوطه‌وری نداشت. همچنین پایین‌ترین دز هگزافلومورون در هر دو روش غوطه‌وری برگ و محلول‌پاشی کمترین مرگ و میر را بین تیمارهای مختلف داشت.

جدول ۷- میانگین (±خطای معیار) درصد تلفات پوره‌های سن پنجم پسیل پسته در دزهای مختلف حشره‌کش هگزافلوموروون و مخلوط حشره‌کش هگزافلوموروون و کود سیلیکوپتاس به دو روش محلول‌پاشی و غوطه‌وری برگ

Table7- Mortality (mean ± SE) of the common pistachio psylla fifth instar nymphs at different doses of hexaflumuron and mixture of hexaflumuron and silicopotas in contact and feeding methods

Insecticide	Application method	Dose (mg/l)				
		250	528	1118	2364	5000
Hexaflumuron	Spray	6.0±2.4k	20.0±3.1ijk	36.0±2.4fgh	50.0±0.0f	66.0±2.4cd
	Leaf dipping	12.0±2.0k	30.0±3.1hij	46.0±2.4efg	66.0±2.4cd	80.0±3.1bc
Hexaflumuron + Silicopotas	Spray	16.0±2.4jk	32.0±2.0ghi	54.0±2.4de	72.0±2.0bc	84.0±2.4ab
	Leaf dipping	30.0±3.1hij	50.0±4.4ef	68.0±3.7cd	84.0±4.0ab	96.0±2.4a

The means followed by different letters in the same column are significantly different ($P < 0.05$).

مقایسه کشندگی افوریا و مخلوط افوریا و LD_{10} کود سیلیکوپتاس به دو روش غوطه‌وری برگ و محلول‌پاشی

نتایج حاصل از تجزیه آماری داده‌های مربوط به حشره‌کش افوریا و مخلوط حشره‌کش افوریا و کود سیلیکوپتاس، هریک در دزهای مختلف از ترکیب نشان می‌دهد که با حدود اطمینان ۹۹ درصد بین دز، روش کاربرد و ترکیبات شیمیایی آزمایش شده تفاوت معنی‌داری وجود دارد. اگرچه اثرات متقابل آن‌ها در هیچ کدام معنی‌دار نشد. در مورد اثر دز، روش کاربرد و ترکیبات شیمیایی آزمایش شده، F محاسبه شده از F جدول در سطح احتمال آماری یک درصد بزرگ‌تر شده و $P<۰/۰۱$ می‌باشد. ضریب تغییرات این آزمایش‌ها نشان می‌دهد که انجام آزمایش دارای دقت قابل قبول است.

میانگین مرگ و میر پوره‌های سن پنجم پسیل پسته در دزها، روش کاربرد و ترکیبات شیمیایی آزمایش شده شامل حشره‌کش افوریا و مخلوط حشره‌کش افوریا و کود سیلیکوپتاس در جدول (۸) آمده است. این نتایج نشان می‌دهد که در هر دو تیمار میانگین مرگ و میر در دزهای مختلف با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارد. بااین حال، میانگین مرگ و میر روش‌های کاربرد در هر تیمار در بیشتر موارد با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند. بالاترین مرگ و میر پوره‌های سن پنجم زمانی مشاهده شد که دز ۵۰۰۰ (میلی‌گرم بر لیتر) افوریا با LD_{10} کود سیلیکوپتاس ترکیب و حشره به‌صورت غوطه‌وری برگ و محلول‌پاشی در معرض قرار گرفت. اگرچه مرگ و میر ایجاد شده توسط این تیمار در روش غوطه‌وری برگ و محلول‌پاشی نیز تفاوت معنی با کاربرد افوریا به‌صورت تنها نداشت. همچنین پایین‌ترین دز افوریا در تمامی تیمارها کمترین کشندگی را داشت. در یک تحقیق تاثیر دزهای مختلف کودهای اوره، TSP، MP و Gypsum مخلوط با هریک از حشره‌کش‌های دیازینون و سدیم آرسنیت روی جمعیت آفات فعال در مزرعه برنج مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که وقتی آفت‌کش همراه با هریک از کودها استفاده شد، جمعیت آفت نسبت به وقتی که آفت‌کش به تنهایی استفاده شد، به‌میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد (Haq *et al*., 2002). نتایج تحقیق حاضر مطابق با یافته‌های (Haq *et al*., 2002) می‌باشد.

جدول ۸- میانگین (±خطای معیار) درصد تلفات پوره‌های سن پنجم پسیل پسته در دزهای مختلف حشره‌کش افوریا و مخلوط حشره‌کش افوریا و کود سیلیکوپتاس به دو روش محلول‌پاشی و غوطه‌وری برگ

Table 8- Mortality (mean ± SE) of the common pistachio psylla fifth instar nymphs at different doses of eforia and mixture of eforia and silicopotas in contact and feeding methods.

Insecticide	Application method	Dose (mg/l)				
		1120	4568	18633	76002	310000
Eforia	Spray	20.0±0.0kl	38.0±3.7hij	56.0±6.7efg	70.0±4.4cde	86.0±2.4abc
	Leaf dipping	14.0±2.4l	34.0±2.4ijk	52.0±3.7fgh	68.0±3.7def	84.0±4.0abcd
Eforia + silicopotas	Spray	34.0±2.4ijk	60.0±3.1efg	78.0±2.0bcd	94.0±2.4ab	100.0±0.0a
	Leaf dipping	22.0±2.0jkl	46.0±2.4ghi	70.0±3.1cde	84.0±2.4abcd	100.0±0.0a

The means followed by different letters in the same column are significantly different ($P < 0.05$).

تاثیرات تداخلی حشره‌کش‌ها و LD_{10} کود سیلیکوپتاس

اختلاط بین دزهای مختلف هریک از حشره‌کش‌های هگزافلومورون و افوریا با LD_{10} کود سیلیکوپتاس در دو روش غوطه‌وری و محلول‌پاشی بسته به شرایط آزمایش دارای اثرات سینرژیستی، افزایشی و یا حتی آنتاگونیستی بود.

تاثیرات تداخلی هگزافلومورون و LD_{10} کود سیلیکوپتاس به دو روش غوطه‌وری برگ و محلول‌پاشی

در اثر مشترک دزهای مختلف هگزافلومورون مخلوط با LD_{10} کود سیلیکوپتاس در کاربرد به‌صورت غوطه‌وری روی پوره‌های سن پنجم پسیل پسته مشاهده شد که در تمامی دزها، اثرات سینرژیستی بود و هیچ اثر افزایشی یا آنتاگونیستی مشاهده نشد (جدول ۹). همچنین، در اثرات مشترک دزهای مختلف هگزافلومورون مخلوط با LD_{10} کود سیلیکوپتاس در کاربرد به‌صورت محلول‌پاشی روی پوره‌های سن پنجم پسیل پسته مشاهده شد که در دزهای بالا اثرات به‌صورت سینرژیستی می‌باشد، ولی در دو دز پایین (۲۵۰ و ۵۲۸ میلی‌گرم بر لیتر) اثرات افزایشی است و در اینجا نیز هیچ اثر آنتاگونیستی مشاهده نشد (جدول ۹). این نتایج نشان می‌دهد که کود سیلیکوپتاس به‌عنوان محرک همراه سبب بهتر شدن خاصیت کشندگی حشره‌کش هگزافلومورون در روش غوطه‌وری برگ و محلول‌پاشی می‌شود. همچنین مشاهده شد که بسته به نوع اثرگذاری آفت‌کش، کود سیلیکوپتاس خاصیت حشره‌کشی آفت‌کش را به‌صورت متفاوتی تحت‌تاثیر قرار می‌دهد.

تاثیرات تداخلی افوریا و LD_{10} کود سیلیکوپتاس به دو روش غوطه‌وری برگ و محلول‌پاشی

در اثر مشترک دزهای مختلف افوریا مخلوط با LD_{10} کود سیلیکوپتاس در کاربرد به‌صورت غوطه‌وری روی پوره‌های سن پنجم پسیل پسته مشاهده شد که در دزهای بالا اثرات به‌صورت سینرژیستی می‌باشد، ولی در دو دز پایین (۱۱۲۰ و ۴۵۶۸ میلی‌گرم بر لیتر) اثرات افزایشی بود (جدول ۹). همچنین در اثرات مشترک دزهای مختلف افوریا مخلوط با LD_{10} کود سیلیکوپتاس در کاربرد به‌صورت محلول‌پاشی روی پوره‌های سن پنجم پسیل پسته مشاهده شد که در تمامی دزها، اثرات سینرژیستی می‌باشد و هیچ اثر افزایشی یا آنتاگونیستی مشاهده نشد (جدول ۹). این نتایج نشان می‌دهد که کود سیلیکوپتاس به‌عنوان محرک همراه سبب بهتر شدن خاصیت کشندگی حشره‌کش افوریا در روش غوطه‌وری برگ و محلول‌پاشی می‌شود.

همچنین مشاهده شد که اثرات افزاینده یا کاهنده کود سیلیکوپتاس، پس از ترکیب با آفت‌کش‌ها، بسته به روش تیمار با ترکیبات حشره‌کش (پاشش و غوطه‌وری برگ) متفاوت می‌باشد.

جدول ۹- تاثیر هگزافلوموروون و افوریا و کود سیلیکوپتاس روی پوره‌های سن پنجم پسیل پسته

Table 9- Effect of hexaflumuron, eforia and silicopotas on fifth instar nymphs of the common pistachio psylla

Insecticide	Application method	Dose (mg/l)	Observed mortality (%)	Expected mortality (%)	χ^2	Interaction
Hexaflumuron + Silicopotas	Spray	250	16	15	0.06	Additive
		528	32	34	2.66	Additive
		1118	54	29	20.48	Synergism
		2364	72	30	58.80	Synergism
		5000	84	25	130.90	Synergism
	Leaf dipping	250	30	19	5.84	Synergism
		528	50	28	17.28	Synergism
		1118	68	30	47.15	Synergism
		2364	84	25	130.90	Synergism
		5000	96	18	338.00	Synergism
Eforia + Silicopotas	Spray	1120	34	24	4.16	Synergism
		4568	60	29	30.72	Synergism
		18633	78	30	75.43	Synergism
		76002	94	24	204.16	Synergism
		310000	100	13	557.48	Synergism
	Leaf dipping	1120	22	20	0.08	Additive
		4568	30	29	0.03	Additive
		18633	70	29	54.41	Synergism
		76002	84	24	139.65	Synergism
		310000	100	15	479.93	Synergism

اثرات متقابل سینرژیستی، افزایشی یا آنتاگونیستی بین حشره‌کش افوریا (دز های مختلف) و کود سیلیکوپتاس (LC_{10}) به‌وسیله مقایسه مقدار مرگ و میر قابل انتظار با مرگ و میر مشاهده شد.

References

Abedi, Z., Saber, M., Gharekhani, G., Mehrvar, A. and Kamita, S. G. 2014. Lethal and sublethal effects of azadirachtin and cypermethrin on *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae). Journal of Economic Entomology, 107: 638-645.

Alimohamadi, N., Samih, M. A., Izadi, H. and Shahidi-Noghabid, S. 2014. Developmental and biochemical effects of hexaflumuron and spirodiclofen on the ladybird beetle, *Hippodamia variegata* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae). Journal of Crop Protection, 3(3): 335-344.

Alizadeh, A., Talebi-Jahromi, K., Hosseininaveh, V. and Ghadamyari, M. 2014. Toxicological and biochemical characterizations of AChE in phosalone-susceptible and resistant populations of the common pistachio psyllid, *Agonoscena pistaciae*. Journal of Insect Science 14:18. Available online: http://www.insectscience.org/14.18.

Amirzade, N., Izadi, H., Jalali, M. A. and Zohdi, H. 2012. Evaluation of three neonicotinoid insecticides against the common pistachio psylla, *Agonoscena pistaciae*, and its natural enemies. Journal of Insect Science, 14(35): 1-8.

Anagnou–Veroniki, M., Papaioannou–Souliotis, P., Karanastasi, E. and Giannopolitis, C. N. 2008. New records of plant pests and weeds in Greece, 1990-2007. Hellenic Plant Protection Journal, 1: 55-78.

Bashari, E., Ghadamyari, M. and Jalali Sendi, J. 2014. Toxicity, and biological and biochemical effects of hexaflumuron on the elm leaf beetle, *Xanthogaleruca luteola* (Col.: Chrysomelidae). Journal of Entomological Society of Iran, 34: 35-46.

Coon, M. J., Vaz, A. D. and Bestervelt, L. L. 1996. Peroxidative reactions of diversozymes. FASEBJ, 10: 428-434

Croft, B. A. 1990. Arthropod biological control agents and pesticides. 1st Edn., John Wiley and Sons, New York, 725 pp.

Haq, M. T., Sattar, M. A., Hossain, M. M. and Hasan, M. M. 2002. Effects of fertilizers and pesticides on growth and yield of rice. Journal of Biological science, 2(2): 84-88.

Izakmehri, K., Saber, M. Mehrvar, A., Hassanpouraghdam, M. B. and Vojoudi, S. 2013. Lethal and sublethal effects of essential oils from *Eucalyptus camaldulensis* and *Heracleum persicum* against the adults of *Callosobruchus maculatus*. Journal of Insect Science, 13(1): article no.152.

Jalaeian, M. and Karimi- Malati, A. 2013. Comparison of common pistachio psylla (*Agonoscena pistaciae*) population on main native and non-native pistachio varieties in Khorasan Razavi Province. Plant Pests Research, 2: 45-54.

Kabiri, M. and Amiri-Besheli, B. 2012. Toxicity of Palizin©, Mospilan© and Consult© on *Agonoscena pistaciae* Burckhardt and Lauterer (Hemiptera: Psyllidae), *Oenopia conglobata* L. (Coleoptera: Coccinellidae) and *Psyllaephagus pistaciae* Ferrière (Hymenoptera: Encyrtidae). Academic Journal of Entomology, 5(2): 99-107.

Koppenhöfer, A. M. and Kaya, H. K. 1996. Additive and synergistic interaction between entomopathogenic nematodes and *Bacillus thuringiensis* for scarab grub control. Biological Control, 8: 131–7.

LeOra Software 2006. POLO-Plus 1.0 Probit and Logit Analysis. LeOra Software, Petaluma.

Mahmoudvand, M., Abbasipour, H., Sheikhi-Garjan, A. and Bandani, A. R. 2011. Sublethal effects of hexaflumuron on development and reproduction of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae). Insect Science, 18: 689–696.

McCann, S. F., Annis, G. D., Shapiro, R., Piotrowski, D. W., Lahm, G. P., Long, J. K., Lee, K. C., Hughes, M. M., Myers, B. J., Griswold, S. M., Reeves, B. M., March, R. W., Sharpe, P. L., Lowder, P., Barnette, W. E. and Wing, K. D. 2001. The discovery of indoxacarb: Oxadiazines as a new class of pyrazoline-type insecticides. Pest Management Science, 57: 153-164.

Mohammadzadeh, M., Bandani, A. R. and Sabahi, Q. 2014. Comparison of susceptibility of two populations of *Tetranychus urticae* Koch to two acaricides, abamectin and propargite. Archives of Phytopathology and Plant Protection, DOI:10.1080/03235438.2013.869890.

Nyrop, J., English-Loeb, G. and Roda, G. A. 1998. Conservation biological control of spider mites in perennial cropping systems. In: Barbosa P (ed) Conservation Biological control. Academic Press, San Diego, 303-307.

Robertson, J. L., Russell, R. M., Preisler, H. K. and Savin, N. E. 2007. Bioassays with arthropods, second ed. CRC Press, Boca Raton, 224 pp.

SAS Institute. 2002. The SAS system for windows. SAS Institute, Cary, NC.

Talebi Jahromi, K. 2012. Toxicology of Pesticides. Tehran University Press, 508pp.

Taleh, M., Farshbaf Pourabad, R., Geranmaye, J. and Ebadollahi, A. 2015. Toxicity of hexaflumuron as an insect growth regulator (IGR) against *Helicoverpa armigera* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae). Journal of Entomology and Zoology Studies, 3: 274-277.

Yu, C., Fu, M., Lin, R., Zhang, Y., Yongquan, L., Jiang, H., Theo, and Brock, C. M. 2014. Toxic effects of hexaflumuron on the development of *Coccinella septempunctata*. Environmental Science Pollut Research, 21: 1418–1424.

Journal of Entomological Research
Volume 9, Issue 3, pages: 213-229

Islamic Azad University, Arak Branch
ISSN 2008-4668
http://jer.iau-arak.ac.ir

Silicopotas an important factor in control of the common pistachio psylla, *Agonoscena pistaciae* and a synergist for hexaflumuron and eforia

M. Bakhshi[1], H. Izadi[1], M. Mohammadzadeh[1*]

1- Respectively M. Sc. Student, Professor and Ph.D. student, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran

Abstract

The common pistachio psylla, *Agonoscena pistaciae* Burckhardt and Lauter (Hemiptera: Aphalaridae) is one of the most damaging pests in both cultivated pistachio plantations and on wild pistachio plants in Iran. Chemical control is a common method to manage this pest. Development of resistance to chemicals pesticides is widespread in this pest. Therefore, it is necessary to replace new pesticide for control the pest. Spraying of trees is one of the main methods to reduce pest populations which may increase resistance to pesticides and causes pest outbreaks. So it is essential to review the use of common pesticides and replacing with the environmental low-risk substances. The aim of this study was to evaluate the contact and feeding toxicity of eforia and hexaflumuron as well as silicopotas fertilizer in different concentrations on the 5th instar nymphs of psyllid. The mortality of combination of LC_{10} of silicopotas and different concentrations of each pesticide was also examined. Results showed that silicopotas with lower LC_{50} in both contact and feeding methods (387.23 and 447.47 mg/l, respectively) is more toxic than eforia and hexaflumuron. The LC_{50} values of eforia and silicopotas in contact toxicity (16187 and 22533 mg/l, respectively) were higher than feeding effect. In contrast, the feeding toxicity of hexaflumuron (1890 and 2626 mg/l, respectively) was more than contact toxicity. When silicopotas was added to each of pesticide, toxicity was increased (synergistic effect). These results showed that investigated treatments have good effect on the mortality of 5th instar nymphs and could be used for control of the pest.

Key words: Eforia, Hexaflumuron, Silicopotas, The common pistachio psyllid, Combination effect

* Corresponding Author, E-mail*: p93352001@post.vru.ac.ir*
Received: 28 Feb. 2017 – Accepted: 11 Nov. 2017