

Efficacy Comparison of Afidopyropen with Commonly Used Insecticides Against the green peach aphid (*Myzus persicae* Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) Under Field Condition

H. Mosallanejad^{1*}, Z. Saeidi², A. Joyandeh³

1- Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

2- Charmahal & Bakhtiyari Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shahrekord, Iran

3- Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran

(*- Corresponding author's Email: hmosalla@gmail.com)

How to cite this article:

Received: 19-04-2025

Revised: 08-01-2026

Accepted: 14-01-2026

Available Online: 21-03-2026

Mosallanejad, H., Saeidi, & Z., Joyandeh, A. (2026). Efficacy comparison of Afidopyropen with commonly used insecticides against the green peach aphid (*Myzus persicae* Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) under field condition. *Iranian Plant Protection Research*, 40(1), 433-443. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/JPP.2026.93080.1227>

Introduction

The green peach aphid, *Myzus persicae* Sulzer, a cosmopolitan aphid species, is one of the most important pests in Iran and worldwide, causing considerable damages through direct plant sap feeding and transmitting many plant viruses. It is a highly polyphagous, feeding on more than 50 plant families, causing losses to agro-industrial crops (including potato, sugar beet and tobacco), horticultural crops (including plants of Brassicaceae, Solanaceae and Cucurbitaceae families) and stone fruits (peach, apricot, and cherry, among others). A number of factors, such as its distribution, host range, mechanisms of plant damage, life cycle, capacity to disperse and ability to evolve resistance to insecticides, have enhanced the status of this species as a pest. For example, the life cycle is often anholocyclic meaning that it continues the parthenogenesis throughout the year, allowing populations to increase rapidly under favorable conditions and quickly reach damaging numbers. Currently, insecticide application is the primary and most effective option for controlling *M. persicae*. Indeed, since its damage is of great economic importance in Iran, several insecticide applications are performed against this pest during the cropping season. Biological characteristics, including short generation time and high reproductive capacity, has made this pest as one of the potential pests to develop resistance to insecticides. As a consequence, resistance to many insecticides has reported throughout the world. Globally, insect has shown high to extremely high levels of resistance to a wide range of conventional insecticides. The best Strategy for postpone the resistance evolution is to rotate Insecticides with different modes of action. Indeed, alternation of new mode of action groups have the potential to reduce the intensity of selection for new resistance mechanisms. In order to register new insecticides and diversify the insecticides basket, the present study was conducted to evaluate the field efficacy of Afidopyropen (Ventigra®) (DC 10%) in comparison with malathion (EC 57%) and pirimicarb



Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

<https://doi.org/10.22067/JPP.2026.93080.1227>

(WP 50%). Afidopyropen (IRAC 9D) is a novel pyropene insecticide, derived from the fungus *Aspergillus fumigatus*, that inhibits the insect vanilloid-type transient receptor potential (TRPV) channels. It provides systemic protection in plants due to its high translaminar activity. Afidopyropen interacts with chordotonal stretch receptor neurons in various sap-feeding Hemiptera, which serve as mechanosensory functions by detecting articulatory movements, and causes insect death via starvation and desiccation. Afidopyropen also displays little risk to the environment and to humans. Afidopyropen has been registered for use on a broad range of crops, such as cotton, soybeans, wheat, citrus, pome fruit, stone fruit, tree nuts, leafy and fruiting vegetables, brassica, cucurbits, tuberous and corm vegetables as well as ornamental plants in many countries, such as USA, India, China and Australia.

Materials and Methods

The field trial was conducted in a randomized complete block design with five treatments and three replications in peach orchards of three provinces of Iran, Khorasan Razavi, Charmahal & Bakhtiari and Qazvin, in 2022. To do this, at 3, 7 and 14 days after treatment, the aphid counts per branch were recorded on five shoots per tree, and efficacy was calculated using the Henderson and Tilton's formula. The treatments consisted of Afidopyropen (0.1 ml L⁻¹), Afidopyropen (0.075 ml L⁻¹), malathion (2 ml L⁻¹), pirimicarb (0.5 ml L⁻¹) and control. Afidopyropen (DC 10%) was obtained from the representative of BASF Co., Ltd., Tehran, Iran. Other insecticides were purchased from Golsam Gorgan Chemical Co.

Results and Discussion

The combined analysis of variance confirmed that interaction of treatment × place was not significant, meaning that the experimental treatments had the same responses at different locations. Therefore, the data were statistically analyzed based on this, without considering the locations. The results showed that in all days of post treatment, Afidopyropen (0.1 ml L⁻¹) had the highest efficacy (93-92%), whereas malathion showed the lowest (79-86 %). The reduced dose of Afidopyropen (0.075 ml L⁻¹), also exhibited good efficacy (%87) at all days of post treatments and there was no significant statistical difference with Afidopyropen with 0.1 ml/L field rate. Additionally, pirimicarb did not show significant statistical difference with malathion at all days of post treatments.

Conclusion

In conclusion, our results showed that Afidopyropen exhibited acceptable efficacy against *Myzus persicae*, required for registration in Iran. However, since the both Afidopyropen concentrations (0.075 and 0.1 ml L⁻¹) had the same efficiency and considering the low-input of pesticides to the environment and as the economic view, it is recommended to use the application rate of 0.075 ml L⁻¹ against this pest.

Keywords: Chemical control, Evaluation, Field trial, New compound

مقایسه کارایی حشره‌کش آفیدوپروپن با حشره‌کش‌های رایج در مهار شته سبز هلو (*Myzus persicae* Sulzer) در شرایط مزرعه‌ای

هادی مصلی نژاد^{۱*} - زریر سعیدی^۲ - علی جوینده^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۲۴

چکیده

شته سبز هلو با نام علمی *Myzus persicae* Sulzer از آفات مهم درختان میوه و گیاهان زراعی در ایران و جهان است که خسارت قابل توجهی را باعث می‌شود. خسارت این آفت به حدی است که چندین بار سم‌پاشی علیه آن صورت می‌گیرد. در راستای ثبت آفت‌کش‌های جدید و تنوع‌بخشی به سید حشره‌کش‌های این آفت در کشور که زمینه‌ساز اجرای مصرف تناوبی حشره‌کش‌ها به‌عنوان مهم‌ترین اقدام پیشگیرانه برای جلوگیری از مقاومت آفات است، تحقیق حاضر به‌منظور تعیین کارایی حشره‌کش جدید آفیدوپروپن ۱۰ درصد (IRAC 9D) DC در مقایسه با مالاتیون ۵۷٪ EC و پیریمیکارب ۵۰٪ WP در استان‌های قزوین (تاکستان)، چهارمحال و بختیاری (فالارد) و خراسان رضوی (ایستگاه گل‌مکان) در سال ۱۴۰۱ اجرا شد. تیمارها شامل آفیدوپروپن با غلظت ۰/۱ در هزار، آفیدوپروپن با غلظت ۰/۰۷۵ در هزار، مالاتیون با غلظت ۲ در هزار، پیریمیکارب با غلظت ۰/۵ در هزار و شاهد بودند. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در پنج تیمار و سه تکرار اجرا شد. نمونه‌برداری یک روز قبل از سم‌پاشی درختان هلو، و ۷ و ۱۴ روز پس از سم‌پاشی انجام شد. درصد کارایی تیمارها براساس معادله هندرسون-تیلتون محاسبه گردید. تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر متقابل تیمار در مکان (تیمار × مکان) معنی‌دار نبود. بنابراین داده‌ها بر این اساس و بدون در نظر گرفتن مکان‌های مورد مطالعه، تجزیه آماری شدند. نتایج این پژوهش نشان داد که در همه روزهای بعد از سم‌پاشی، آفیدوپروپن با غلظت ۰/۱ (یک دهم) در هزار بالاترین کارایی (۹۳ تا ۹۴ درصد) و مالاتیون با میانگین کارایی بین ۸۶-۷۷ درصد کمترین کارایی را داشته است. کارایی پیریمیکارب نیز با مالاتیون اختلاف آماری معنی‌داری نداشت. آفیدوپروپن با غلظت کاهش‌یافته (۰/۰۷۵ در هزار) نیز در همه روزهای بعد از سم‌پاشی اگرچه کارایی کمتری نشان داد (حدود ۸۷ درصد)، اما از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با غلظت کاهش‌نیافته آفیدوپروپن نداشت. بنابراین با رویکرد ورود کمتر آفت‌کش‌ها به محیط‌زیست، قابل توصیه‌ترین آفت‌کش از بین آفت‌کش‌های مورد بررسی در این پژوهش، آفیدوپروپن بود.

واژه‌های کلیدی: آزمایش مزرعه‌ای، ارزیابی، ترکیب جدید، کنترل شیمیایی

مقدمه

براساس آمارنامه کشاورزی سال ۱۴۰۲ (Anonymous, 2023)،

سطح زیرکشت هلو در سال ۱۴۰۲ در ایران بیش از ۵۷ هزار هکتار بود که از این سطح، حدود یک میلیون و دویست هزار تن محصول تولید و برداشت شده است. درختان هلو مورد حمله تعداد زیادی از آفات قرار می‌گیرند که شته سبز هلو^۴ یکی از مهم‌ترین آن‌ها است. شته سبز هلو با نام علمی *Myzus persicae* Sulzer از آفات مهم درختان میوه و گیاهان زراعی در ایران و جهان محسوب می‌شود و گونه‌ای پلی‌فاژ بوده و دامنه میزبانی بسیار وسیعی دارد، به‌طوری‌که گزارش‌ها حاکی از آن است که روی بیش از ۴۰۰ گونه گیاهی متعلق به ۴۰ تیره گیاهی می‌تواند تغذیه کند (Blackman & Eastop, 2000).

۱- مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی تهران، تهران، ایران

۲- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، ایران

۳- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی،

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

(Email: hmosalla@gmail.com)

(*) نویسنده مسئول:

<https://doi.org/10.22067/JPP.2026.93080.1227>

4- The green peach aphid *Myzus persicae* Sulzer (Hemiptera: Aphididae)

۲۰۰۸). میزبان اول آن درختان میوه هسته‌دار و میزبان دوم آن گیاهان زراعی متعدد از تیره‌های مختلف گیاهی می‌باشد. اواخر بهار فرم‌های بالدار شته روی میزبان‌های دوم از جمله سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) مهاجرت می‌کنند که تا اوایل پاییز روی این میزبان‌ها به زادوولد می‌پردازند. این شته در تمام نواحی ایران یافت می‌شود و در نقاط با زمستان‌های ملایم و فاقد درختان هلو، سراسر زمستان را به صورت بکرزائی تولیدمثل می‌کند (Behdad, 1996). براساس گزارش‌های منتشرشده در کشورمان، این شته در سال‌های اخیر روی کلزا (*Brassica napus* L.) نیز فعالیت داشته و خسارت می‌زند (Talepour & Rashki Shivani, 2016). خسارت این آفت هم از راه تغذیه مستقیم از شیره گیاهی و هم از راه انتقال ویروس‌های گیاهی است. در اثر تغذیه از شیره گیاهی، برگ‌ها تغییر شکل داده و پیچیده می‌شوند که علاوه بر آفت عملکرد محصول، باعث می‌شود که آفت از تماس مستقیم با حشره‌کش‌ها در امان بماند. خسارت غیرمستقیم نیز از طریق انتقال ویروس‌های گیاهی رخ می‌دهد. براساس پژوهش‌های انجام‌شده، این آفت قادر به انتقال بیش از ۱۰۰ نوع ویروس گیاهی است (Van Edmen & Harrington, 2017). مهم‌ترین ویروس‌های قابل انتقال توسط این شته عبارتند از ویروس پیچیدگی برگ سیب‌زمینی (Potato leafroll virus, PLRV) و ویروس وای سیب‌زمینی (Belabess et al., 2025). از آنجایی که خسارت این آفت اهمیت اقتصادی زیادی دارد، در طول فصل با استفاده از حشره‌کش‌ها چندین بار سم‌پاشی علیه آن صورت می‌گیرد. اکسی‌دیمتون متیل 25% EC (IRAC 1B)، مالاتیون 57% EC (IRAC 1B)، پیریمیکارب 50% DF/WP (IRAC 1A) و هپتئفوس 50% EC (IRAC 1B) از جمله حشره‌کش‌هایی هستند که در ایران برای مهار این آفت در محصول هلو توسط سازمان حفظ نباتات توصیه شده‌اند (Noorbakhsh, 2025). اما یکی از مهم‌ترین چالش‌های مهار شیمیایی که منجر به کاهش یا عدم کارایی حشره‌کش‌ها می‌شود، پدیده مقاومت آفات به حشره‌کش‌ها است. ویژگی‌های زیست‌شناسی این آفت نظیر پلی‌فاژ بودن و باروری زیاد، این آفت را در زمره حشرات مستعد بروز مقاومت به حشره‌کش‌ها قرار داده، به طوری که این آفت در مقیاس جهانی، جزء پنج آفت مهم مقاوم به حشره‌کش‌ها قرار دارد (Sparks et al., 2020). نکته مهم دیگر در خصوص مقاومت این آفت به حشره‌کش‌ها، موضوع مقاومت چندگانه^۱ است یعنی آفت هم‌زمان دو یا سه سازوکار مقاومت را با هم بروز می‌دهد که باعث پیچیده شدن و سخت‌تر شدن مهار آن می‌شود (Bass et al., 2014). همان‌طور که ملاحظه می‌شود، حشره‌کش‌های توصیه‌شده علیه آفت، همگی متعلق به گروه یک (IRAC 1) (ارگانوفسفرها و کاربامات‌ها) هستند که

نحوه عمل یکسانی داشته (بازدارنده آنزیم استیل کولین استراز) و از دیدگاه مدیریت مقاومت آفات به حشره‌کش‌ها، قابلیت استفاده به صورت تناوبی را ندارند. ضمن اینکه بعضی از حشره‌کش‌های توصیه شده مثل هپتئفوس به دلیل عدم تدارک در کشور، در بازار وجود ندارند و عملاً قابل استفاده نیستند. از این رو سید حشره‌کش‌های مهارکننده این آفت بسیار محدود است. بنابراین ضروری است که حشره‌کش‌های جدید با طرز تأثیر متفاوت، در سبد حشره‌کش‌های قابل توصیه و مجاز برای مهار این آفت موجود باشد تا بتوان مصرف تناوبی حشره‌کش‌ها از گروه‌های مختلف را به صورت عملیاتی اجرا نمود که این راهبرد در پیشگیری و به تأخیر انداختن مقاومت آفات به حشره‌کش‌ها تأثیر بسزایی دارد (Sparks et al., 2021).

آفیدوپروپین (Afidopyropen) با نام تجاری ونتیگرا^۲ حشره‌کش جدیدی برای کشور ما است که در طبقه‌بندی حشره‌کش‌ها و کنه‌کش‌ها براساس محل تأثیر (IRAC)، در گروه شماره ۹ تحت عنوان ترکیبات مؤثر بر اندام کوردوتونال^۳ (تعدیل‌کننده کانال مربوطه) قرار دارد (IRAC, 2025). آفیدوپروپین با فرمولاسیون DC^۴ یعنی مایع غلیظ پخش‌شونده فرموله شده است. اندام کوردوتونال در شنیدن، تغذیه و توازن حشرات نقش دارد و نتیجه مسموم شدن حشرات با این حشره‌کش، توقف تغذیه، عدم تعادل در جهت‌یابی، عدم هماهنگی اعضا، اختلال در شنوایی و در نهایت مرگ (در اثر گرسنگی و از دست رفتن آب بدن) خواهد بود (Kandasamy et al., 2017). آفیدوپروپین در سطح جهانی، برای مدیریت آفات مکنده در محصولات مختلف کشاورزی شامل پنبه، سویا، گندم، مرکبات، درختان میوه هسته‌دار و دانه‌دار، درختان آجیلی^۵، سبزیجات برگی و میوه‌ای، انواع کلم‌ها و گیاهان زینتی در کشورهای مختلف (۲۳ کشور نظیر ایالات متحده آمریکا، برزیل، چین، ژاپن، استرالیا و هندوستان) ثبت شده و از منظر مدیریت تلفیقی آفات (IPM) توصیه شده است. در این پروژه تحقیقاتی، برای اولین بار در کشور و به منظور ثبت حشره‌کش جدید آفیدوپروپین در مقایسه با مالاتیون ۵۷% EC و پیریمیکارب ۵۰% WP میزان کارایی در سه استان کشور مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق که به عنوان داده‌های اولیه و پایه‌ای در خصوص حساسیت آفت^۶ به آفیدوپروپین قلمداد می‌شود، برای مطالعات بعدی در آینده می‌تواند مورد استفاده قرار گرفته و اطلاعات کاربردی مهمی را در برنامه‌های پایش و ردیابی مقاومت آفت به حشره‌کش‌ها به محققان ارائه دهد. اهمیت چنین داده‌هایی به عنوان

2- Ventigra®

3- Chordotonal organ TRPV channel modulators

4- Dispersible concentrate

5- Tree nuts

6-Baseline Susceptibility Data

1- Multiple resistance

نتایج

تجزیه واریانس مرکب داده ها (با در نظر گرفتن عامل های تیمار و مکان) نشان داد که اثر متقابل تیمار در مکان (تیمار $\times$ مکان) معنی دار نبود. به عبارت دیگر، تیمارهای آزمایشی در مکان های مختلف، پاسخ های مشابهی را نشان دادند. بنابراین داده ها بر این اساس و بدون در نظر گرفتن مکان های مورد نظر (شهرکرد، مشهد و قزوین) تجزیه آماری شدند. مؤلفه های آماری برای اثر متقابل تیمار $\times$ مکان این تجزیه عبارتند از: سه روز ($F_{(6,18)}=0.50$; $P=0.797$)، هفت روز ($F_{(6,18)}=1.04$; $P=0.43$) و ۱۴ روز ($F_{(6,18)}=2.16$; $P=0.096$) بعد از سمپاشی می باشد.

سه روز پس از سمپاشی

تجزیه واریانس داده های مربوط به کارایی تیمارها، در سه روز بعد از سمپاشی نشان داد که بین تیمارها در سطح احتمال پنج درصد تفاوت آماری معنی دار وجود داشت ($F_{(3,6)}=3.69$; $P=0.027$). گروه بندی میانگین درصد کارایی تیمارهای آزمایشی نشان داد که آفیدوپروپین با غلظت ۰/۱ در هزار با کارایی ۹۴/۴۴ درصد بالاترین و مالاتیون با کارایی ۸۶/۵۰ درصد کمترین کارایی را داشتند (جدول ۱).

هفت روز پس از سمپاشی

تجزیه واریانس داده های مربوط به کارایی تیمارها، در هفتمین روز بعد از سمپاشی نشان داد که بین تیمارهای مختلف در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت آماری معنی دار وجود داشت ($F_{(3,6)}=5.15$; $P=0.007$). گروه بندی میانگین درصد کارایی تیمارهای آزمایشی نشان داد که آفیدوپروپین با غلظت ۰/۱ در هزار با کارایی ۹۳/۱۸ درصد بالاترین و مالاتیون با کارایی ۸۳/۸۰ درصد کمترین کارایی را داشتند (جدول ۱).

چهارده روز پس از سمپاشی

تجزیه واریانس داده های مربوط به کارایی تیمارها، در چهاردهمین روز بعد از سمپاشی نشان داد که بین تیمارهای مختلف در سطح احتمال پنج درصد تفاوت آماری معنی دار وجود داشت ($P<0.0001$; $F_{(3,6)}=17.48$). گروه بندی میانگین درصد کارایی تیمارهای آزمایشی نشان داد که آفیدوپروپین با غلظت ۰/۱ در هزار با کارایی ۹۳/۱۳ بالاترین و مالاتیون با کارایی ۷۹/۴۲ درصد کمترین کارایی را داشتند (جدول ۱).

مهم ترین منابع اطلاعاتی که در آینده مورد استفاده قرار خواهد گرفت در دنیا مورد تأکید محققان قرار دارد (Bavithra et al., 2024).

مواد و روش ها

این پروژه در استان های قزوین (شهرستان تاکستان)، چهارمحال و بختیاری (روستای سندگان شهرستان فلارد) و خراسان رضوی (مشهد، ایستگاه تحقیقات کشاورزی گلکان) در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در پنج تیمار و سه تکرار در بهار سال ۱۴۰۱ اجرا شد. مشخصات جغرافیایی این مکان ها عبارتند از: گلکان (۱۰° ۵۹' شرقی و ۲۹° ۳۶' شمالی)، سندگان (۶۵° ۵۲' شرقی و ۵۹° ۳۴' شمالی) و تاکستان (۶۹° ۴۹' شرقی و ۳۶° ۰۶' شمالی).

تیمارها عبارت بودند از: آفیدوپروپین (ونتیگرا®) 10% DC با غلظت ۱۰۰ سی سی در هزار لیتر آب (0.1 ml L^{-1})؛ آفیدوپروپین (ونتیگرا®) 10% DC با غلظت ۷۵ سی سی در هزار لیتر آب (0.075 ml L^{-1})؛ مالاتیون 57% EC با غلظت ۲ در هزار (2 ml L^{-1})؛ پیریمیکارب 50% WP با غلظت ۰/۵ (نیم) در هزار (0.5 ml L^{-1}) و شاهد (آب پاشی). غلظت های مالاتیون و پیریمیکارب توصیه شده رسمی سازمان حفظ نباتات کشور هستند (Noorbakhsh, 2025).

آفیدوپروپین از نمایندگی شرکت بی آ اس اف^۱ در ایران تهیه شد. مالاتیون و پیریمیکارب تولید شرکت شیمیایی گل سم گرگان بودند. سمپاشی با استفاده از سمپاش باغی زنبه ای (هیدرولیک) انجام شد. از هر درخت پنج سرشاخه (به صورت تصادفی) انتخاب شدند، هر کدام به طول ۳۰ سانتی متر از چهار جهت مختلف جغرافیایی و از آشکوب میانی درخت انتخاب شدند و پس از قرار دادن در محفظه های استوانه ای (ارتفاع ۴۰ و قطر ۱۶ سانتی متر)، تحت فرآیند کاملاً کنترل شده برای شمارش شته ها به آزمایشگاه منتقل شد. آزمایش در مشهد روی هلو رقم حاج کاظمی، در شهرکرد روی رقم زعفرانی دیررس و در قزوین روی رقم آلبرتا انجام شد. سن درختان هلو چهار تا پنج سال بود.

نمونه برداری یک روز قبل از سمپاشی و ۳، ۷ و ۱۴ روز پس از سمپاشی انجام شد. در شاهد، به جای حشره کش، از آب به تنهایی استفاده شد. فاصله بین بلوک ها دو ردیف درخت (حدود ۱۰-۱۲ متر) در نظر گرفته شد. درصد کارایی هر تیمار براساس معادله هندرسون-تیلتون تعیین گردید (Henderson & Tilton, 1955). تجزیه آماری نتایج، با استفاده از رویه ANOVA و گروه بندی میانگین درصد کارایی تیمارها با استفاده از آزمون توکی (Tukey) و به کمک نرم افزار آماری SAS انجام شد.

جدول ۱- میانگین درصد کارایی ($\pm$ اشتباه استاندارد) تیمارهای مختلف آزمایشی علیه شته سبز هلو در روزهای مختلف بعد از سم‌پاشی

Table 1- Mean percentage of efficacy ($\pm$ standard error) in different experimental treatments against the green peach aphid,

<i>Myzus persicae</i> Sulzer in different days after spraying				
Treatments	Concentrations (ml L ⁻¹)	Days after treatment		
		+3	+ 7	+ 14
Afidopyropen	0.075	88.90 $\pm$ 1.83 ab*	87.11 $\pm$ 1.62 ab	87.87 $\pm$ 2.1 ab
Afidopyropen	0.1	94.44 $\pm$ 1.31 a	93.18 $\pm$ 1.13 a	93.13 $\pm$ 1.26 a
Malathion	2	86.50 $\pm$ 2.60 b	83.80 $\pm$ 2.45 b	79.42 $\pm$ 1.63 c
Pirimicarb	0.5	89.65 $\pm$ 1.68 ab	86.40 $\pm$ 2.11 ab	84.72 $\pm$ 1.63 bc

* در هر ستون، حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است.

* Different letters in each column indicate a significant difference in the probability level of 0.05%,

بحث

(Raunser, 2023). به عقیده دانشمندان، پتانسیل زیادی برای توسعه و گسترش حشره‌کش‌هایی که نقطه هدفشان کانال اشاره شده است (TRPV) وجود دارد و از این‌رو مولکول‌های جدید دیگری از این گروه در حال کشف و ورود به بازار هستند (Spalthoff et al., 2023); (Paschapur et al., 2025). آفیدوپروپین به دلیل دارا بودن خاصیت سیستمیک و همین‌طور نفوذی (translaminar)، روی آفات مکنده نظیر شته‌ها، پسیل‌ها، سفیدبالک‌ها و زنجبرک‌ها مؤثر بوده و تاکنون در دنیا با نام‌های تجاری مختلف نظیر اینسکالیس^۳، اینوریس^۴، سفینا^۵، ورسیس^۶ و ونتیگرا تولید و عرضه می‌شود (Horikoshi et al., 2023).

براساس نتایج پژوهش حاضر، آفیدوپروپین برای مهار شته سبز هلو از کارایی مؤثری برخوردار بود و بنابراین به‌طور رسمی توسط سازمان حفظ نباتات کشور، به سید حشره‌کش‌های مجاز این آفت اضافه شده است (Noorbakhsh, 2025). آفیدوپروپین با غلظت ۰/۱ (یک دهم) در هزار تا ۱۴ روز بعد از سم‌پاشی، بالاترین کارایی را به خود اختصاص داد (۹۳ تا ۹۴٪). این نتایج با نتایج محققان دیگر از جمله محققان هندی (Jayasekharan et al., 2022) مطابقت دارد که گزارش کردند، آفیدوپروپین در مزرعه تنباکو (Nicotiana rustica L.) تا ۲۰ روز علیه زیرگونه تنباکوی شته سبز هلو (Myzus persicae nicotianae Blackman) کارایی مؤثری دارد. همچنین نتایج پژوهشگران چینی (Liu et al., 2023) موید آن است که آفیدوپروپین در شرایط گلخانه و روی گیاهچه‌های کلم و فلفل تا ۱۰ روز پس از کاربرد با کمترین دز مصرف (۷۵ گرم ماده مؤثره در هکتار)، مرگ‌ومیر بیش از ۸۰ درصدی را روی شته سبز هلو داشت. همچنین براساس نتایج محققان ژاپنی (Horikoshi et al., 2022)،

سال‌ها قبل در یک مؤسسه تحقیقاتی در ژاپن به نام کیتاساتو^۱، از کلنی‌های گونه‌ای از قارچ *Aspergillus* به نام *Aspergillus fumigatus* ماده‌ای به نام پایری‌پیروپین^۲ استخراج شد (Omura et al., 1993). سپس محققان ژاپنی با بهینه‌سازی ساختاری مولکول، به ماده مؤثره آفیدوپروپین رسیدند که خاصیت حشره‌کشی داشت (Goto et al., 2019). آفیدوپروپین هم‌اکنون در طبقه‌بندی ایراک، در گروه شماره ۹ و زیرگروه 9D IRAC قرار دارد. مولکول شناخته‌شده دیگر این گروه که قبلاً در کشور ما ثبت شده، پی‌متروزین نام دارد که در همان گروه ۹ اما در زیرگروه دیگری (IRAC 9B) قرار دارد. پی‌متروزین، اولین حشره‌کش تأثیرگذار روی اندام کوردوتونال بود که در سال ۱۹۹۴ توسط شرکت سیباگایگی (سینجنتای فعلی) به بازار آمد و سپس سایر مولکول‌ها نظیر Pyrifluquinazon و آفیدوپروپین به بازار آمدند. برای شناخت بهتر چگونگی تأثیر و نحوه عمل این حشره‌کش‌ها، باید به عنوانی که ایراک برای این گروه انتخاب کرده (channel modulators Chordotonal organ TRPV) توجه کرد. حشره‌کش‌های این گروه که جزء حشره‌کش‌های عصبی تلقی می‌شوند، نقطه هدفشان اندام‌های کوردوتونال است که منحصراً در بندپایان دیده می‌شود و در فعالیت‌های مختلف حشرات نقش داشته و لذا برای ادامه حیات خود به آن بسیار وابسته هستند. این اندام‌های کششی حسی در احساس و درک حشرات از محیط بیرون، تغذیه و حرکت متوازن نقش دارد. نحوه عمل دقیق‌تر آفیدوپروپین و پی‌متروزین در سطح مولکولی به این صورت است که این حشره‌کش‌ها از طریق فعال‌سازی کانالی به نام transient receptor potential vanilloid= TRPV) که روی سلول‌های عصبی اندام‌های کوردوتونال قرار دارد، تأثیر گذاشته که در نهایت با اختلال در فعالیت‌های حیاتی حشره باعث مرگ آن خواهند شد (Raisch &

3- Inscalis®

4- Inveris®

5- Sefina®

6- Versys®

1- Kitasato

2- Pyripyropen

۲۰۲۰). دلیل آن، عدم وجود مقاومت تقاطعی بین آفیدوپروپین و پیرتروئیدها است که در تحقیق یادشده ثابت شد. عدم وجود مقاومت تقاطعی بین آفیدوپروپین و پی متروزین نیز در سفید بالک پنبه/جالیز (*Bemisia tabaci* Gennadius) توسط محققان چینی گزارش شده است (Zhang et al., 2021). در تحقیق اخیر، جمعیت های سفیدبالک مقاوم به پی متروزین، به آفیدوپروپین حساس بودند. مهار مؤثر پوره های سفید بالک *B. tabaci* روی گیاه زیتنی بنتقسول (سرخ برگه) (*Euphorbia pulcherrima*) با استفاده از آفیدوپروپین نیز طی یک تحقیق گلخانه ای از آمریکا گزارش شده است (Gill & Chong, 2021). مطالعات آزمایشگاهی محققان چینی نیز حاکی از آن است که سمیت آفیدوپروپین روی پوره ها و بالغین سفید بالک بمیزیا (*B. tabaci*) بیشتر از ایمیداکلوپراید بود (Ding et al., 2024). یکی از ویژگی های دیگر آفیدوپروپین این است که در حشرات مسموم شده، بازدارندگی و توقف سریع تغذیه ایجاد می شود و در حقیقت آن ها در اثر گرسنگی و از دست رفتن آب بدن تلف می شوند (Leichter et al., 2013). ویژگی اخیر، آفیدوپروپین را برای مهار حشرات ناقل ویروس ها و باکتری های گیاهی مناسب نموده است. چون این ناقلان در مدت زمان کوتاهی قادرند که ویروس ها را از یک گیاه کسب کرده و به گیاهان دیگر منتقل کنند. در نتیجه، اگر تغذیه آفت متوقف شود، انتقال ویروس ها نیز کاهش خواهد یافت. از جمله بیماری های گیاهی ویروسی که توسط آفیدوپروپین به خوبی کنترل شده، ویروس پیچیدگی برگ سیب زمینی است (Angelella & Waters, 2023). آفیدوپروپین با توقف تغذیه، بر مهار پسپیل آسیائی مرکبات^۸ که ناقل باکتری عامل بیماری میوه سبز (گرینینگ) در مرکبات هست، نیز بسیار مؤثر گزارش شده است (Chen et al., 2018). طی پژوهش اخیر، تأثیر آفیدوپروپین روی توقف تغذیه و کاهش توانایی پسپیل در انتخاب میزبان گیاهی ثابت شد. علاوه بر آن، غلظت های زیرکشنده آفیدوپروپین باعث کاهش تخم ریزی در ماده ها و کاهش زنده ماندن پوره های پسپیل مرکبات و همچنین کاهش خروج حشرات بالغ شد. تأثیرات منفی غلظت های زیرکشنده آفیدوپروپین روی مؤلفه های تولیدمثلی شته سبز هلو (Liu et al., 2022) و شته پنبه/جالیز (*A. gossypii*) نیز گزارش شده است (Kang-Sheng et al., 2022).

از ویژگی های مثبت دیگر آفیدوپروپین، کم خطر بودن برای دشمنان طبیعی آفات است. در این خصوص گزارش شده است که آفیدوپروپین برای لاروها و حشرات بالغ کشش دوزک شته خوار *Hippodamia convergens*^۹ و همین طور حشرات بالغ سن

آفیدوپروپین در مزرعه تا ۱۵ روز علیه شته پنبه و جالیز (*Aphis gossypii* Glover) کارایی مؤثری داشت. از این پژوهش ها می توان چنین نتیجه گرفت که اثر حشره کشی آفیدوپروپین در شرایط مزرعه به مدت نسبتاً طولانی حفظ می شود. آفیدوپروپین با غلظت کاهش یافته (۰/۰۷۵ در هزار) نیز در همه روزهای بعد از سم پاشی اگرچه حدود ۸۷ درصد کارایی داشت، اما از لحاظ آماری اختلاف معنی داری با غلظت یک دهم در هزار آفیدوپروپین نداشت. بنابراین با رویکرد ورود کمتر آفت کش ها به محیط زیست و همین طور به لحاظ اقتصادی، توصیه می شود که این حشره کش با غلظت ۰/۰۷۵ در هزار مصرف شود.

آفیدوپروپین، حشره کش نسبتاً جدیدی برای دنیا است که به طور انتخابی برای بسیاری از آفات مکنده از جمله شته ها در محصولات مختلف کشاورزی ثبت و توصیه شده است. محققان آمریکایی در یک پژوهش آزمایشگاهی (از طریق زیست سنجی)، سمیت قوی این حشره کش را روی شته نخود فرنگی با نام علمی *Acyrtosiphon pisum* Harris^۱ گزارش کردند (Leichter et al., 2013). در تحقیق اخیر، LC50 های آفیدوپروپین و ایمیداکلوپراید نسبت به هم اختلاف معنی داری نداشتند و لذا سمیت آن ها برابر قلمداد شد. اما سمیت آفیدوپروپین ۷۵ بار بیشتر از پی متروزین، ۵۴ بار بیشتر از دلتامترین، ۴۳ بار بیشتر از فلونیکامید و ۵ بار بیشتر از پیریمیکارب علیه شته ذکر شده، محاسبه شد. این محققان همچنین عدم کارایی آفیدوپروپین را روی سوسری آلمانی^۲ و آمریکائی^۳، مگس خانگی^۴، سوسک قرمز آرد، سوسک کلرادو^۵، مگس سرکه^۶ و پشه آندس^۷ ثابت کردند. در تحقیق دیگری (Shi et al., 2022) که با جمع آوری ۲۵ جمعیت از شته پنبه (جالیز) (*A. gossypii*) از مناطق مختلف چین طی سال های ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۰ (از میزبان هایی نظیر پنبه، خیار، خربزه، هندوانه و کدو) به منظور ارزیابی حساسیت آن ها به آفیدوپروپین انجام گرفت، ثابت شد که این حشره کش در همه جمعیت ها از کارایی مؤثری برخوردار بود. در برخی ایالت های آمریکا (midwestern U.S.) که شته سویا (*Aphis glycines*) مهم ترین آفت سویا است، آفیدوپروپین کارایی آزمایشگاهی قابل توجهی در برابر جمعیت های مقاوم این آفت به پیرتروئیدها از خود نشان داد و لذا به گزینه مناسبی برای مهار آن جمعیت ها تبدیل شد (da Silva Queiroz et al., 2022).

- 1- Pea aphid
- 2- The German cockroach, *Blattella germanica*
- 3- The American cockroaches, *Periplaneta americana*
- 4- The house fly, *Musca domestica*
- 5- The Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*
- 6- The fruit fly, *Drosophila melanogaster*
- 7- Aedes aegypti

8- *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae)

9- Coleoptera: Coccinellidae

شکارگر *Orius insidiosus*^۱ سمیتی ندارد. درحالی که فقط سمیت متوسطی روی زنبور پارازیتوئید *Aphelinus certus*^۲ دارد (Koch et al., 2020). در تحقیقات دیگر نیز محققان چینی به سازگار بودن آفیدوپروپین با گونه دیگری از کفشدوزک شته‌خوار اشاره شده به نام *Hippodamia variegata* در شرایط مزارع پنبه و همین‌طور شرایط آزمایشگاهی اشاره داشته‌اند (Bing-Mei et al., 2023).

برای مشخص شدن علت سمیت انتخابی آفیدوپروپین روی حشرات مکنده (مثل شته سبز هلو) در مقایسه با کفشدوزک هفت نقطه‌ای^۳ به عنوان یکی از دشمنان طبیعی، بررسی دقیقی در سطح مولکولی انجام شده است (Liu et al., 2024). براساس نتایج تحقیق اخیر ثابت شده است که انتخابی بودن آفیدوپروپین برای حشرات مکنده ناشی از تفاوت در ساختار پروتئینی نقطه هدف گیرنده اختصاصی (TRPV) در حشرات مکنده با کفشدوزک ذکر شده می‌باشد (Liu et al., 2024). این تفاوت باعث می‌شود که میل ترکیبی آفیدوپروپین برای برقراری پیوند با گیرنده اختصاصی در شته سبز هلو بسیار بیشتر از اتصال آن به گیرنده سایر حشرات باشد. کنه شکارگر *Amblyseius swirskii*، یکی از رایج‌ترین عوامل کنترل زیستی سفیدبالک‌ها است که به‌طور گسترده در گلخانه‌های جهان به‌صورت تجاری استفاده می‌شود. در تحقیقی که در خصوص مدیریت تلفیقی سفیدبالک بزمی‌زا (در گلخانه) از طریق تلفیق مهار شیمیایی با آفیدوپروپین و مهار زیستی با کنه شکارگر مذکور انجام شد، ثابت گردید که آفیدوپروپین برای این کنه شکارگر ایمن است (Kumar et al., 2018). در جدیدترین تحقیقی که در مزارع پنبه آریزونا آمریکا انجام شد (Bordini et al., 2025)، آفیدوپروپین برای جوامع دشمنان طبیعی در مزارع یادشده نظیر گونه‌های مختلف اوریوس (*Orius spp.*) و جئوکوریس (*Geocoris spp.*) کاملاً ایمن گزارش شده است.

نیمه‌عمر آفیدوپروپین در خیار و شلیل (*Prunus persica* Var nectarine) در چین آزمایش شده است. براساس نتایج به‌دست آمده، نیمه‌عمر آفیدوپروپین با فرمولاسیون ۷.۴٪ DC و دز مصرف ۷۵ گرم ماده مؤثره در هکتار (معادل ۱/۵ برابر حداکثر دز توصیه‌شده) در خیار بین ۰.۳ تا ۱/۷۹ روز و در هلو بین ۱/۸۹ تا ۲/۲۸ روز محاسبه شد (Xie et al., 2019). امروزه ارزیابی خطر باقی‌مانده آفت‌کش‌ها در اثر مصرف خوراکی محصولات کشاورزی، برای سلامت انسان به یکی از آزمایش‌های مهم برای تضمین کم‌خطر بودن آفت‌کش‌ها

تبدیل شده است. در پژوهش اخیر نتایج مطالعات ارزیابی خطر نشان داد که باقی‌مانده آفیدوپروپین و متابولیت آن در دو محصول خیار و شلیل بسیار پایین بوده و با مصرف انسان از آن‌ها، نگرانی خاصی به وجود نخواهد آمد که مؤید کم‌خطر بودن آفیدوپروپین برای انسان است. همچنین نیمه‌عمر ماده تکنیکال آفیدوپروپین (۹۷/۳٪ خلوص) با کاربرد سه دز مختلف توصیه‌شده شامل ۷/۵، ۹/۸ و ۱۲ گرم ماده مؤثره در هکتار (معادل کمترین، متوسط و بیشترین دز توصیه‌شده) روی گیاهچه‌های کلم در شرایط گلخانه از ۱/۴۵ تا ۲/۳۴ روز و روی فلفل از ۳/۹۸ تا ۵/۹۸ روز محاسبه شده است (Liu et al., 2023).

اگرچه مدت زمان زیادی نیست که آفیدوپروپین به بازار جهانی آفت‌کش‌ها راه پیدا کرده است، اما گزارش‌های جهانی حاکی از امکان مقاوم شدن آفات به این حشره‌کش و در نتیجه کاهش کارایی میدانی آن است. براساس تحقیق وانگ و همکاران (Wang et al., 2022) که در آن ۱۸ جمعیت سفیدبالک پنبه/جالیز (*B. tabaci*) از مناطق مختلف چین جمع‌آوری و پایش شد، یک جمعیت با نرخ مقاومت ۴۰ به آفیدوپروپین یافت شد. از کشور چین، مقاومت به آفیدوپروپین در شته پنبه (*A. gossypii*) با نرخ مقاومتی حداکثر ۳۳ در سال ۲۰۲۰ و حداکثر تا ۹۵ در سال ۲۰۲۱ گزارش شده است (Li et al., 2022). لازم به ذکر است که آفیدوپروپین در سال ۲۰۱۹ در چین به ثبت رسیده است. مقاومت به آفیدوپروپین در سفید بالک پنبه (*B. tabaci*) از هندوستان در چهار جمعیت با نرخ مقاومتی بین ۱۹ تا ۳۵ (Mahalanobish et al., 2022) و از ایالت فلوریدای آمریکا در دو جمعیت با نرخ مقاومتی بین ۳۸ تا ۵۱ (Dimase et al., 2024) گزارش شده است. لازم به ذکر است که محققان استرالیایی با انجام سلکسیون (انتخاب) آزمایشگاهی با هدف ایجاد جمعیت مقاوم شته سبز هلو به آفیدوپروپین گزارش کردند که پس از ۳۰ نسل، مقاومتی در این شته مشاهده نشد (Kirkland et al., 2024).

در این تحقیق، در بین همه حشره‌کش‌ها مالاتیون، کمترین کارایی را از خود نشان داد. مالاتیون (IRAC 1B) از گروه فسفرها است که ۵۶ سال قبل در ایران ثبت شده است (سال ۱۳۴۷). بنابراین سابقه مصرف آن در کشور نسبتاً زیاد است. در نتیجه، کاهش کارایی آن به‌مرور زمان در اثر پدیده مقاومت، دور از انتظار نیست. کارایی کم مالاتیون روی شته سبز هلو توسط سایر محققان دنیا نیز گزارش شده است. براساس تحقیقی در هندوستان، برای تعیین سمیت حشره‌کش‌های مالاتیون، ایمیداکلوپراید (IRAC 4)، استامی‌پراید (IRAC 4)، تیمامتوکسام (IRAC 4)، فیپرونیل (IRAC 2) و لامبداسیپه‌الوترین (IRAC 3) روی شته سبز هلو، مالاتیون کمترین سمیت را از خود نشان داد (Gavkare et al., 2013). سمیت نسبی تیمامتوکسام، ایمیداکلوپراید، لامبداسیپه‌الوترین، فیپرونیل و استامی‌پراید نسبت به مالاتیون به ترتیب ۸۸، ۸۰، ۲۳، ۲۲ و ۲۱ بار بیشتر محاسبه

- 1- Hemiptera: Heteroptera
- 2- Hymenoptera: Encyrtidae
- 3- The seven-spotted lady beetle, *Coccinella septempunctata* Linnaeus (Coleoptera: Coccinellidae)

توجه به جدید بودن این حشره کش برای کشورمان، در پژوهش های آینده میزان باقی مانده آن روی محصولات کشاورزی و تأثیر آن روی دشمنان طبیعی موجود در زیست بوم های کشاورزی مورد بررسی قرار گیرد.

نتیجه گیری

در مجموع، نتایج این تحقیق نشان داد که آفیدوپروپین برای مهار شته سبز هلو از کارایی مطلوبی برخوردار بود و پیشنهاد می شود که با

References

- Anonymous. (2023). Agricultural Statistical Yearbook, (Volume 3, Greenhouse and Horticultural Crops) Center for Statistics, Information and Communication Technology. Ministry of Agriculture of Iran. (In Persian)
- Angelella, G. M., & Waters, T. D. (2023). Afidopyropen as a potential tool for potato leafroll virus management in post-neonicotinoid potato production. *Journal of Economic Entomology*, 116(3), 713-718. <https://doi.org/10.1093/jee/toad042>
- Bass, C., Puinean, A. M., Zimmer, C. T., Denholm, I., Field, L. M., Foster, S. P., & Williamson, M. S. (2014). The evolution of insecticide resistance in the peach potato aphid, *Myzus persicae*. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 51, 41-51. <https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2014.05.003>
- Bavithra, C. M. M. L., Murugan, M., Balasubramani, V., Harish, S., & Prakash, K. (2024). Baseline susceptibility of an A1 quarantine pest-the South American tomato pinworm *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) to insecticides: past incidents and future probabilities in line to implementing successful pest management. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1404250. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1404250>
- Behdad, E. (1996) Encyclopedia of Iranian Plant Protection, Plant Pests, Diseases and Weeds. Yadbod Press. Isfahan, Iran. (In Persian)
- Belabess, Z., Tahiri, A., & Lahlali, R. (2025). From symptoms to solutions: A deep dive into potato leaf roll virus pathology. *Journal of Crop Health*, 77(1), 1-18. <https://doi.org/10.1007/s10343-024-01096-3>
- Bing-Mei, S. O. N. G., Yan, J. I. A. N. G., Xin, C. H. E. N., Wan-Nan, C. H. E. N. G., Yu, Z. H. A. N. G., & Hong-Sheng, P. A. N. (2023). Effectiveness of different pesticides on *Aphis gossypii* and a safety evaluation of *Hippodamia variegata*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 60(5). <https://doi.org/10.7679/j.issn.2095-1353.2023.147>
- Blackman, R. L., & Eastop, V. F. (2008). Aphids on the World's Herbaceous Plants and Shrubs, 2 Volume Set. John Wiley & Sons.
- Bordini, I., Naranjo, S. E., Fournier, A., & Ellsworth, P. C. (2025). Determining selectivity of isocycloseram and afidopyropen and their compatibility with conservation biological control in Arizona cotton. *Pest Management Science*, 81(2), 639-653. <https://doi.org/10.1002/ps.8460>
- Chen, X. D., Ashfaq, M., & Stelinski, L. L. (2018). Susceptibility of Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae), to the insecticide afidopyropen: A new and potent modulator of insect transient receptor potential channels. *Applied Entomology and Zoology*, 53(4), 453-461. <https://doi.org/10.1007/s13355-018-0574-8>
- da Silva Queiroz, O., Nyoike, T. W., & Koch, R. L. (2020). Baseline susceptibility to afidopyropen of soybean aphid (Hemiptera: Aphididae) from the north central United States. *Crop Protection*, 129, 105020. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.105020>
- Dimase, M., Rossitto De Marchi, B., Barreto da Silva, F., Lahiri, S., Beuzelin, J., Hutton, S., & Smith, H. A. (2024). Monitoring the susceptibility of *Bemisia tabaci* Middle East-Asia Minor 1 (Hemiptera: Aleyrodidae) to afidopyropen, cyantraniliprole, dinotefuran, and flupyradifurone in south Florida vegetable fields. *Journal of Economic Entomology*, 117(4), 1606-1615. <https://doi.org/10.1093/jee/toae104>
- Ding, W., Xu, T., Zhu, G., Chu, P., Liu, S., & Xue, M. (2024). Lethal and sublethal effects of afidopyropen and flonicamid on life parameters and physiological responses of the tobacco whitefly, *Bemisia tabaci* MEAM1. *Agronomy*, 14(8), 1774. <https://doi.org/10.3390/agronomy14081774>
- Gavkare, O. M. K. A. R., Kumar, S., Sharma, N. I. K. H. I. L., & Sharma, P. L. (2013). Evaluation of some novel insecticides against *Myzus persicae* (Sulzer). *The Bioscan*, 8(3), 1119-1121.
- Gill, G. S., & Chong, J. H. (2021). Efficacy of selected insecticides as replacement for neonicotinoids in managing sweetpotato whitefly on poinsettia. *HortTechnology*, 31(6), 745-752. <https://doi.org/10.21273/horttech04853-21>
- Goto, K., Horikoshi, R., Mitomi, M., Oyama, K., Hirose, T., Sunazuka, T., & Ōmura, S. (2019). Synthesis and insecticidal efficacy of pyripyropene derivatives. Part II—Invention of afidopyropen. *The Journal of Antibiotics*, 72(9), 661-681. <https://doi.org/10.1038/s41429-019-0193-9>
- Horikoshi, R., Goto, K., Mitomi, M., Sunazuka, T., & Ōmura, S. (2025). Research and development of an insecticide, afidopyropen. *Journal of Pesticide Science*, 50(1), 14. <https://doi.org/10.1584/jpestics.j25-01>
- Horikoshi, R., Goto, K., Mitomi, M., Oyama, K., Hirose, T., Sunazuka, T., & Ōmura, S. (2022). Afidopyropen, a novel insecticide originating from microbial secondary extracts. *Scientific Reports*, 12(1), 1-10.

<https://doi.org/10.1038/s41598-022-06729-z>

IRAC. (2025). Insecticide Resistance Action Committee. <https://www.irac-online.org>. Mode of Action Classification Scheme, Version 11.3, January 2025.

Jayasekharan, B. S., Sreedhar, U., Venkateswarlu, V., & Naik, S. B. (2022). Efficacy of afidopyropen against tobacco aphid, *Myzus persicae nicotianae* (Blackman) and impact on natural enemies in tobacco. *Tobacco Research*, 48(1), 51-54. <https://doi.org/10.1079/cabicompndium.35639>

Kandasamy, R., London, D., Stam, L., von Deyn, W., Zhao, X., Salgado, V. L., & Nesterov, A. (2017). Afidopyropen: New and potent modulator of insect transient receptor potential channels. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 84, 32-39. <https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2017.03.005>

Kang-Sheng, M. A., Tang, Q. L., Liang, P. Z., Li, J. H., & Gao, X. W. (2022). A sublethal concentration of afidopyropen suppresses the population growth of the cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae). *Journal of Integrative Agriculture*, 21(7), 2055-2064. [https://doi.org/10.1016/s2095-3119\(21\)63714-0](https://doi.org/10.1016/s2095-3119(21)63714-0)

Kirkland, L. S., Babineau, M., Ward, S. E., Van Rooyen, A. R., Chirgwin, E., Mata, L., & Umina, P. A. (2024). Assessing the risk of resistance to flonicamid and afidopyropen in green peach aphid (Hemiptera: Myzus persicae) via in-vivo selection. *Crop Protection*, 184, 106783. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2024.106783>

Koch, R. L., da Silva Queiroz, O., Aita, R. C., Hodgson, E. W., Potter, B. D., Nyoike, T., & Ellers-Kirk, C. D. (2020). Efficacy of afidopyropen against soybean aphid (Hemiptera: Aphididae) and toxicity to natural enemies. *Pest Management Science*, 76(1), 375-383. <https://doi.org/10.1002/ps.5525>

Kumar, V., McKenzie, C. L., & Osborne, L. S. (2018). Effect of foliar application of afidopyropen on *Bemisia tabaci* and *Amblyseius swirskii*, 2018. *Arthropod Management Tests*, 43(1), tsy071. <https://doi.org/10.1093/amt/tsx054>

Leichter, C. A., Thompson, N., Johnson, B. R., & Scott, J. G. (2013). The high potency of ME-5343 to aphids is due to a unique mechanism of action. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 107(2), 169-176. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2013.06.009>

Li, R., Cheng, S., Liang, P., Chen, Z., Zhang, Y., Liang, P., & Gao, X. (2022). Status of the resistance of *Aphis gossypii* Glover, (Hemiptera: Aphididae) to afidopyropen originating from microbial secondary metabolites in China. *Toxins*, 14(11), 750. <https://doi.org/10.3390/toxins14110750>

Liu, X., Fu, Z., Zhu, Y., Gao, X., Liu, T. X., & Liang, P. (2022). Sublethal and transgenerational effects of afidopyropen on biological traits of the green peach aphid *Myzus persicae* (Sluzer). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 180, 104981. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2021.104981>

Liu, X., Ban, N., Fu, Z., Gao, X., Liu, T. X., & Liang, P. (2023). Persistent toxicity and dissipation dynamics of afidopyropen against the green peach aphid *Myzus persicae* (Sulzer) in cabbage and chili. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 252, 114584. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.114584>

Liu, X., Wang, Q., Liu, X., Xiao, D., Liu, T. X., & Liang, P. (2024). Molecular mechanisms for selective action of afidopyropen to *Myzus persicae* and *Coccinella septempunctata*. *Pest Management Science*, 80(8), 3893-3900. <https://doi.org/10.1002/ps.8092>

Mahalanobish, D., Dutta, S., Roy, D., Biswas, A., Sarkar, S., Mondal, D., & Sarkar, P. K. (2022). Field-evolved resistance and mechanisms in *Bemisia tabaci* Asia I to a novel pyropene insecticide, afidopyropen, in India. *Crop Protection*, 162, 106078. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2022.106078>

Noorbakhsh, S. (editor), (2025) List of Important Pests, Diseases and Weeds of Major Agricultural Crops, Pesticides and Recommended Methods to Control Them. Iranian Plant Protection Organization Publication. Tehran, Iran. 224 pp. (In Persian)

Paschapur, A. U., Manoj, M. S., Pavan, J. S., & Subramanian, S. (2025). Exploiting TRP channel diversity in insects: A pathway to next-generation pest management. *Archives of Toxicology*, 99(6), 2277-2297. <https://doi.org/10.1007/s00204-025-04012-4>

Peck, S. L., & McQuate, G. T. (2000). Field tests of environmentally friendly malathion replacements to suppress wild Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) populations. *Journal of Economic Entomology*, 93(2), 280-289. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-93.2.280>

Raisch, T., & Raunser, S. (2023). The modes of action of ion-channel-targeting neurotoxic insecticides: Lessons from structural biology. *Nature Structural & Molecular Biology*, 30(10), 1411-1427. <https://doi.org/10.1038/s41594-023-01113-5>

Sparks, T. C., Storer, N., Porter, A., Slater, R., & Nauen, R. (2021). Insecticide resistance management and industry: The origins and evolution of the Insecticide Resistance Action Committee (IRAC) and the mode of action classification scheme. *Pest Management Science*, 77(6), 2609-2619. <https://doi.org/10.1002/ps.6254>

Sparks, T. C., Crossthwaite, A. J., Nauen, R., Banba, S., Cordova, D., Earley, F., & Wessels, F. J. (2020). Insecticides, biologics and nematicides: Updates to IRAC's mode of action classification-a tool for resistance management. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 167, 104587.

Talepour, F., & Rashki Shivani, A. (2016). Survey of interaction among entomopathogen fungus, *Metarhizium anisopliae*, the aphid, *Myzus persicae* and its host plant canola. *Journal of Applied Research in Plant Protection*, 5(1), 209-216.

- Ōmura, S., Tomoda, H., Kim, Y. K., & Nishida, H. (1993). Pyripyropenes, highly potent inhibitors of acyl-CoA: Cholesterol acyltransferase produced by *Aspergillus fumigatus*. *The Journal of Antibiotics*, 46, 1168-1169. <https://doi.org/10.7164/antibiotics.46.1168>
- Panini, M., Dradi, D., Marani, G., Butturini, A., & Mazzoni, E. (2013). Detecting the presence of target-site resistance to neonicotinoids and pyrethroids in Italian populations of *Myzus persicae*. *Pest Management Science*, 70, 931e938. <https://doi.org/10.1002/ps.3630>
- Puinean, A. M., Foster, S. P., Oliphant, L., Denholm, I., Field, L. M., Millar, N. S., & Bass, C. (2010). Amplification of a cytochrome P450 gene is associated with resistance to neonicotinoid insecticides in the aphid *Myzus persicae*. *Plos Genetics*, 6(6), e1000999. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1000999>
- Shi, D., Liang, P., Zhang, L., Lv, H., Gao, X., You, H., & Ma, K. (2022). Susceptibility baseline of *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) to the novel insecticide afidopyropen in China. *Crop Protection*, 151, 105834. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105834>
- Spalthoff, C., Salgado, V. L., Balu, N., David, M. D., Hehlert, P., Huang, H., & Göpfert, M. C. (2023). The novel pyridazine pyrazolecarboxamide insecticide dimpropyridaz inhibits chordotonal organ function upstream of TRPV channels. *Pest Management Science*, 79(5), 1635-1649. <https://doi.org/10.1002/ps.7352>
- Van Edmen, H. F., & Harrington, R., (2017). Aphids on the World's Crops, an Identification and Information Guide, second ed. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, UK, 716 pp.
- Wang, R., Gao, B., Che, W., Qu, C., Zhou, X., & Luo, C. (2022). First report of field resistance to Afidopyropen, the novel Pyropene insecticide, on *Bemisia tabaci* Mediterranean (Q Biotpe) from China. *Agronomy*, 12(3), 724. <https://doi.org/10.3390/agronomy12030724>
- Xie, J., Zheng, Y., Liu, X., Dong, F., Xu, J., Wu, X., & Zheng, Y. (2019). Human health safety studies of a new insecticide: Dissipation kinetics and dietary risk assessment of afidopyropen and one of its metabolites in cucumber and nectarine. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 103, 150-157. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2019.01.025>
- Zhang, Z., Shi, H., Xu, W., Liu, J., Geng, Z., Chu, D., & Guo, L. (2021). Pymetrozine-resistant whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) populations in China remain susceptible to afidopyropen. *Crop Protection*, 149, 105757. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105757>