

مقاله پژوهشی

تأثیر دو ماده افزودنی Scorch و Torpedo π در کارایی حشره‌کش‌های ایمیداکلوپراید و فلونیکامید روی شته جالیز (*Aphis gossypii* Glover) در گلخانه خیار

هادی مصلی نژاد^{۱*} - مریم فروزان^۲ - لاله ابراهیمی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۰۹

چکیده

شته جالیز (پنبه) (*Aphis gossypii* Glover) یکی از مهم‌ترین آفات می باشد. مواد افزودنی (ادجوانت‌ها) باعث بهبود و افزایش کارایی آفت‌کش‌ها شده و در کاهش مصرف آنها می‌توانند تأثیر داشته باشند. در تحقیق حاضر، تأثیر دو ماده افزودنی به نام‌های Scorch و Torpedo π بر کارایی حشره‌کش‌های ایمیداکلوپراید و فلونیکامید روی شته جالیز در دو گلخانه خیار (کرج و ارومیه) در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۱۵ تیمار و سه تکرار انجام شد. نمونه‌برداری یک روز قبل از سمپاشی و سه، هفت و ۱۴ روز پس از سمپاشی انجام شد. تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر متقابل تیمار در مکان معنی‌دار نیست. به عبارت دیگر تیمارهای آزمایشی در مکان‌های مختلف، پاسخ‌های مشابهی را نشان داده‌اند. بنابراین داده‌ها بر این اساس و بدون در نظر گرفتن مکان‌های مورد مطالعه (ارومیه و کرج) تجزیه آماری شدند. نتایج نشان داد که هر دو ادجوانت قادرند کارایی ایمیداکلوپراید و فلونیکامید را افزایش دهند. مثلاً در بازه زمانی سه روز پس از سمپاشی، کارایی تیمار ایمیداکلوپراید به تنهایی با کارایی ۸۱/۴۷ درصد در گروه آماری bc قرار گرفت اما تیمارهای "ایمیداکلوپراید+تورپیدو" و "ایمیداکلوپراید+اسکورچ" به ترتیب ۹۲/۶۰ و ۹۳/۴۳ درصد کارایی (گروه آماری a) نشان دادند. با اضافه شدن ادجوانت تورپیدو به ایمیداکلوپراید، وقتی که با کاهش دز حشره‌کش همراه شد، کارایی ایمیداکلوپراید به شدت کاهش یافت. بنابراین اضافه کردن تورپیدو همراه با کاهش دز ایمیداکلوپراید توصیه نمی‌شود. در عوض اضافه شدن اسکورچ، وقتی با کاهش دز ایمیداکلوپراید همراه شد، توانست کارایی ایمیداکلوپراید را در حد بالائی حفظ کند. علاوه بر آن، اضافه شدن هر دو ادجوانت به فلونیکامید، وقتی با کاهش دز این حشره‌کش همراه شد، باعث شد که کارایی در حد بالائی حفظ شود. در مجموع نتایج تحقیق حاضر می‌تواند هم از نظر اقتصادی و هم از نظر زیست محیطی حائز اهمیت باشد چون طبق نتایج گرفته شده، می‌توان مقدار مصرف ایمیداکلوپراید و فلونیکامید را تا ۲۰ درصد کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: ادجوانت، شته جالیز، ایمیداکلوپراید، فلونیکامید

مقدمه

حمایت جدی وزارت جهاد کشاورزی می‌باشد. در این راستا لازم به ذکر است که سطح زیرکشت محصولات گلخانه‌ای در سال ۱۳۹۸ بالغ بر ۱۱ هزار هکتار بوده که از این سطح، حدود ۲/۷ میلیون تن انواع محصولات تولید و برداشت شده است. در این بین، خیار (*Cucumis sativus* L.) با ۱/۹ میلیون تن، (تقریباً ۷۰ درصد) بالاترین تولید محصولات سبزی و صیفی گلخانه‌ای را داشته است که رتبه چهارم تولید محصولات باغبانی را به خود اختصاص داده است (۴). خیار از تیره گیاهی کدوئیان^۴، یک ساله و از مهم‌ترین سبزیجات به حساب می‌آید که ۸۰ تا ۹۰ آنرا آب تشکیل داده و بقیه شامل مواد معدنی نظیر کوکوروبیتاسین (cucurbitacin)، لیگنان‌ها (lignans) و

به دلایل مختلف از جمله محدودیت منابع آبی و لزوم بهره‌وری بیشتر در بخش کشاورزی، کشت‌های گلخانه‌ای طی سال‌های اخیر، در کشور افزایش یافته و از اهمیت زیادی برخوردار شده و مورد

۱ و ۳- استادیاران پژوهشی، مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، سازمان تحقیقات،

آموزش و ترویج کشاورزی تهران، ایران

(*)- نویسنده مسئول: (Email: hmosalla@gmail.com)

۲- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات گیاه پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران

DOI: 10.22067/JPP.2021.70680.1025

یا اثر هم افزایی (سینرژیستی) با آفت‌کش‌ها اشاره کرد (۳ و ۱۱). اهمیت این مواد به حدی است که روند تجاری شدن این مواد در سال‌های اخیر افزایش یافته، به طوری که بر اساس گزارش شرکت مشاوره‌ای "مارکت و دیتا" که بازارهای جهانی محصولات مختلف بازرگانی-تجاری را رصد می‌کند، میزان فروش انواع مواد افزودنی کشاورزی در جهان در سال ۲۰۱۹، معادل سه و چهار دهم (۳/۴) میلیارد دلار بوده و پیش‌بینی می‌شود این رقم در سال ۲۰۲۷ به حدود ۵/۳۹ میلیارد دلار برسد. به نقل از زند و همکاران (۴۸) در استرالیا بیش از ۳۰۰ نوع از انواع مختلف مواد افزودنی ثبت شده است.

بیشتر کارهای پژوهشی در حوزه مواد افزودنی در دنیا، روی علف‌کش‌ها انجام شده است (۳۳). این قاعده در کشور ما نیز تا حدودی حاکم است، به طوری که از لحاظ کاربردی، استفاده از ادجوانت‌ها همراه با علف‌کش‌ها جای خود را باز کرده و جا افتاده است. به عنوان مثال ادجوانت‌های فریگیت و سیتوویت عملاً همراه با علف‌کش‌های گلایفوسیت و پاراکوات استفاده می‌شوند. اما در خصوص حشره‌کش‌ها، متأسفانه کاربرد این مواد آن طور که باید هنوز جا نیفتاده و لزوم ترویج و گسترش استفاده از این مواد، به خوبی احساس می‌شود. در راستای افزایش کارایی و مصرف بهینه آفت‌کش‌ها در کشور، استفاده از مواد افزودنی به عنوان یک راهکار مناسب می‌تواند در نظر گرفته شود. از آنجائی که انجام تحقیقات می‌تواند زمینه‌های لازم برای مصرف عملی و کاربردی این مواد را فراهم نماید، بنابراین هدف از تحقیق حاضر، بررسی تاثیر دو ماده افزودنی تورپدو-دو (Torpedo II) و اسکورچ (Scorch) روی کارایی ایمیداکلوپراید و فلونیکامید برای مدیریت شته جالیز (*Aphis gossypii* Glover) در گلخانه می‌باشد. نتایج حاصل از این پروژه می‌تواند نقش مهمی در کاهش مصرف و استفاده بهینه از حشره‌کش‌ها در گلخانه‌ها را به دنبال داشته باشد.

مواد و روش‌ها

ترکیبات شیمیایی مورد استفاده

ایمیداکلوپراید (SC/35) با نام تجاری کونفیدور® از شرکت کاووش کیمیا کرمان و فلونیکامید (WG50%) با نام تجاری تپکی (Teppeki®) از شرکت رهااندیش کاوان تهیه شد. ایمیداکلوپراید از مهم‌ترین نئونیکوتینوئیدها محسوب می‌شود و خاصیت سیستمیک دارد. این ترکیبات به عنوان آگونیست استیل کلین عمل کرده و به گیرنده‌های نیکوتینی استیل کولین (nAChR)، در پس‌سیناپس پیوند می‌شوند و منجر به باز نگه داشتن غشا و ورود یون‌های سدیم و تحریک بیش از حد عصب و در نهایت مرگ حشره می‌شوند (۴۴). در

فلاونوئیدها (flavonoids) می‌باشد.

شته‌ها از آفات مهم در ایران و جهان هستند که خسارت قابل توجهی را به محصولات کشاورزی وارد می‌کنند. در میان شته‌ها، شته جالیز یا شته پنبه (*Aphis gossypii* Glover) یکی از مهم‌ترین آفات خسارت‌زا به گیاهان تیره کدوئیان در گلخانه و مزارع است. این آفت به دلیل پراکنش وسیع و دامنه میزبانی گسترده (بیش از ۷۰۰ گونه میزبان)، دارای اهمیت اقتصادی زیادی می‌باشد. گیاهان تیره‌های Malvaceae, Solanaceae, Rutaceae از میزبان‌های دیگر این آفت هستند. این آفت با تغذیه از شیره گیاهی سبب ضعیف شدن گیاه شده و در صورت انبوهی جمعیت آفت، حتی به خشک شدن گیاه میزبان نیز منجر می‌شود (۴۵). انتقال انواع ویروس‌های گیاهی نظیر *Watermelon Mosaic Virus*، *Citrus Tristeza Virus* و *Cucumber Mosaic Virus* از خسارت‌های دیگر این آفت است (۲۴). گزارش‌ها نشان داده‌اند که این آفت دارای بیوتیپ‌های تخصصی وابسته به میزبان می‌باشد. به عنوان مثال از چین بیوتایپ‌های مخصوص پنبه و خیار گزارش شده است (۴۶). بیوتایپ‌های فوق با میزبان مخصوص خود سازگاری پیدا کرده و تفاوت‌های اساسی از خود نشان می‌دهند. محوریت مدیریت این آفت در کشور ما استفاده از حشره‌کش‌هاست، به طوری که مقاومت به حشره‌کش‌ها در اثر مصرف بی‌رویه آنها گزارش شده است (۴۱). براساس توصیه‌ی سازمان حفظ نباتات، حشره‌کش‌های توصیه شده علیه این آفت عبارتند از: پی متروزین (چس®)، ایمیداکلوپراید (کونفیدور®)، پریمیکارب (پریمور®) دی کلرووس، هپتتفوس و فلونیکامید (تپکی®) (۳۲).

یکی از مهم‌ترین نگرانی‌های مصرف‌کنندگان محصولات گلخانه‌ای، بالابودن باقیمانده آفت‌کش‌ها به خاطر تاثیرات سوء بر سلامت آنهاست. بنابراین کاهش مصرف آفت‌کش‌ها به‌ویژه در محصولات گلخانه‌ای اهمیت قابل توجهی داشته و لزوم تحقیق و پژوهش در این زمینه بر کسی پوشیده نیست. مواد افزودنی (ادجوانت-adjutant) به موادی گفته می‌شود که درصدی از مواد تشکیل دهنده فرمولاسیون آفت‌کش‌ها را به خود اختصاص می‌دهند. این مواد ممکن است هنگام تهیه فرمولاسیون آفت‌کش‌ها در کارخانه اضافه شوند و یا هنگام مصرف آفت‌کش‌ها به محلول سمپاشی اضافه شوند (۱۱). وقتی به فرمولاسیون آفت‌کش‌ها (علف‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها و حشره/کنه‌کش‌ها) اضافه شوند، باعث افزایش کارایی و اثربخشی می‌شوند. با اضافه شدن این مواد به فرمولاسیون آفت‌کش‌ها، خواص فیزیکی-شیمیایی تغییر پیدا می‌کند. بعضی از این مواد در کاهش دز مصرف آفت‌کش‌ها و یا کاهش تعداد دفعات سمپاشی نیز می‌توانند تاثیر داشته باشند. از فواید و مزایای دیگر کاربرد مواد افزودنی می‌توان به کاهش اثرات باران در شستن باقیمانده سطحی آفت‌کش‌ها (۱۴) و

آزمایشی) شامل قطعات پنج متر مربعی بوته‌های خیار کشت شده در سطح گلخانه بود. برای نمونه‌برداری از هر واحد آزمایشی ۵ بوته و از هر بوته سه برگ انتهایی در نظر گرفته شد و جمعیت پوره و حشرات کامل روی برگ‌ها شمارش شدند. تیمارهای آزمایشی عبارتند از (۱) ایمیداکلوپراید در دز توصیه شده (نیم در هزار)، (۲) ایمیداکلوپراید+اسکورچ، (۳) ایمیداکلوپراید با ۱۰ درصد کاهش دز+اسکورچ، (۴) ایمیداکلوپراید با ۲۰ درصد کاهش دز+اسکورچ؛ (۵) ایمیداکلوپراید+تورپدو؛ (۶) ایمیداکلوپراید با ۱۰ درصد کاهش دز+تورپدو؛ (۷) ایمیداکلوپراید با ۲۰ درصد کاهش دز+تورپدو؛ در تیمارهای ۸ تا ۱۴ فلونیکامید، جایگزین ایمیداکلوپراید شد. تیمار شاهد (۱۵)، با آب محلول‌پاشی شد. طبق اطلاعات فنی شرکت سازنده ادجوانت‌ها، دز یک در هزار از ادجوانت‌ها استفاده شد. نمونه‌برداری از واحدهای آزمایشی، یک روز قبل از سمپاشی و ۳، ۷ و ۱۴ روز پس از سمپاشی انجام شد. درصد کارایی هر تیمار با فرمول هندرسون-تیلتون (۱۷) تعیین شد. سمپاشی با استفاده از سمپاش پشتی که قبلاً کالیبره شده بود، انجام شد. داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار SAS (ver. 9.1) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. بین واحدهای آزمایشی یک ردیف به عنوان فاصله در نظر گرفته شد. دو ردیف نیز از طرفین گلخانه به عنوان حاشیه نیز در نظر گرفته شد.

نتایج

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر متقابل تیمار در مکان معنی‌دار نیست. مولفه‌های آماری این تجزیه عبارتند از: سه روز بعد از سمپاشی ($F=0.88$; $P<0.99$; $df=13$), هفت روز ($F=1.24$; $P<0.28$; $df=13$) و ۱۴ روز ($F=1.24$; $P<0.28$; $df=13$) می‌باشد. به عبارت دیگر تیمارهای آزمایشی در مکان‌های مختلف، پاسخ‌های مشابهی را نشان داده‌اند. بنابراین داده‌ها بر این اساس و بدون در نظر گرفتن مکان‌های مورد نظر (ارومیه و کرج) تجزیه آماری شدند.

الف) مقایسه درصد کارایی تیمارهای آزمایشی پس از گذشت سه روز بعد از سمپاشی: با توجه به نتایج تجزیه آماری ($F=21.47$; $P<0.0001$; $df=13$) اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی دیده شد. گروه‌بندی میانگین درصد کارایی تیمارهای آزمایشی در جدول ۱ آمده است. براساس این نتایج می‌توان گفت که در فاصله زمانی سه روز پس از سمپاشی، اضافه کردن هر دو ادجوانت به ایمیداکلوپراید باعث افزایش کارایی شد چون تیمار ایمیداکلوپراید به تنهایی در گروه آماری bc قرار داشت اما تیمارهای "ایمیداکلوپراید+تورپدو" و "ایمیداکلوپراید+اسکورچ" در گروه آماری a قرار گرفتند. علاوه بر آن اضافه کردن تورپدو همراه با کاهش دز ایمیداکلوپراید باعث کاهش کارایی شد به طوری که تیمارهای

تقسیم‌بندی کمیته بین‌المللی ایراک (IRAC)، در گروه 4A قرار دارند و تحت عنوان دقیق تر "تنظیم‌کننده‌های رقابتی گیرنده‌های نیکوتینی استیل‌کولین"^۱ معرفی شده‌اند.

فلونیکامید (Flonicamid) از حشره‌کش‌های سیستمیک است که در سال ۱۹۹۲ توسط شرکت ژاپنی ISK کشف شد اما به طور مشترک با شرکت FMC به بازار معرفی شد. این ترکیب از هر دو طریق تماسی و گوارشی عمل می‌کند اما روش گوارشی تأثیر بیشتری دارد (۳۰ و ۳۱). این حشره‌کش به طور انتخابی روی آفات مکنده، مثل شته‌ها، سفیدبالک‌ها، تریپس‌ها، زنجربک‌ها و پسپیل‌ها عمل می‌کند (۲۳، ۲۲ و ۳۹). در تقسیم‌بندی کمیته بین‌المللی ایراک، در گروه ۲۹ قرار دارد و تحت عنوان دقیق تر "تنظیم‌کننده‌های اندام کوردوتونال"^۲ معرفی شده‌اند (البته نقطه هدف معینی برای آنها تعریف نشده است). این حشره‌کش در ایران برای شته جالیز خیار در گلخانه در تاریخ (۱۳۹۲/۱۲/۵) ثبت شده است (۳۲).

ادجوانت تورپدو (Torpedo-II): این ادجوانت ساخت شرکت فرانسوی به نام De Sangosse Ltd. می‌باشد که ترکیبی از چهار ماده به شرح زیر می‌باشد:

alkoxylated tallow amine, (210 g/kg); alcohol alkoxylate, (380 g/kg); natural fattyacids, (75 g/kg); polyalkylene glycol, (210 g/kg)

ادجوانت اسکورچ (Scorch): این ادجوانت نیز ساخت همان شرکت فرانسوی (De Sangosse Ltd.) می‌باشد و از موادی از گروه‌هایی نظیر: (alkoxylated cocoamine), (hydroxyethylene glycol humectant), (acetic acid), (diphosphonic acid), (phosphoric acid) و urea, ammonium sulphate تشکیل شده است (درصد هر یک از این مواد در کاتالوگ اشاره نشده بود). هر دو ادجوانت توسط نماینده شرکت فرانسوی یاد شده در ایران تهیه شد. براساس مشخصات فنی ارائه شده توسط شرکت سازنده، این دو ماده افزودنی چندکاره^۳ هستند و ویژگی‌های عمومی مانند خیس‌کنندگی، چسبندگی، پخش‌کنندگی و افزایش نفوذکنندگی^۴ برای آنها ذکر شده است (از این به بعد در تمام متن مقاله از واژه‌های تورپدو و اسکورچ استفاده خواهد شد).

نحوه انجام آزمایش: این تحقیق در دو گلخانه خیار (رقم ناگین ۷۹۲) در کرج و ارومیه در فصل زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۸ انجام شد. بدین منظور آزمایشی در شرایط گلخانه‌ای در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۱۵ تیمار (به شرح زیر) و سه تکرار انجام شد. هر تکرار (هر واحد

- 1- Nicotinic Acetylcholine Receptor Competitive Modulators
- 2- Chordotonal organ modulators, undefined target site
- 3- multi-functional adjuvant
- 4- penetration

یک سطح از کارائی با تیمار متناظر خود (بدون کاهش دز) قرار گرفتند.

ج) مقایسه درصد کارائی تیمارهای آزمایشی پس از گذشت ۱۴ روز بعد از سمپاشی: با توجه به نتایج تجزیه آماری ($F=20.44$; $P<0.0001$; $df=13$) اختلاف معنی داری بین تیمارهای آزمایشی دیده شد. گروه بندی میانگین درصد کارائی تیمارهای آزمایشی در جدول ۱ آمده است. براساس این نتایج می توان گفت که در فاصله زمانی ۱۴ روز پس از سمپاشی، اضافه کردن هر دو ادجوانت به ایمیداکلوپراید باعث افزایش کارائی این حشره کش شد، چون تیمار ایمیداکلوپراید به تنهایی، در گروه آماری b قرار داشت اما تیمارهای "ایمیداکلوپراید+تورپدو" و "ایمیداکلوپراید+اسکورچ" در گروه آماری a قرار گرفتند. به علاوه، اضافه کردن تورپدو و همراه با کاهش دز ایمیداکلوپراید باعث کاهش کارائی شد، به طوری که تیمارهای "ایمیداکلوپراید با ۱۰ درصد کاهش دز+تورپدو" و "ایمیداکلوپراید با ۲۰ درصد کاهش دز+تورپدو" کمترین کارائی را نشان دادند (گروه آماری c). در خصوص کاهش دزهای ایمیداکلوپراید همراه با اضافه کردن اسکورچ، می توان گفت که علی رغم کاهش دزها، کارائی ترکیب در حد بالائی دیده شد.

در خصوص فلونیکامید می توان گفت که اضافه کردن هر دو ادجوانت باعث افزایش کارائی شد، چون تیمار فلونیکامید به تنهایی در گروه آماری b قرار داشت، اما تیمارهای "فلونیکامید+تورپدو" و "فلونیکامید+اسکورچ" در گروه a قرار گرفتند. به علاوه، اضافه کردن هر دو ادجوانت همراه با کاهش دزهای فلونیکامید، باعث کاهش کارائی نشد، بلکه تیمارهای "فلونیکامید با ۱۰ درصد کاهش دز+تورپدو" و "فلونیکامید با ۲۰ درصد کاهش دز+تورپدو" و "فلونیکامید با ۱۰ درصد کاهش دز+اسکورچ" و "فلونیکامید با ۲۰ درصد کاهش دز+اسکورچ" همگی در یک سطح از کارائی با تیمار متناظر خود (بدون کاهش دز) بودند (جدول ۱).

بحث

همان طور که در قسمت نتایج اشاره شد، هر دو ادجوانت قادر بودند که کارائی ایمیداکلوپراید و فلونیکانید را افزایش دهند چون در همه زمان های پس از سمپاشی، نتایج فوق تایید شد (جدول ۱). بر اساس مشخصات فنی ارائه شده توسط شرکت سازنده، تورپدو و اسکورچ، دو ماده افزودنی چندکاره هستند که ویژگی های عمومی مانند خیس کنندگی، چسبندگی، پخش کنندگی و افزایش نفوذ کنندگی برای آنها ذکر شده است. بنابراین، خواص اشاره شده سبب شدند که کارائی حشره کش های مورد نظر افزایش پیدا کند. گزارش های نسبتا محدودی در خصوص این دو ادجوانت در دنیا گزارش شده است. در بررسی منابع، فقط سه پژوهش از لهستان گزارش شده است.

"ایمیداکلوپراید با ۱۰ درصد کاهش دز+تورپدو" و "ایمیداکلوپراید با ۲۰ درصد کاهش دز+تورپدو" کمترین کارائی را نشان دادند (گروه آماری dc و d). در خصوص کاهش دز ایمیداکلوپراید (۱۰ و ۲۰ درصد) همراه با اضافه کردن ادجوانت اسکورچ، می توان گفت که علی رغم کاهش دز، کارائی ایمیداکلوپراید در حد بالائی دیده شد.

در خصوص حشره کش فلونیکامید می توان گفت که اضافه کردن هر دو ادجوانت باعث افزایش کارائی شد، چون تیمار فلونیکامید به تنهایی در گروه آماری b قرار داشت، اما تیمار "فلونیکامید+تورپدو" و "فلونیکامید+اسکورچ" در گروه a قرار گرفتند. به علاوه، اضافه کردن هر دو ادجوانت همراه با کاهش دزهای فلونیکامید باعث کاهش کارائی نشد، بلکه تیمارهای "فلونیکامید با ۱۰ درصد کاهش دز+تورپدو" و "فلونیکامید با ۲۰ درصد کاهش دز+تورپدو" و "فلونیکامید با ۱۰ درصد کاهش دز+اسکورچ" و "فلونیکامید با ۲۰ درصد کاهش دز+اسکورچ" همگی کارائی یکسانی با تیمار متناظر خود (بدون کاهش دز) نشان دادند.

ب) مقایسه درصد کارائی تیمارهای آزمایشی پس از گذشت هفت روز بعد از سمپاشی: با توجه به نتایج تجزیه آماری ($F=37.42$; $P<0.0001$; $df=13$) اختلاف معنی داری بین تیمارهای آزمایشی دیده شد. گروه بندی میانگین درصد کارائی تیمارهای آزمایشی در جدول ۱ آمده است. براساس این نتایج می توان گفت که در فاصله زمانی هفت روز پس از سمپاشی، اضافه کردن هر دو ادجوانت به ایمیداکلوپراید باعث افزایش کارائی این حشره کش شد، چون تیمار ایمیداکلوپراید به تنهایی در گروه آماری c قرار داشت اما تیمارهای "ایمیداکلوپراید+تورپدو" و "ایمیداکلوپراید+اسکورچ" در گروه آماری ab قرار گرفتند. ضمنا اضافه کردن تورپدو و همراه با کاهش دز ایمیداکلوپراید باعث کاهش کارائی شد به طوری که تیمارهای "ایمیداکلوپراید با ۱۰ درصد کاهش دز+تورپدو" و "ایمیداکلوپراید با ۲۰ درصد کاهش دز+تورپدو" کمترین کارائی را نشان دادند (گروه آماری d). در خصوص کاهش دزهای ایمیداکلوپراید همراه با اضافه کردن ادجوانت اسکورچ، می توان گفت که علی رغم کاهش دزها، کارائی ترکیب در حد بالائی دیده شد.

در خصوص حشره کش فلونیکامید می توان گفت که اضافه کردن هر دو ادجوانت باعث افزایش کارائی شد، چون تیمار فلونیکامید به تنهایی در گروه آماری bc قرار داشت، اما تیمارهای "فلونیکامید+تورپدو" و "فلونیکامید+اسکورچ" در گروه a قرار گرفتند. به علاوه، اضافه کردن هر دو ادجوانت همراه با کاهش دزهای فلونیکامید، باعث کاهش کارائی نشد، بلکه تیمارهای "فلونیکامید با ۱۰ درصد کاهش دز+تورپدو" و "فلونیکامید با ۲۰ درصد کاهش دز+تورپدو" و "فلونیکامید با ۱۰ درصد کاهش دز+اسکورچ" و "فلونیکامید با ۲۰ درصد کاهش دز+اسکورچ" همگی در

جدول ۱- میانگین درصد کارایی (±استباه استاندارد) تیمارهای مختلف آزمایشی علیه شته جالبز خیار (*Aphis gossypii* Glover) در ۳، ۷ و ۱۴ روز بعد از سمپاشی

Table 1- Mean percentage of efficacy (±Standard Error) in different experimental treatments against cotton-melon aphid, *Aphis gossypii* Glover in 3, 7 and 14 days after spraying

Treatments (تیمارها)	+3	+7	+14
Imidacloprid	81.47±1.92 bc	84.07±3.12 c	81.59±3.01 b
Imidacloprid + Torpedo II	92.60±1.83 a	93.94±1.41 ab	93.92±1.78 a
Imidacloprid (10% dose reduction) + Torpedo II	72.85±1.70 dc	71.99±1.04 d	71.04±2.19 c
Imidacloprid (20% dose reduction) + Torpedo II	69.41±2.40 d	70.96±1.33 d	70.19±1.70 c
Imidacloprid + scorch	93.43±1.84 a	93.26±2.02 ab	94.80±1.99 a
Imidacloprid (10% dose reduction) + scorch	93.65±1.51 a	93.45±1.56 ab	95.20±1.57 a
Imidacloprid (20% dose reduction) + scorch	94.23±1.48 a	94.02±1.38 ab	94.35±1.62 a
Fonicamid	87.08±2.96 b	87.45±1.57 bc	85.75±3.95 b
Fonicamid + Torpedo II	94.44±2.02 a	94.34±1.67 a	94.41±1.78 a
Fonicamid (10% dose reduction) + Torpedo II	93.92±2.39 a	95.41±1.92 a	93.75±1.48 a
Fonicamid (20% dose reduction) + Torpedo II	93.09±1.89 a	93.93±2.07 ab	93.21±1.74 a
Fonicamid + scorch	93.28±1.90 a	95.31±1.67 a	93.79±1.95 a
Fonicamid (10% dose reduction) + scorch	93.22±2.07 a	93.07±1.93 ab	93.94±1.94 a
Fonicamid (20% dose reduction) + scorch	94.27±1.52 a	95.26±1.78 a	93.48±1.96 a

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

Beauveria bassiana (فرمولاسیون تجاری) نیز شد. گزارش دیگری نشان داده است که کاربرد ماده افزودنی روغن استری کلزا باعث افزایش کارایی حشره کش اسپیروتترامات (Movento®) روی شپشک های کیوی شده و از سوی دیگر باعث کاهش باقیمانده آفت کش روی محصول می شود (۱۲). همچنین گزارش شده است که استفاده هم زمان مواد افزودنی مختلف (Silwet®, Agridex®) با حشره کش اسپینوساد (spinosad) باعث افزایش کارایی ترکیب روی آفت کلم به نام *Trichoplusia ni* Hubner می شود (۲۵). در تحقیق دیگری (۳)، گزارش شده است که ادجوانت سیلیکونی به نام Sylgard 309 با حشره کش پی متروزین خاصیت سینرژیستی دارد. افزایش کارایی اسپیروتترامات (Movento®) با استفاده از ادجوانت های نفوذکننده (penetrating adjuvants)⁴، برای کنترل شته سبز هلو (*Myzus persicae* Sulzer)، روی کاهو (۳۴ و ۳۵) و گیاه اسفناج (*Spinacia oleracea* L.)، (۳۶) از آریزونای آمریکا گزارش شده است. تحقیقی در مصر نیز نشان داده است که ادجوانت های Bio new film⁵ و Glue، باعث افزایش کارایی مالاتیون علیه تریپس پیاز (*Thrips tabaci*) شدند (۱)، به علاوه در مصرف حشره کش را نیز به مقدار یک چهارم کاهش دادند. افزایش کارایی حشره کش های استامی پراید (موسپیلان®)، دیافن تیورون

اولی حاکی از آن بود که ادجوانت تورپدو، باعث افزایش کارایی علف کشی با نام تجاری هکتور¹ برای کنترل علف هرز سلمک (*Chenopodium album* L.) در مزارع ذرت می شود. به نقل از نویسندگان، ادجوانت اشاره شده با بهبود اندازه قطرات محلول سمپاشی، تأثیر قابل توجهی در پوشش سطح برگ داشت (۲۱). همچنین بر اساس دو تحقیق دیگر (۳۷ و ۳۸) انجام شده در لهستان، کاربرد تورپدو، باعث کاهش معنی دار باقیمانده قارچ کش سیستمیک آزوکسی استروبین (azoxystrobin) و قارچ کش تماسی کلروتالونیل (chlorothalonil) در گوجه فرنگی شده است. به نقل از هی و همکاران (۱۶) برگ های خیار آبدوست² هستند که مستعد ریزش قطرات (دریفت) در هنگام سمپاشی هستند. بنابراین اضافه کردن ادجوانت ها، به خوبی توانسته اند این مشکل را حل کنند.

در خصوص تأثیر سایر ادجوانت ها در کارایی حشره کش ها و کنه کش ها در دنیا تحقیقات زیادی انجام شده است. مثلا کاربرد ماده افزودنی اتوکسیلیت-پروپوکسیلیت تریسیلوگسان³ باعث کاهش ۷۰ درصدی خسارت کنه تارتن دولکه ای (*Tetranychus urticae*) روی برگ های خیار شده است (۱۳). همچنین کاربرد ماده افزودنی ذکر شده، باعث افزایش ۲۵ درصدی کارایی قارچ بیمارگر

4- Cabbage looper

5- Dyne-Amic, Fulvex

6- Bio new film (spreading and wetting agent)

1- Hector 53,6 WG (42,9% nikosulfuron 10,7% rimsulfuron)

2- hydrophile

3- Ethoxylated- propoxylated trisiloxane

اضافه کردن پنج ادجوانت با خاصیت چسبانندگی (Triton X-100، Nu-film 17، Exhalt®، Plant Gard® و Plyac®) به کلرپایرفوس و لیندن باعث افزایش اندکی در ماندگاری دو حشره‌کش، علیه سوسک پوست خوار کاج^۳ (*Dendroctonus frontalis Zimmermann*) شدند.

یافته دیگر تحقیق حاضر این است که با اضافه شدن ادجوانت تورپدو به ایمیداکلوپراید، وقتی که با کاهش دز حشره‌کش همراه شد، کارایی ایمیداکلوپراید به شدت کاهش یافت. بنابراین اضافه کردن تورپدو همراه با کاهش دز ایمیداکلوپراید توصیه نمی‌شود. این به این مفهوم است که دز توصیه شده ایمیداکلوپراید برای کارایی مطلوب آن ضروری است و در صورت کاهش دز، حتی در حضور ادجوانت تورپدو، کارایی ایمیداکلوپراید کاهش خواهد یافت. در این راستا، اندازه‌گیری غلظت ایمیداکلوپراید (به روش الایزا) در برگ مرکبات ثابت کرده است که غلظت حشره‌کش بایستی به اندازه کافی وجود داشته باشد تا اثر کشندگی روی پسیل آسیائی مرکبات (*Diaphorina citri*) و مینوز مرکبات (*Phyllocnistis citrella*) داشته باشد (۴۰). چنین نتیجه‌ای در مورد ادجوانت اسکورج دیده نشد، به طوری که اضافه شدن اسکورج، وقتی با کاهش دز ایمیداکلوپراید همراه شد، توانست کارایی ایمیداکلوپراید را در حد بالائی حفظ کند. علاوه بر آن، اضافه شدن هر دو ادجوانت، وقتی با کاهش دز فلونیکامید همراه شد، باعث شد که کارایی در حد بالائی حفظ شود. یکی از دلایل این می‌تواند باشد که ماده موثره آفت‌کش‌ها، در ترکیب شدن با ادجوانت‌ها، ممکن است پاسخ‌های فیزیولوژیک مختلفی را باعث شوند. در این راستا گزارش شده است که ماده افزودنی Sylgard 309، وقتی که با حشره‌کش فپرونیل همراه شود، سمیت آن برای زنبور عسل افزایش می‌یابد، در حالی که اگر با حشره‌کش‌های ایمیداکلوپراید، کاربوفوران (carbofuran) و متومیل (methomyl) همراه شود، سمیت برای زنبورهای عسل کاهش می‌یابد (۲۷). ضمن اینکه تفاوت در عملکرد ادجوانت‌ها، می‌تواند ناشی از ترکیبات متفاوت در مواد تشکیل دهنده آنها نیز باشد که طی مطالعات قبلی ثابت شده است (۱۵ و ۱۸).

کاهش دز مصرف حشره‌کش‌ها، می‌تواند هم از نظر اقتصادی و هم از نظر زیست محیطی حائز اهمیت باشد، چون طبق نتایج گرفته شده، در صورت استفاده از ادجوانت‌های کار شده در این تحقیق، می‌توان مقدار مصرف ایمیداکلوپراید و فلونیکامید را تا ۲۰ درصد کاهش داد. گزارشی از چین نیز نشان داده است که در مزارع گندم برای مبارزه با شته گندم (*Schizaphis graminum*)، افزودن دو نوع ادجوانت یکی از نوع ارگانوسیلیکون (organosilicone QF-LY) و دیگری از نوع روغن گیاهی متیله شده^۴ به صورت مخلوط در تانک

(Diافenthion) و دیمتوات با کاربرد ادجوانت اولترا[®] (Ultra) برای سفید بالک بمیزیا (*Bemisia tabaci Gennadius*) از پاکستان نیز گزارش شده است (۴۳).

از نیوزلند و طی یک تحقیق دو ساله (۲۸)، گزارش شده است که کاربرد اسپیروتترامات به همراه ادجوانت‌های نفوذکننده (Engulf[®] ۱) و یا پخش کننده (Du-Wett[®] ۲) نقش قابل توجهی در کاهش آلودگی میوه کیوی به شپشک‌ها و سپردارها در پس از برداشت دارند. در تحقیق دیگری (۲)، افزایش کارایی کلرپایرفوس (EC48%) و سی هالوترین (EC5%) علیه کرم برگ‌خوار مصری (*Spodoptera littoralis Boisid*) با ادجوانت‌های Tritone K و Top Film روی لاروهای سنین دو و چهار این آفت گزارش شده است. کارایی سی-هالوترین (میانگین درصد مرگ و میر روی لاروها) به تنهایی پس از چهار روز سمپاشی حدودا بین ۳۵ تا ۴۵ درصد برآورد شد که این مقدار با اضافه کردن ادجوانت‌ها به ۱۰۰ درصد رسید. در مورد کلرپایرفوس نیز، کارایی به تنهایی پس از چهار روز، بین ۵۰ تا ۷۸ درصد برآورد شد، اما اضافه کردن ادجوانت‌ها، کارایی را به ۸۸ تا ۹۶ درصد افزایش داد. علاوه بر افزایش کارایی، ادجوانت‌ها ماندگاری اثربخشی حشره‌کش‌ها را نیز تا ۱۵ روز برای کلرپایرفوس و تا ۲۱ روز برای سی هالوترین افزایش دادند.

به طور کلی، برای آفت‌کش‌های سیستمیک که کار خود را پس از نفوذ به برگ انجام می‌دهند، مرحله نفوذ به برگ از اهمیت بسیار بالائی برخوردار است و پژوهش‌ها ثابت کرده‌اند که ادجوانت‌های معینی می‌توانند نفوذ به برگ را افزایش داده و لذا کارایی آفت‌کش‌های سیستمیک را بهبود بخشند. در این خصوص گزارش شده است که کارایی ایمیداکلوپراید علیه شته سبز هلو روی گیاه تنباکو، توسط دو ادجوانت به نام‌های Beichuang و Jiexiaoli از طریق نفوذ بهتر حشره‌کش، افزایش پیدا کرد (۸).

از طرف دیگر هر چه چسبندگی و میزان نفوذ آفت‌کش به برگ افزایش یابد، هدررفت آفت‌کش نیز کمتر شده و لذا موجودات غیرهدف نیز کمتر در معرض آفت‌کش‌ها قرار می‌گیرند. علاوه بر این، چسبندگی بیشتر آفت‌کش به سطح برگ، باعث می‌شود که میزان تبخیر ماده موثره از سطح برگ نیز کاهش یابد. با توجه به شرایط دمائی گلخانه‌ها که ممکن است تبخیر آفت‌کش‌های مصرفی، شدت بیشتری داشته باشد، بنابراین استفاده از ادجوانت‌ها که چسبندگی محلول را افزایش می‌دهند، قطعا در کاهش تبخیر و هدررفت آفت‌کش‌ها تاثیر دارند. مطالعات قبلی این موضوع را ثابت کرده است (۱۹ و ۴۷). همچنین اوگن برادی و همکاران (۱۰)، گزارش کردند که

3- bark-beetles

4- methylated vegetable oil adjuvant FFD

1- Engulf (a super-spreading penetrant)

2- Du-Wett (a super-spreader)

براساس نتایج این تحقیق هر دو ادجوانت قادر هستند کارایی ایمیداکلوپراید و فلونیکامید را افزایش دهند. همچنین قابلیت و توانایی این ادجوانت‌ها در پائین آوردن دز مصرف حشره‌کش‌های مورد مطالعه از لحاظ برنامه‌های کاهش مصرف آفت‌کش‌ها در مدیریت تلفیقی آفات، حائز اهمیت است. اما باید در نظر داشت که عوامل دیگری مثل قیمت ادجوانت‌ها، در استفاده کاربردی و میدانی آنها توسط کشاورزان دخالت دارند که بایستی مد نظر قرار گیرد.

سپاسگزاری

این پژوهش با حمایت مالی موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور انجام شده است که بدین وسیله نهایت تشکر و قدردانی را داریم. از آقای دکتر علی محمدی پور به خاطر کمک در آنالیزهای آماری نیز تشکر می‌شود.

سمپاش، قادر است دز مصرفی ایمیداکلوپراید را تا ۲۰ درصد کاهش دهد (۲۹).

همچنین گزارش شده است که افزودن ادجوانتی به نام Glow[®] به اسفن‌والریت (esfenvalerate) و پروفنفسوس (profenfos)، ضمن افزایش کارایی آنها باعث کاهش دز مصرف این دو حشره‌کش، به نصف مقدار توصیه شده می‌شود (۷). گزارش دیگری از فلوریدای آمریکا نیز حاکی از آن است که در شرایط گلخانه کاربرد ادجوانت Silwet L-77 قادر است که دز مصرف ایمیداکلوپراید و آبامکتین را (به میزان نصف تا یک چهارم کمترین دز توصیه شده) در مبارزه با سپیل آسیائی مرکبات (*Diaphorina citri*) کاهش دهد (۴۲). در تحقیق دیگری که در مصر روی شته حبوبات (*Aphis craccivora*) انجام شد، گزارش شد که دو ادجوانت به نام‌های Sylgard[®] 309 و Agrimax-3H[®] توانستند کارایی تیموتوکسام را با نصف دز توصیه شده، در شرایط مزرعه‌ای افزایش دهند (۵).

منابع

1. Abd-Allah A.A.A. 2011. Influence of some adjuvants on efficacy of certain insecticides against onion thrips, *Thrips tabaci* (LIND.) infesting onion and garlic plants. Journal of Plant Protection and Pathology 2: 169-178.
2. Abdelgaleil S.A., Abdel-Aziz N.F., Sammour E.A., El-Bakry A.M., and Kassem S.M. 2015. Use of tank-mix adjuvants to improve effectiveness and persistence of chlorpyrifos and cyhalothrin formulations. Journal of Agricultural Science and Technology 17(6): 1539-1549.
3. Acheampong S., and Stark J.D. 2004. Effects of the agricultural adjuvant Sylgard 309 and the insecticide pymetrozine on demographic parameters of the aphid parasitoid, *Diaeretiella rapae*. Biological Control 31(2): 133-137.
4. Ahmadi K., Ebadzadeh H., Hatami F., Hosseinpour R., and Abdshah H. Iran agricultural statistics of 2019. Ministry of Agricultural Jihad. 163 pp.
5. Aioub A.A., Omar A.E., and El-Sobki A.E.A. 2015. Filed evaluation of thiamethoxam insecticide and its mixtures with certain adjuvants in controlling leguminous aphid, *Aphis craccivora* (koch) and their residues in plants and soil. Zagazig Journal of Plant Protection Research 42(4): 835-841.
6. Barbosa P.R., Michaud J.P., Bain C.L., and Torres J.B. 2017. Toxicity of three aphicides to the generalist predators *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) and *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae). Ecotoxicology 26(5): 589-599.
7. Betana M.D.M.A., Hussein and EL-Kadi A.M.A. 2004. Influence of some adjuvants on physico-chemical properties, effectiveness, and pesticides formulations. Journal of Agricultural Science, Mansoura 29(4): 2105-2116.
8. Chen H., Zhang Y., Zhang H., and Ding W. 2014. Synergistic effect of imidacloprid combined with synergistic agents (Beichuang, Jiexiaoli) on *Myzus persicae*. International Journal of Pest Management 60(3): 201-207.
9. Colomer I., Aguado P., Medina P., Heredia R.M., Fereres A., Belda J.E., and Viñuela E. 2011. Field trial measuring the compatibility of methoxyfenozide and flonicamid with *Orius laevigatus* Fieber and *Amblyseius swirskii* in a commercial pepper greenhouse. Pest Management Science 67(10): 1237-1244.
10. Eugene Brady U., Wayne Berisford C., Thomas Hall L., and Joseph Hamilton S. 1980. Efficacy and persistence of chorpyrifos, chorpypifos-methyl, and lindane for preventive and remedial control of the southern pine beetle. Journal of Economic Entomology 73(5): 639-641.
11. Foy C.L. 1996. Adjuvants—current trends and technology. Pesticide formulation and adjuvant technology, Eds. C. L. Foy and D. W. Pritchard, CRC Press. pp. 323–352.
12. Gaskin R.E., Horgan D.B., and Manktelow D.W. 2010. Adjuvant effects on the retention and uptake of spirotetramat insecticide sprays on kiwifruit. New Zealand Plant Protection 63: 60-65.
13. Gatarayiha M.C., Laing M.D., and Miller R.M. 2010. Effects of adjuvant and conidial concentration on the efficacy of *Beauveria bassiana* for the control of the two spotted spider mite, *Tetranychus urticae*. Experimental and Applied Acarology 50(3): 217-29.

14. Gautam B.K., Little B.A., Taylor M.D., Jacobs J.L., Lovett W.E., Holland R.M., and Sial A.A. 2016. Effect of simulated rainfall on the effectiveness of insecticides against spotted wing drosophila in blueberries. *Crop Protection* 81: 122-128.
15. Green J.M., and Beestman G.B. 2007. Recently patented and commercialized formulation and adjuvant technology. *Crop Protection* 26(3): 320-327.
16. He L., Ding L., Zhang P., Li B., Mu W., and Liu F. 2021. Impact of the equilibrium relationship between deposition and wettability behavior to the high-efficiency utilization of pesticides. *Pest Management Science* 77: 2485-2493.
17. Henderson CF., and Tilton EW. 1955. Tests with Acaricides against the brown wheat mite. *Journal of Economic Entomology* 48: 157-161.
18. Holloway P.J. 1998. Improving agrochemical performance: possible mechanisms for adjuvancy. *Chemistry and technology of agrochemical formulations*, Ed. Knowles D. A., Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, The Netherlands. pp. 232-263.
19. Houbraken M., Senaeve D., Fevery D., and Spanoghe P. 2015. Influence of adjuvants on the dissipation of fenpropimorph, pyrimethanil, chlorpyrifos and lindane on the solid/gas interface. *Chemosphere* 138: 357-363.
20. Jeschke P., Nauen R., and Beck M.E. 2013. Nicotinic acetylcholine receptor agonists: a milestone for modern crop protection. *Angewandte Chemie International Edition* 52(36): 9464-9485.
21. Kierzek R., Wachowiak M., Krawczyk R., and Ratajkiewicz H. 2014. Effect of spray nozzle type and adjuvants on herbicide activity in maize. *Problems of Agricultural Engineering Journal* 2(84): 29-39. (In Polish with English abstract)
22. Kodandaram M.H., Kumar Y.B., Banerjee K., Hingmire S., Rai A.B., and Singh B. 2017. Field bioefficacy, phytotoxicity and residue dynamics of the insecticide flonicamid (50 WG) in okra (*Abelmoschus esculenta* (L) Moench). *Crop Protection* 94: 13-19.
23. Kumar V., Jindal V., Kataria S.K., and Pathania M. 2019. Activity of novel insecticides against different life stages of whitefly (*Bemisia tabaci*). *Indian Journal of Agricultural Sciences* 89(10): 1599-1603.
24. Kunjwal N., and Srivastava R.M. 2018. Insect pests of vegetables. *Pests and their Management*, Ed. Omkar (2018) Springer, Singapore. pp. 163-221.
25. Larson L.L. 1997. Effects of adjuvants on the activity of Tracer™ 480SC on cotton in the laboratory, 1996. *Arthropod Management Tests* 22: 415-416.
26. Liu T.X., and Stansly P.A. 2000. Insecticidal activity of surfactants and oils against silverleaf whitefly (*Bemisia argentifolii*) nymphs (Homoptera: Aleyrodidae) on collards and tomato. *Pest Management Science* 56(10): 861-866.
27. Mayer D.F., and Lunden J.D. 1994. Effects of the adjuvant Sylgard 309 on the hazard of selected insecticides to honey bees. *Bee Science* 3(3): 135-138.
28. McKenna C., Gaskin R., Horgan D., Dobson S., and Jia Y. 2013. Efficacy of a postharvest spirotetramat spray against armoured scale insects on kiwifruit vines. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 41(3): 105-116.
29. Meng Y., Lan Y., Mei G., Guo Y., Song J., and Wang Z. 2018. Effect of aerial spray adjuvant applying on the efficiency of small unmanned aerial vehicle for wheat aphids control. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering* 11(5): 46-53.
30. Morita M., Ueda T., Yoneda T., Koyanagi T., and Haga T. 2007. Flonicamid, a novel insecticide with a rapid inhibitory effect on aphid feeding. *Pest Management Science* 63(10): 969-973.
31. Morita M., Yoneda T., and Akiyoshi N. 2014. Research and development of a novel insecticide, flonicamid. *Journal of Pesticide Science* 39(3): 179-180.
32. Noorbaksh S. 2019. List of important pests, diseases and weeds of major agricultural products, pesticides and recommended methods to control them. PPO publication. 197 pp.
33. Pacanoski Z. 2015. Herbicides and adjuvants. *Intech Open Science* 125-147.
34. Palumbo J.C. 2009. Influence of adjuvants and Movento spray timing on aphid contamination in head lettuce. *Arthropod Management Tests*, ESA, Vol 34, E34.
35. Palumbo J.C. 2010. Efficacy of Movento and adjuvant combinations for pre-harvest control of lettuce aphid in romaine lettuce. *Arthropod Management Tests*, ESA, Vol 35, E33.
36. Palumbo J.C. 2011. Influence of adjuvants and spray timing of Movento on aphid contamination and crop injury in Baby Spinach. *Plant Health Progress* 12(1): 10.
37. Ratajkiewicz H., Kierze R., Raczkowski M., Kulas A.H., Łacka A., Wójtowicz A., and Wachowiak M. 2016. Effect of the spray volume adjustment model on the efficiency of fungicides and residues in processing tomato. *Spanish Journal of Agricultural Research* 14(3): 23-31.
38. Ratajkiewicz H., Kierzek R., Raczkowski M., Kulas A.H., Łacka A., and Szulc T. 2018. The effect of coarse-droplet spraying with double flat fan air induction nozzle and spray volume adjustment model on the efficiency of fungicides and residues in processing tomato. *Spanish Journal of Agricultural Research* 16(1): 22-32.

39. Roditakis E., Fytrou N., Staurakaki M., Vontas J., and Tsagkarakou A. 2014. Activity of flonicamid on the sweet potato whitefly *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) and its natural enemies. *Pest Management Science* 70(10): 1460-1467.
40. Sétamou M., Rodriguez D., Saldana R., Schwarzlose G., Palrang D., and Nelson S.D. 2010. Efficacy and uptake of soil-applied imidacloprid in the control of Asian citrus psyllid and a citrus leaf miner, two foliar-feeding citrus pests. *Journal of Economic Entomology* 103(5): 1711-1719.
41. Seyedebrahimi S.S., Talebi Jahromi K., Imani S., Hosseinaveh V., and Hesami S. 2016. Resistance to imidacloprid in different field populations of *Aphis gossypii* Glover (Hem.: Aphididae) in South of Iran. *Journal of Entomological and Acarological Research* 48: 6-10.
42. Srinivasan R., Hoy M.A., Singh R and Rogers M.E. 2008. Laboratory and field evaluations of Silwet L-77 and kinetic alone and in combination with imidacloprid and abamectin for the management of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*. *Florida Entomologist* 91(1): 87-100.
43. Tariq K., Ali R., Butt Z. A., Ali A., Naz G., Anwar Z., and Shah J.A. 2016. Comparative efficacy of different insecticides alone and along with adjuvant against cotton whitefly, *Bemisia tabaci* in Multan, Pakistan. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences* 16: 1424-30.
44. Tomizawa M., and Casida J.E. 2005. Neonicotinoid insecticide toxicology: mechanisms of selective action. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology* 45: 247-268.
45. Van Emden H.F., and Harrington R. 2017. *Aphids as crop pests*, second edition. CABI. 450 pp.
46. Wang L., Zhang S., Luo J.Y., Wang C.Y., Lv L.M., Zhu X.Z., and Cui J.J. 2016. Identification of *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) biotypes from different host plants in North China. *PLoS One* 11(1): e0146345.
47. Xu L.Y., Zhu H.P., Ozkan H.E., Bagley W.E., Derksen R.C., and Krause C.R. 2010. Adjuvant effects on evaporation time and wetted area of droplets on waxy leaves. *American Society of Agricultural and Biological Engineers* 53(1): 13-20.
48. Zand E., Aliverdi A., Hammami H., and Heidari A. 2013. Adjuvants, oils, surfactants and other additives for farm chemicals. 94 pp. (translation in Persian)

Effects of Two Adjuvants (Scorch and Torpedo π) on Efficacy of Imidacloprid and Flonicamid to Control the *Aphis gossypii* Aphid in Greenhouse Cucumber

H. Mosallanejad^{1*} - M. Forouzan² - L. Ebrahimi³

Received: 02-06-2021

Accepted: 30-06-2021

Introduction: Cucumber, *Cucumis sativus* L. is one of the most important economic vegetable crops cultivated in Iran and many countries of the world. The cotton-melon aphid, *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae), is one of the most destructive polyphagous pests of Cucurbitaceae plants in greenhouses and open fields. *A. gossypii* can cause severe damage in commercial fields. The honeydew that aphid excretes decreases the photosynthetic activity of plants and contaminates fruit, resulting in severely reduced quality. Moreover, *A. gossypii* can transmit more than 80 types of viral diseases that can cause substantially greater losses than the damage from direct feeding of the insect. The focus of the control methods against this pest in our country is the use of insecticides. Additionally, *A. gossypii* has developed different levels of resistance to many insecticides. Agricultural adjuvants can improve the efficacy of pesticides and can be effective in reduction of pesticides use. In the current research, the effects of two adjuvants (Scorch and Torpedo π) on efficiency of imidacloprid (SC35%) and flonicamid (WG50%) to control this aphid were investigated on cucumber in greenhouse. These two insecticides have systemic property doing their job after leaf penetration. It is known that the leaf penetration step is very determinative for systemic pesticides. Besides, Scorch and Torpedo π are multi-functional adjuvant, showing penetration, wetting, adhesion and spreading properties.

Materials and Methods: The project was performed based on a completely randomized design with 15 treatments and 3 replicates. The efficacy in the sampling units was recorded at 1, 3, 7 and 14 days after treatment. The treatments were: 1) imidacloprid (recommended dose); 2) imidacloprid+Scorch; 3) imidacloprid+Torpedo π ; 4) imidacloprid (10% reduction of dosage)+Scorch; 5) imidacloprid (20% reduction of dosage)+Scorch; 6) imidacloprid (10% reduction of dosage)+Torpedo π ; 7) imidacloprid (20% reduction of dosage)+Torpedo π . Flonicamid was replaced by imidacloprid in the treatments 8 to 14. The control treatment (No. 15) was sprayed by water only. The efficacy was calculated using the Henderson and Tilton formula. Statistical analysis was performed using the SAS software (ver. 9.1). One row was considered as the distance between the experimental units. Two rows on either side of the greenhouse were also considered as margins.

Results and Discussion: The combine analysis of variance showed that interaction of treatment \times place was not significant, meaning that the experimental treatments had the same response in different locations. Therefore, the data were statistically analyzed based on this, without considering the locations (Urmia and Karaj). The results showed that both adjuvants were able to improve the efficacy of imidacloprid and flonicamid, as it was confirmed at all times after spraying. For example, three days after spraying, the efficacy of imidacloprid alone was estimated at 81.47%, while "imidacloprid + Torpedo" and "imidacloprid + Scorch" were estimated at 92.60% at 93.43%, respectively. Similarly, seven days after spraying flonicamid alone showed 87% efficiency, whereas the treatment of "flonicamid+Torpedo" and "flonicamid+Scorch" exhibited 94.34% and 95.31%, respectively. When Torpedo π was used in combination of reduced doses of imidacloprid, the efficacy was severely reduced. Thus, the addition of Torpedo π is not recommended with reduced doses of imidacloprid. Instead, adding the Scorch when reducing the imidacloprid dosage, the efficacy was remained as high. For example, three days after spraying, "Imidacloprid with 10% dose reduction + Scorch" and "Imidacloprid with 20% dose reduction + Scorch" treatments were 93.65% and 94.23% efficacy, respectively. Besides, by reducing the flonicamid dosage and adding both adjuvant, the efficiency was as high as to the treatment using the recommended dosage. For example, 14 days after spraying, flonicamid with 10% dose reduction + Scorch and

1 and 3- Assistant Research Professors at Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
(*- Corresponding Author Email: hmosalla@gmail.com)

2- Assistant Research Professor at Plant Protection Research Department, West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Urmia, Iran
DOI: 10.22067/JPP.2021.70680.1025

flonicamid with 20% dose reduction+ Scorch showed 93.94% and 93.48% efficacy, respectively. Our results can be important from both economic and environmental point of view, as the obtained results indicated that imidacloprid and flonicamid dosage can be reduced by 20%. However, it should be keep in mind that other factors, such as the price of adjuvants, are involved in their practical and field use by farmers, which should be taken into account.

Keywords: Adjuvants, *Aphis gossypii*, Efficacy, Imidacloprid, Flonicamid