ارزیابی کارآیی قارچ‌کش‌های آمتوکترادین + دیمتومورف (Orvego® SC 525) و ماندی‌پروپامید + دیفنوکونازول (Carial Star® SC 500) در کنترل بیماری سفیدک کرکی خیار با عامل *Pseudoperonospora cubensis*

الهه گرامی[۱]، حسین عظیمی[۲]* و فرید بیکی[۳]

۱. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران. ۲. بخش تحقیقات بیماری‌های گیاهی، موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج جهاد کشاورزی، تهران، ایران. ۳. آزمایشگاه آمل، موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج جهاد کشاورزی،مازندران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۱۷

چکیده

سفیدک کرکی با عامل *Pseudoperonospora cubensis* (Berkeley & Curtis) Rostovzev از بیماری‌های مهم خیار در اکثر مناطق کشت بویژه در کشت‌های گلخانه‌ای است. بمنظور ارزیابی کارآیی قارچ‌کش‌های جدید در کنترل این بیماری، آزمایشاتی در استان‌های تهران و مازندران در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۰ تیمار و چهار تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل آمتوکترادین + دیمتومورف (Orvego® SC 525) با دوزهای ۰/۶، ۰/۷ و ۰/۸ درهزار و ماندی‌پروپامید + دیفنوکونازول (Carial Star® SC 500) با دوزهای ۰/۵، ۰/۶ و ۰/۷ درهزار به عنوان قارچ‌کش‌های هدف، فلوپیکولید + پروپاموکارب هیدروکلراید (Infinito® SC 68.75%) با دوز ۲ درهزار و سیازوفامید (Ranman® SC 40%) با دوز ۰/۵ درهزار به‌عنوان قارچ‌کش‌های مرجع همراه با شاهدهای آب‌پاشی و بدون محلول‌پاشی بودند. محلول‌پاشی کرت‌های آزمایشی با مشاهده اولین علائم بیماری شروع و با فاصله ۷ روز چهار بار تکرار شد. ارزیابی کرت‌های آزمایشی در مرحله وقوع شدت بیماری با درجه ۹ در شاخص نمره‌دهی توماس و همکاران در کرت‌های شاهد آب‌پاشی، انجام شد. مقایسه میانگین درصد شدت بیماری به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن نشان داد دوزهای ۰/۷ و ۰/۸ درهزار اوروگو و دوز ۰/۷ درهزار کاریال‌استار به ترتیب ۸۰/۳، ۸۴/۷ و ۷۷/۲ درصد شدت بیماری را نسبت به شاهد آب‌پاشی کاهش دادند. در این مقایسه اینفینیتو و رانمن به عنوان قارچ‌کش‌های مرجع با ۶۶ و ۷۲/۸ و دوز ۰/۶ درهزار اوروگو با ۶۸/۴ درصد اثربخشی نسبت به شاهد آب‌پاشی در یک گروه آماری قرار گرفتند. کاریال‌استار ۰/۵ و ۰/۶ درهزار با ۵۳/۸ و ۶۱/۶ درصد اثربخشی در بالاترین گروه آماری به لحاظ شدت بیماری قرار گرفتند. هرچند نتایج این تحقیق نشان داد که دوز ۰/۷ درهزار اوروگو و کاریال‌استار به‌عنوان دوزهای ترجیحی برای استفاده در مدیریت بیماری سفیدک کرکی خیار با فاصله ۷ الی ۱۰ روز قابل توصیه هستند، ولی دوز ۰/۶ درهزار اوروگو نیز گزینه مناسبی برای اهداف کاهش مصرف سموم است.

واژه‌های کلیدی: کنترل شیمیایی، فلوپیکولید، پروپاموکارب، سیازوفامید، سفیدک کرکی، جالیز.

* **مسئول مکاتبات:** حسین عظیمی، hazimi61@yahoo.com

مقدمه:

یکی از مهم‌ترین گروه‌های گیاهی با بیش‌ترین گونه که توسط بشر به‌عنوان غذا مورد استفاده قرار می‌گیرد، گیاهان تیره کدوئیان هستند (Zohary *et al.*, 2012). محصول خیار بیش از ۵۰۰۰ سال است که به‌عنوان غذا مورد استفاده بشر بوده (Robinson and Decker-Walters, 1997) و بعد از گوجه‌فرنگی، کلم و پیاز رتبه چهارم را در بین سبزیجات از نظر سطح زیر کشت دارد (Tatlioglu, 1993). خیار گلخانه‌ای در بین پنجاه محصول کشاورزی که بیش‌ترین مقدار تولید را در جهان دارند، با تولید ۸۳/۷ میلیون تن، در رتبه بیست و چهارم قرار دارد. در بین کشورهای تولیدکننده خیار گلخانه‌ای، چین با بیش از ۶۴/۸ میلیون تن مقام اول و ایران با ۱/۹۸ میلیون تن مقام دوم را دارا هستند (Anonymous. 2019).

یکی از مهم‌ترین بیماری‌های خیار، سفیدک کرکی یا داخلی است که در اکثر مناطق کشت از اهمیت بالایی برخوردار است. این بیماری اولین بار توسط برکلی و کورتیس از کوبا در سال ۱۸۶۸ گزارش شد. گونه‌ی *Pseudoperonospora cubensis* که در بیش از ۴۰ گونه‌ی گیاهی از ۲۰ جنس از تیره کدوئیان ایجاد بیماری می‌کند (Cohen *et al.*, 2015)، عامل بیماری سفیدک کرکی در گیاهان مهم و اقتصادی این خانواده شامل خیار، طالبی، کدو و خربزه است (Colucci and Holmes, 2010). این بیمارگر تغییرات زیادی را در طول دهه گذشته داشته است به‌طوری‌که گزارشات شدت بیماری بالا و همه‌گیری گسترده، پیدایش ژنوتیپ‌ها، نژادها، پاتوتیپ‌ها و تیپ‌های سازگار از بیمارگر نسبت به گذشته افزایش پیدا کرده است (Cohen *et al.*, 2015). سفیدک کرکی کدوئیان در نواحی گرم، حاره‌ای و حتی نواحی نیمه خشک مثل برخی مناطق مدیترانه گسترش دارد ولی خسارت آن در نواحی گرم و مرطوب بیشتر است (Colucci and Holmes, 2010، Palti and Cohen, 1998). عامل بیماری در تمامی مراحل رشد میزبان را آلوده می‌سازد. اگر چه بیماری تنها قسمت‌های هوایی را آلوده می‌سازد ولی با کاهش سطح فتوسنتز بخصوص در مراحل اولیه رشد میزبان، موجب کاهش استقرار گیاه و کاهش محصول می‌گردد (Colucci and Holmes, 2010). مدیریت بیماری سفیدک کرکی گیاهان جالیزی متکی به استفاده تلفیقی از ارقام مقاوم و قارچ‌کش‌های موثر است (Cohen *et al.*, 2015).

در ایران، بیماری سفیدک کرکی اولین بار در سال ۱۳۴۳ توسط اسکندری روی خیار در مزارع گیلان و مازندران مشاهده شد (Etebariyan, 2008). مدیریت بیماری از طریق استفاده از ارقام مقاوم، کنترل زراعی، پیش‌آگاهی و ردیابی هفتگی علائم بیماری، استفاده از قارچ‌کش‌های محافظتی با دامنه اثر گسترده قبل از بروز بیماری و قارچ‌کش‌های معالجه کننده با دامنه اثر محدود بعد از بروز علائم اولیه بیماری است (McGrath, 2006). هرچند مقاومت به این بیماری در خیار بیشتر از سایر گیاهان خانواده کدوئیان در دسترس است ولی اکثر ارقام تجاری مقاومت کافی در مقابل این بیماری را ندارند (McGrath, 2006). ایجاد تهویه کافی بین ردیف‌های کاشت، اجتناب از کاشت در سایه، اجتناب از آبیاری در اوایل صبح که برگ‌ها دارای شبنم هستند و نیز پایان روز به‌طوری‌که گیاه فرصت کافی برای خشک‌شدن قبل از تشکیل شبنم داشته باشد و استفاده کودی متعادل از روش‌های زراعی برای کاهش بیماری است (McGrath, 2006). عامل بیماری اغلب از طریق باد از مناطق آلوده و یا مناطقی که بیمارگر قادر به زمستان‌گذرانی است منتقل می‌شود. جهت حرکت باد و شرایط مساعد محیطی در وقوع بیماری نقش مهمی دارند. بنابراین از اطلاعات مربوط به این دو عامل برای پیش‌آگاهی بیماری استفاده می‌شود (McGrath, 2006).

قارچ‌کش‌های کلروتالونیل[۱]، مانب و قارچ‌کش‌های معدنی با پایه مس به‌عنوان قارچ‌کش‌های محافظتی برای پیش‌گیری از بیماری سفیدک کرکی کدوئیان استفاده می‌شوند. تحقیقات انجام یافته در کارولینای شمالی آمریکا نشان داد که کلروتالونیل تاثیر بهتری در مقایسه با مانب و قارچ‌کش‌های مسی در محافظت و پیشگیری از بیماری دارد (McGrath, 2006). استفاده از قارچ‌کش‌هایی با ماده موثره‌ی سیستمیک روی اومیست‌ها[۲] پس از مشاهده اولین علائم بیماری هر ۷-۵ روز یک‌بار توصیه می‌شود. هم‌چنین توصیه‌شده که چنانچه قارچ‌کش‌های فرموله‌شده با دو ماده موثره حفاظت و درمان‌کننده در دسترس نباشند با اختلاط آنها درون تانک سم‌پاش از ترکیب این دو گروه از قارچ‌کش‌ها استفاده شود (McGrath, 2006). قارچ‌کش‌های سیموکسانیل[۳] + مانکوزب، فاموگسادون[۴] + سیموکسانیل، دیمتومورف[۵]، مانکوزب + زوخامید[۶]، قارچ‌کش‌های جدید فسفریک‌اسید شامل فوسترول[۷]®، پروفیت[۸]® و فسفیت[۹]®، پروپاموکارب[۱۰] (Previcur Flex® 66.5%)، سیازوفامید[۱۱] (Ranman® SC 400) برای استفاده در مدیریت بیماری سفیدک کرکی جالیز توصیه شده‌اند (McGrath, 2006). در تحقیقی قارچ‌کش‌های مانب + گوگرد، مانکوزب و کلروتالونیل در پیش‌گیری از وقوع بیماری و نیز قارچ‌کش سیستمیک پروپاموکارپ هیدروکلراید در پیش‌گیری از تولید اسپورانژ و زئوسپور و در نتیجه پیش‌گیری از گسترش بیماری موثر گزارش شده است (Sherf and Macnab, 1986). فانی و همکاران (Fani *et al*., 2014) اثر قارچ‌کش سیازوفامید (Ranman® SC 400) را در کنترل سفیدک کرکی خیار در کشت‌های گلخانه‌ای در سه منطقه از استان یزد آزمایش و مقدار ۲۰۰ و ۲۵۰ میلی‌لیتر در هکتار از این قارچ‌کش را موثر گزارش کرده‌اند. شهریاری و همکاران اثر قارچ‌کش‌های فلوپیکولید[۱۲] + پروپاموکارب هیدروکلراید (Infinito®)، ماندی‌پروپامید[۱۳] (Revus®) و کوپر + متالاکسیل ام (Ridomil® Gold Plus WP 44%) را در کنترل بیماری سفیدک کرکی خیار در کشت گلخانه‌ای و زیر پلاستیک مورد بررسی قرار داده و قارچ-کش اینفینیتو را در کنترل بیماری موثر معرفی کرده‌اند (Shahriyari *et al*., 2013).

نظر به اهمیت تولید محصول سالم و پیش‌گیری از بروز مقاومت بر اثر کاربرد مکرر قارچ‌کش‌های آلی، استفاده از قارچ‌کش‌های سازگار با محیط زیست و سالم و نیز مدیریت استفاده از قارچ‌کش‌های آلی با نقطه اثر و مکانیسم تاثیر متفاوت و چندگانه در برنامه‌های مدیریت کنترل این بیماری ضروری است. همچنین استفاده تازه‌خوری و برداشت تدریجی و تقریبا روزانه خیار اهمیت باقیمانده سموم آفت‌کش و از جمله سموم قارچ‌کش را در این محصول برجسته می‌سازد و ضرورت استفاده از قارچ‌کش‌های موثر کم‌مصرف و کم‌خطر را اجتناب ناپذیر می‌سازد. دسترسی تولیدکنندگان به قارچ‌کش‌های موثر از گروه‌های شیمیایی متنوع ضمن کمک به کشاورزان در جهت کاهش خسارت اقتصادی ناشی از بیماری امکان بروز مقاومت در بیمارگر به قارچ‌کش‌ها را کاهش می‌دهد.

۱ chlorothalonil
۲ *Oomycetes*
۳ cymoxanil
۴ famoxadone
۵ dimethomorph
۶ zoxamide
۷ fostrol
۸ profit
۹ phosphyte
۱۰ propamocarb
۱۱ cyazofamid
۱۲ fluopicolide
۱۳ mandipropamid

قارچ‌کش آمتوکترادین[۱] + دیمتومورف (Orvego® SC 525) تولید شرکت BASF برای کنترل بیماری سفیدک کرکی خیار معرفی شده است. آمتوکترادین که از گروه شیمیایی تریازول-پیریمیدیلامین[۲] است که با اثر روی کمپلکس III زنجیره تنفسی (MoA[۳]=C8)، دارای یک نقطه اثر بوده و از نظر ریسک بروز مقاومت در گروه متوسط تا بالا قرار دارد. بنابراین مدیریت اجتناب از بروز مقاومت در استفاده از آن ضروری است (FARC=45). دیمتومورف از گروه شیمیایی سینامیک اسید آمیدها[۴] بوده از طریق سنتز دیواره سلولی (با سنتز سلولاز) (MoA=H5)، از نظر ریسک بروز مقاومت در گروه پایین تا متوسط قرار دارد (FARC=40) (Anonymous, 2020).

قارچ‌کش ماندی‌پروپامید + دیفنوکونازول (Carial Star® SC 500) تولید شرکت سینجنتا از خانواده ماندل‌آمیدها[۵] و تریازول‌ها[۶] برای اولین بار در سال ۲۰۱۳ ثبت شد. این ترکیب دارای ۲۵۰ گرم دیفنوکونازول و ۲۵۰ گرم ماندی‌پروپامید در هر لیتر است. دیفنوکونازول از گروه شیمیایی تریازول‌ها است و از طریق تاثیر در سنتز استرول در غشاء سلولی اثر می‌کند (MoA=3). دیفنوکونازول دارای خاصیت سیستمیک است که به سرعت از طریق برگ و ساقه به قسمت‌های سبز گیاه نفوذ می‌کند و در گیاه ذخیره می‌شود. دیفنوکونازول به صورت پیش‌گیرانه (محافظتی) و درمان‌کننده عمل و بیماری را متوقف می‌کند. این قارچ‌کش دارای ریسک متوسط از نظر بروز مقاومت است (FARC=3) (https://www.frac.info). ماندی‌پروپامید از گروه شیمیایی ماندلیک اسید آمیدها[۷] است و از طریق تاثیر در سنتز دیواره سلولی عمل می‌کند (MoA=40) و مانع از جوانه‌زنی اسپور و رشد میسلیوم در طی دوره کمون بیماری می‌شود. درصد بالایی از ماندی-پروپامید در لایه موم جذب می‌شود و بنابراین مقاومت بسیار خوبی در برابر شستشوی بعد از استفاده دارد. ماندی-پروپامید دارای فعالیت سیستمیک دوطرفه است که منجر به توزیع یکنواخت آن در روی هر دو سطح برگ می‌شود. کریال استار قارچ‌کشی برای کنترل بیماری‌های ناشی از قارچ‌های اوومیست‌ها، آسکومیست‌ها[۸] و دئوترومیست‌ها[۹] است. این قارچ‌کش دارای تاثیر محافظتی و پیش‌گیری کنندگی متوسط علیه بیماری لکه‌موجی[۱۰] با عوامل *Alternaria solani* (Ellis & G. Martin) L. R. Jones & Grout و *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl) دارای تاثیر معالجه‌کنندگی روی بیماری سفیدک دروغی سیب-زمینی[۱۱] است.

در این تحقیق، کارآیی قارچ‌کش‌های ماندی‌پروپامید + دیفنوکونازول (Carial Star® SC 500) تولید شرکت Syngenta و آمتوکترادین + دیمتومورف (Orvego® SC 525) تولیدی شرکت BASF در کنترل بیماری سفیدک کرکی خیار در استان‌های تهران (ورامین) و مازندران (آمل) بررسی شد.

مواد و روش‌ها:

به منظور اجرای آزمایش، گلخانه‌هایی در استان‌های تهران (ورامین) و مازندران (آمل) انتخاب و از ارقام متداول هر منطقه اجرا که حساس به بیماری سفیدک کرکی بودند استفاده شد. به‌طوری‌که در استان تهران بذر رقم سوپر سلطان و در استان مازندران بذر رقم ویکتور که حساس به بیماری است (Azimi and Beiki, 2018) در سینی‌های نشاء حاوی بستر پیت‌ماس کشت و در مرحله برگ کوتیلدون به زمین اصلی منتقل گردید. در هر گلخانه آزمایشی، کرت‌های آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های

۱ ametoctradin
2 Triazolo- pyrimidylamine
۳ Mod of Action
۴ cinnamic acid amides
۵ mandelamides
۶ triazoles
۷ mandelic acid amides
۸ *Ascomycetes*
۹ *Deutromycetes*
۱۰ Early blight
۱۱ Late blight

کامل تصادفی با ۱۰ تیمار و چهار تکرار انتخاب گردیدند. هر کرت آزمایشی شامل ۱۰ بوته با فاصله ۲۵ سانتی‌متر روی ردیف‌هایی به فاصله ۵۰ سانتی‌متر بودند. بوته‌ها هدایت و آبیاری و تغذیه بوته‌ها و نیز مراقبت‌های ضروری انجام گرفت. در این آزمایش تاثیر مقادیر مختلف قارچ-کش‌های ماندی‌پروپامید + دیفنوکونازول (Carial Star® SC 500) و آمتوکترادین + دیمتومورف (Orvego® SC 525) در کنترل بیماری سفیدک کرکی خیار مورد بررسی قرار گرفتند. تیمارهای آزمایش شامل دوزهای ۰/۵، ۰/۶ و ۰/۷ در هزار کاریال استار، دوزهای ۰/۶، ۰/۷ و ۰/۸ در هزار اوروگو به عنوان قارچ‌کش‌های هدف، دوز دو درهزار اینفنیتو و دوز ۰/۵ درهزار رانمن به عنوان قارچ-کش‌های مرجع همراه با شاهدهای آب‌پاشی و بدون محلول‌پاشی بودند.

با مشاهده اولین علایم بیماری، تیمار کرت‌های آزمایشی بصورت محلول‌پاشی با استفاده از سم‌پاش برقی ۲۰ لیتری با نازل مخروطی انجام گرفت. برای تهیه محلول قارچ‌کش از آب شرب هر محل استفاده گردید. میزان آب برای هزار مترمربع خیار گلخانه‌ای محاسبه گردید. محلول‌پاشی با تیمارها هر ۷ روز تا رسیدن تیمار شاهد با آب‌پاشی به شاخص شدت بیماری ۹ در سیستم نمره‌دهی توماس و همکاران (Thomas *et al.*, 1987) ادامه یافت. بدین منظور چهار نوبت محلول‌پاشی با تیمارها انجام گرفت.

برای ارزیابی بیماری، یک هفته پس از آخرین محلول-پاشی از هر کرت آزمایشی ۱۰ بوته و از هر بوته یک برگ به تصادف انتخاب و ارزیابی شدت بیماری براساس معیار اصلاح شده‌ی نمره‌دهی توماس و همکاران (Thomas *et al.*, 1987) به شرح جدول ۱ صورت گرفت.

جدول ۱- الگوی اصلاح شده توماس و همکاران (Thomas *et al.*, 1987)، مورد استفاده برای ارزیابی شدت بیماری سفیدک داخلی.

Table 1. The modified pattern used for disease severity of cucumber downy mildew disease scaling based on Thomas *et al.* (1987).

Score	Symptoms description
1	No symptom
3	Visual spots without sporangium formation (incompatible)
5	Visual spots with a few sporangium (compatible)
7	Visual spots with scattered sporangium (5×10^3 spores per square cm of spot)
9	Spots covered the leaf surface (highly compatible) with a lot of sporangium (5×10^4 spores per square cm of spot)

* Compatible sporangium in lower leaf spots is tracked by presence of watersoaking margin. It is revealed that disease is developing.

* اسپورانژهای فعال در لکه‌های سطح زیرین برگ با حاشیه آب سوخته شناخته می‌شوند که نشانه ادامه گسترش بیماری است.

شدت بیماری در هر برگ بر اساس شاخص ۱ تا ۹ تعیین و درصد شدت بیماری با استفاده از فرمول زیر برای هر کرت محاسبه شد.

$$DS = \left(\frac{\sum n_i \times v_i}{N \times V}\right) \times 100$$

در این فرمول DS شدت بیماری، ni تعداد برگ‌های با نمره مشابه، vi نمره بیماری از ۹-۱ برای هر برگ، N تعداد کل برگ‌های مورد ارزیابی، V بالاترین نمره بیماری (۹) است. بنابراین در صورتی که سطح هر برگ مورد بررسی کاملا آلوده باشد (نمره ۹) و شدت بیماری محاسبه شده برابر با ۱۰۰ خواهد بود.

داده‌های حاصل از شدت بیماری در هر کرت با استفاده از نرم افزار آماری SAS تجزیه واریانس و میانگین داده‌ها با

استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

اثربخشی تیمارها در کاهش بیماری سفیدک کرکی خیار در مقایسه با شاهد آب‌پاشی با استفاده از فرمول ذیل محاسبه شد (Azimi, 2014).

$$ef = 100 - \left(\frac{\bar{x}t}{\bar{x}c} \times 100\right)$$

در این فرمول ef اثربخشی تیمار، $\bar{x}$t میانگین درصد شدت بیماری تیمارها و $\bar{x}$ c میانگین درصد شدت بیماری در بوته‌های شاهد است.

نتایج:

تجزیه مرکب داده‌های حاصل از ارزیابی درصد شدت بیماری در دو مکان اجرا شامل استان‌های مازندران (آمل) و تهران (ورامین) نشان داد بین تیمارها و بین مکان‌ها اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ وجود دارد ولی در اثر متقابل تیمار و مکان اختلاف معنی‌دار وجود ندارد (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب مکان درصد شدت بیماری در استان‌های مازندران (آمل) و تهران (ورامین).

Table 2. Location combined analysis of variance (ANOVA) disease severity percent at Mazandaran (Amoul) and Tehran (Varamin).

Source	Df	Mean square	F-value
Location	1	2205.00	47.58**
Block (Location)	6	89.69	1.94 ns
Treat	9	4512.82	38.97**
Treat × Location	9	85.66	1.85ns
Error	54	46.34	-
CV%	19.62		

**اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ وجود دارد.، ns: اختلاف معنی‌دار وجود ندارد.

** Significant at 1% Level, ns: not significant

مقایسه میانگین مرکب درصد شدت بیماری در دو مکان اجرا به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن نشان داد دوزهای ۰/۷ و ۰/۸ درهزار قارچ‌کش اوروگو و دوز ۰/۷ درهزار قارچ‌کش کریال استار به ترتیب با ۱۶/۱۱، ۱۲/۵ و با ۱۸/۶۱ درصد میانگین شدت بیماری بیش‌ترین تاثیر را در کنترل بیماری سفیدک کرکی خیار در بین تیمارهای آزمایش داشته است و در پایین‌ترین گروه آماری به لحاظ درصد شدت بیماری قرار گرفته است. هم‌چنین تیمارهای دو درهزار قارچ‌کش اینفینیتو و ۰/۵ درهزار قارچ‌کش رانمن به‌عنوان قارچ‌کش‌های مرجع به ترتیب با میانگین شدت بیماری ۲۷/۷۸ و ۲۲/۲۲ درصد و دوز ۰/۶ درهزار قارچ‌کش اوروگو با میانگین شدت بیماری ۲۵/۸۳ درصد در یک گروه آماری قرار گرفتند. دوزهای ۰/۵ و ۰/۶ درهزار قارچ‌کش کاریال استار به‌ترتیب با میانگین شدت بیماری ۳۷/۷۸ و ۳۱/۳۹ درصد کم‌ترین تاثیر را در کنترل بیماری داشته و در بالاترین گروه آماری قبل از تیمارهای شاهد محلول‌پاشی با آب و شاهد بدون محلول‌پاشی قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها هم‌چنین نشان داد بین تیمارهای شاهد محلول‌پاشی با آب و بدون محلول‌پاشی نیز اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ وجود دارد و هر کدام در گروه‌های آماری جدا قرار گرفتند (جدول ۳).

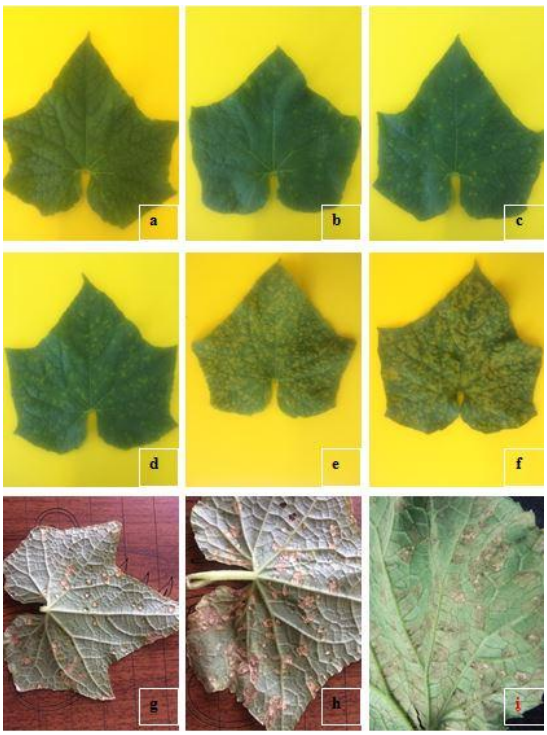
جدول ۳- مقایسه میانگین مرکب درصد شدت بیماری سفیدک داخلی خیار به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن و درصد اثر بخشی تیمارها.

Table 3. Combined mean comparison of the average disease severity of cucumber downy mildew by Duncan Multiple Range Tests and percent of treatments efficacy.

Treatment	Disease Severity%**	Efficacy (%)
Water sprayed control	81.67a	-
No spraying control	73.06b	10.6
Carial Star® 0.5 ml/L^{-1}	37.78c	53.8
Carial Star® 0.6 ml/L^{-1}	31.39cd	61.6
Infinito® 2 ml/L^{-1}	27.78de	66
Orvego® 0.6 ml/L^{-1}	25.83de	68.4
Ranman® 0.5 ml/L^{-1}	22.22ef	72.8
Carial Star® 0.7 ml/L^{-1}	18.61fg	77.2
Orvego® 0.7 ml/L^{-1}	16.11fg	80.3
Orvego® 0.8 ml/L^{-1}	12.50g	84.7

میانگین‌هایی با حروف مشابه در هر ستون تفاوت آماری معنی‌داری با یکدیگر در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

The means with same letter in each column statistically was not found significant at the level of 5%.



شکل ۱- علائم بیماری سفیدک داخلی در خیار، الگوی اصلاح شده‌ی تعیین شدت بیماری سفیدک داخلی خیار در آزمایشات بر اساس روش نمره‌دهی توماس و همکاران (Thomas *et al.*, 1987)، a) برگ فاقد آلودگی، b, c, d, e, f) علائم با شدت آلودگی متفاوت، g) علائم بیماری در سطح زیرین برگ که در آن لکه‌ها کم تا متوسط و جدا از هم و با حاشیه آب‌سوخته که نشانگر فعال‌بودن بیمارگر است.، h) علائم بیماری در سطح زیرین برگ با لکه‌های زیاد و پیوسته ولی غیر فعال، i) لکه‌های پیشرفته با حاشیه آب‌سوخته که نشانگر فعال‌بودن بیمارگر است.

Figure 1. Symptoms of downy mildew disease on cucumber. Determination of disease severity of cucumber downy mildew modified scales based on Thomas *et al.* (1987), a) symptomless leaf., b,c,d,e,f) Symptoms with different disease severity., g) Visual spots with a few sporangium (compatible), h) Visual spots without sporangium formation (incompatible), i) A closer view of spots with watersoaking margins which indicates the percense of activated pathogen.

بحث:

مقایسه اثربخشی تیمارها در این تحقیق نشان داد که قارچ‌کش های آمتوکترادین + دیمتومورف (Orvego® SC 525) و ماندی‌پرو پامید + دیفنوکونازول (Carial Star® SC 500) در کنترل بیماری سفیدک کرکی خیار موثر هستند. این مقایسه دوزهای ۰/۷ و ۰/۸ درهزار قارچ‌کش اوروگو و دوز ۰/۷ درهزار قارچ‌کش کاریال استار را به ترتیب با ۸۰/۳، ۸۴/۷ و ۷۷/۲ درصد کاهش بیماری نسبت به شاهد آب‌پاشی به‌عنوان برترین تیمارهای آزمایش تایید می‌کند. هرچند دوز ۰/۶ درهزار قارچ‌کش اوروگو نیز با ۶۸/۴ درصد کاهش بیماری نسبت به شاهد آب‌پاشی هم‌سطح قارچ‌کش‌های فلوپیکولید + پروپاموکارب هیدروکلراید (Infinito® SC 68.75%) با دوز دو درهزار و سیازوفامید (Ranman® SC 40%) با دوز ۰/۵ درهزار به‌عنوان قارچ‌کش‌های مرجع که به ترتیب ۶۶ و ۷۲/۸ درصد بیماری را نسبت به شاهد با آب‌پاشی کاهش دادند اثربخشی داشت.

قارچ‌کش اوروگو از ۳۰۰ گرم آمتوکترادین و ۲۲۵ گرم دیمتومورف بعلاوه مواد همراه تشکیل شده است. دوره کارنس اوروگو در خیار یک روز و مقدار LD_{50} آن از طریق دهانی و پوست به ترتیب ۵۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن است. آمتوکترادین از گروه شیمیایی جدید تریازول-پیریمیدیلامین برای کنترل بیماری‌های سفیدک داخلی مثل سفیدک داخلی تاک، سفیدک دروغی سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی و سفیدک کرکی گیاهان جالیزی توسط شرکت BASF معرفی شده است (Merk *et al.*, 2010). دیمتومورف از گروه شیمیایی سینامیک اسید آمیدها در سال ۱۹۸۸ بعنوان قارچ‌کش سیستمیک جدید با اثرات حفاظتی، درمان‌کنندگی و جلوگیری از اسپورزایی اعضای *Pernosporaceae* و جنس *Phytophthora* معرفی شده است (Cohen *et al.*, 1995). در تحقیقی کارآیی اوروگو در کنترل بیماری سفیدک دروغی سیب‌زمینی (Tegge *et al.*, 2011) و بیماری سفیدک داخلی تاک (Trajčevski, 2015) تایید شده است. در تحقیقی دیگر کارآیی اوروگو در کنترل بیماری‌های سفیدک دروغی سیب‌زمینی، سفیدک داخلی تاک و سفیدک کرکی گیاهان جالیزی تایید و به پیدایش جمعیت‌های مقاوم به آن اشاره شده است (Cohen *et al.*, 1995). در مطالعاتی که در هندوستان انجام شده است، تاثیر قارچ‌کش‌های اوروگو با مقدار مصرف ۸۰۰ میلی‌لیتر و یک لیتر در هکتار، دی متومورف 50% WP با مقدار مصرف یک لیتر در هکتار، مانکوزب 75% WP با مقدار مصرف دو کیلوگرم در هکتار، سیموکسانیل + مانکوزب 72% WP با مقدار مصرف ۱/۵ کیلوگرم در هکتار و آمتوکترادین 25% SC با مقدار مصرف ۲/۵ لیتر در هکتار روی بیماری سفیدک داخلی خیار بررسی و تاثیر ضعیف دی‌متومورف و سیموکسانیل + مانکوزب در کنترل بیماری به احتمال بروز مقاومت در بیمارگر به این قارچ‌کش‌ها نسبت داده شده است (Ravikumar and Navi, 2017). نتایج حاصل از مطالعه حاضر که موثربودن قارچ‌کش اوروگو را در کنترل بیماری سفیدک کرکی خیار تایید می‌کند با نتایج محققین قبلی در انطباق است.

قارچ‌کش کاریال استار از خانواده تریازول دارای ۲۵۰ گرم دیفنوکونازول و ۲۵۰ گرم ماندی‌پروپامید در هر لیتر است. دوره کارنس کاریال استار در گیاهان جالیزی یک روز و مقدار LD_{50} آن از طریق دهانی ۲۹۵۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن و از طریق پوست بیش از ۵۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن است. دیفنوکونازول از گروه شیمیایی تریازول‌ها بوده از طریق بازدارندگی در سنتز لیپید (استرول) و تشکیل غشاء سلولی اثر می‌کند (MoA=40). این قارچ‌کش دارای ریسک متوسط از نظر بروز مقاومت است (FARC=3).

طول نیمه عمر آن در آب یک روز و در خاک ۱۸۷-۱۴۹ روز است. ماندی پروپامید از گروه شیمیایی ماندلیک اسید آمیدها[۱] بوده از طریق بازدارندگی در سنتز استرول دیواره سلولی عمل می‌کند (MoA=3). طول نیمه عمر آن در آب ۴/۵ الی ۲۶ روز و در خاک ۲۶ الی ۱۷۸ روز است (Anonymous, 2013).

اثر قارچ‌کش‌های ماندی‌پروپامید و دیمتومورف از گروه کربوکسیلیک اسید آمیدها در کنترل بیماری سفیدک کرکی خیار بررسی و مقدار اثر آنها متوسط تا بالا ارزیابی شده است (Ojiambo *et al.*, 2010). در تحقیقی با مشارکت مرکز مطالعات حفظ نباتات سینجنتا در سوئیس و انستیتو تحقیقات کشاورزی اسکاتلند (SCRI [۲]) مشکلات رصد مکانیسم‌های اثر قارچ‌کش‌های موثر بر روی شبه قارچ‌های اوومیست بررسی شده است. در این تحقیق ضمن تایید کارآیی ماندی‌پروپامید در کنترل بیماری سفیدک داخلی تاک (*Plasmopara viticola*) و سفیدک دروغی سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی، روشی برای تشخیص مکانیسم اثر این قارچ‌کش توصیف شده است (Blum *et al.*, 2010). طی مطالعاتی در اسپانیا، مکانیسم‌های تاثیر قارچ‌کش‌های سیازوفامید، فاموگسادون، والیفنالت[۳] و ماندی‌پروپامید روی اامیست‌ها بررسی شد. نتایج این تحقیق قارچ‌کش‌های مورد مطالعه را به‌عنوان قارچ‌کش‌های موثر در کنترل بیماری سفیدک داخلی تاک معرفی کرد (González-Arvarez *et al.*, 2011). در تحقیقی دیگر تاثیر قارچ‌کش‌های دیمتومورف، اینفینیتو و ماندی‌پروپامید در کنترل بیماری سفیدک داخلی خیار بررسی شد. نتایج این تحقیق نشان دادند که تمام قارچ‌کش‌های آزمایش شده به‌طور معنی‌داری درصد شدت بیماری را نسبت به شاهد کاهش دادند (Bhat *et al.*, 2018). این منابع نتایج حاصل از تحقیق حاضر را "که قارچ‌کش کاریال استار با مواد موثره دیمتومورف و ماندی‌پروپامید را در کنترل بیماری سفیدک کرکی خیار موثر معرفی می‌کند" تایید می‌کنند. بدون شک حضور قارچ‌کش‌های مطالعه‌شده در این تحقیق در سبد سموم سبزی و صیفی کشور "که از ترکیبات جدید ارائه‌شده در دنیا برای استفاده در مدیریت بیماری‌های سفیدک داخلی از جمله سفیدک کرکی خیار هستند" در مدیریت این بیماری مفید خواهد بود. استفاده بهنگام از قارچ‌کش‌ها با مکانیسم‌های تاثیر اختصاصی بخصوص موقعی که قارچ‌کش اختلاط دو قارچ‌کش با مکانیسم و نقطه تاثیر متفاوت باشد، معمولا" کنترل مطمئنی از بیماری هدف را فراهم و از بروز جمعیت‌های مقاوم جلوگیری می‌نماید. نتایج این تحقیق نشان داد دوز ۰/۷ درهزار، دوز مناسب برای ثبت قانونی قارچ‌کش‌های اوروگو و کاریال استار است.

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که قارچ‌کش‌های اوروگو و کاریال استار با دوز ۰/۷ درهزار برای فاصله سم‌پاشی ۷ روز به‌صورت محلول‌پاشی‌ها کنترل مناسبی از بیماری سفیدک کرکی خیار را به همراه دارد. تغییر فاصله محلول‌پاشی بستگی به شرایط محیطی دارد. با توجه به این‌که گسترش بیماری نیازمند رطوبت نسبی بالا (میانگین رطوبت نسبی بالای ۸۵ درصد در طول روز) و شبنم آزاد در سطح میز بان، همز مان با در جه حرارت مناسب (میانگین در جه حرارت در طول روز ۱۵ الی ۲۵ در جه سانتی‌گراد) ا ست، با فراهم شدن این شرایط باید فا صله محلول پاشی در حداقل خود، هفت روز در نظر گرفته شود. قارچ‌کش‌های اوروگو و کاریال استار دارای دوره کارنس یک روزه در گیاهان جالیزی هستند. بنابراین تنظیم برداشت محصول به‌صورت یک روز در میان در استفاده از این قارچ‌کش‌ها میسر است.

---

۱ mandelic acid amides

۲ Scottish Crop Research Institute

۳ valifenalate

بیماری سفیدک کرکی خیار همواره در کشت های مزرعه‌ای و گلخانه‌ای شیوع می‌یابد، لذا توصیه می شود با بازدیدهای مرتب از مزارع و گلخانه‌ها، با مشاهده اولین علائم بیماری محلول‌پاشی را با قارچ‌کش‌های ثبت‌شده در کشور و با مقدار مصرف توصیه‌شده به‌صورت متناوب انجام و حسب سرعت گسترش بیماری هر ۷ الی ۱۴ روز تا توقف گسترش بیماری تکرار گردد.

توصیه می‌شود برای اجتناب از بروز مقاومت در جمعیت های بیمارگر نسبت به قارچ‌کش اوروگو و کاریال استار، از استفاده بیش از دو نوبت متوالی و ۴ نوبت در یک دوره‌ی تولید از این قارچ‌کش‌ها خودداری شود.

References:

Ahmadi, K., Gholizadeh, H., Ebadzadeh, H. R., Hatami, F., Hosseinpour, R., Abdeshah, H., Rezaee, M. M. and Fazli-Estabragh, M. 2017. Agricultural Statistics of Iran, Information and Communication Technology Center, Planing and Economic Affair, Ministry of Agriculture-Jahad, Volume 3, 239 pp.

Anonymous. 2020. Fungicide Resistance Action Committee. Available at: https://www.frac. info/ [Accessed on March 11, 2020]

Anonymous. 2019. List of countries by cucumber production. From Wikipedia, the free encyclopedia, Available at: https://en. wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_cucumber_production [Accessed on March 14, 2020]

Anonymous. 2013. Carial Star, Safety Data Sheet. Available at: https : //www. syngenta. co.uk/sites/g/files/zhg151/f/carial_star_clpv6. pdf?token=1511171806 [Accessed on March 11, 2020]

Azimi, H. and Beiki-FiruzChaee, F. 2018. Assessment of efficacy of cyazofamid (Regnant® SC 20%) and pyraclostrobin plus dimethomorph (Piradim® DF 18.7%) fungicides in the control of downy mildew of cucumber. Iranian Research Institute of Plant Protection, Final Report No: 54907. 25 pp.

Azimi, H. 2014. Effect of chlorothalonil and famoxadone + cymoxanil in control of early blight disease of tomato under field conditions. Applied Research in Plant Protection. 3(1): 35-48.

Bhat, J. A., Rashid, R., Dar, W. A. and Bhat, R. A. 2018. Efficacy of different fungicide for the management of downy mildew of cucumber grown under low plastic tunnel. International Journal Pure Applied Bioscience. 6(2): 884-890.

Blum, M., Boehler, M., Randall, E., Young, V., Csukai, M., Kraus, S., Moulin, F., Scalliet, G., Avrova, A. O., Whisson, S. C. and Fonne-Pfister, R. 2010. Mandipropamid targets the cellulose synthase-like PiCesA3 to inhibit cell wall biosynthesis in the Oomycete plant pathogen, *Phytophthora infestans*. Molecular Plant Pathology, Available at: https: //onlinelibrary .wiley.com/doi/ full/10. 1111/j.1364-3703.2009.00604.x [accessed on January 24, 2020]

Cohen, Y., Baider, A. and Cohen, B. H. 1995. Dimethomorph activity against Oomycete fungal plant pathogens. Phytopathology. (85): 1500-1506.

Cohen, Y., van den Langenberg, K. M., Wehner, T. C., Ojiambo, P. S., Hausbeck, M., Quesada-Ocampo, L. M., Lebeda, A., Sierotzki, H. and Gisi, U. 2015. Resurgence of *Pseudoperonospora cubensis*: The causal agent of cucurbit downy mildew. Phytopathology. 105(7): 998-1012.

Colucci, S. J. and Holmes, G. J. 2010. Downy Mildew of Cucurbits. The Plant Health Instructor. DOI: 10.1094/PHI-I-2010-0825-01, [Accessed on January 24, 2020]

Etebarian, H. R. 2008. Vegetable Diseases and their Control. Tehran University (ed.), 600 pp.

Fani, R., Moradi, M., Esmailzadeh-Hosseini, A., Dashtekian, K. and Sarpeleh, A. 2014. Efficacy of cyazofamid (SC 400) fungicide in the control of downy mildew of greenhouse cucumber. Pesticides in Plan Protection Sciences. 1(2): 103-114.

González-Álvarez, M., González-Barreiro, C., Cancho-Grande, B. and Simal-Gándara, J. 2011. Impact of phytosanitary treatments with fungicides (cyazofamid, famoxadone, mandipropamid and valifenalate) on aroma compounds of *Godello* white wines. Food Chemistry. 131(3): 826-836.

McGrath, M. T. 2006. Update on Managing Downy Mildew in Cucurbits. Vegetable MD Online, Long Island Horticultural Research

and Extension Center. http:// vegetablemd online. ppath.cornell.edu/News Articles/ Cuc_ Downy.htm#Top [Accessed on January 24, 2020]

Merk, M., Gold, R. E., Schiffer, H., Levy, T., Frechen, T. and Saramago, J. 2010. Initium®: a new innovative fungicide of a new chemical class for the control of late blight and downy mildew diseases. ISHS Acta Horticulturae 917: 28th International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC 2010): International Symposium on Plant Protection, Lisbon, Portugal. Acta Hortic. (917): 143-148.

Ojiambo, P. S., Paul, P. A. and Holmes, G. J. 2010. A quantitative review of fungicide efficacy for managing downy mildew in cucurbits. Phytopathology. 100(10): 1066-1076.

Palti, J. and Cohen, Y. 1980. Downy mildew of cucurbits (*Pseudoperonospora cubensis*): The fungus and its hosts, distribution, epidemiology and control. Phytoparasitica. (8):109–147.

Ravikumar, M. R. and Navi, V. 2017. Bioefficacy of ametoctradin and dimethmorph against downy mildew disease of cucumber. International Journal Current Microbiology Applied Science. 6(9): 1874-1882.

Robinson, R. W. and Decker-Walters, D. S. 1997. Cucurbits. CAB International, NY. Page 226. [Accessed on January 24, 2020]

Shahriyari, D., Nasr-e Esfahani, M. and Dehgani, A. 2013. Aditional study on effects of Infinito, Revus and Ridomil-Gold plus fungicides on downy mildew disease of cucumber on protected cultures. Final Report of IRIPP, https://www.civilica.com/R/9459 [Accessed on January 24, 2020]

Sherf, A. F. and Macnab, A. A. 1986. Vegetable Diseases and their Control. Wiley Interscience, New York. 728 pp.

Tatlioglu, T. 1993. Cucumbers, Genetic Improvement of Vegetable Crops. in Kalloo, G. and Bergh, B. O. eds. Pergamon Press, New South Wales, Australia.

Tegge, V., Erven, T., Kiers, E., Kruts, M., Murray, A. and Brix, H. D. 2011. Recommendations and field performance of Initium® based products against *Phytophthora infestans* in potato. 13th EuroBlight Workshop St. Petersburg (Russia), 9-12 October 2011, pp. 119-122.

Thomas, C., Indaba, T. and Cohen, Y. 1987. Physiological and specialization in *Pseudoperonospora cubensis*. Phytopathology. (77): 1621-1624.

Trajčevski, T. 2015. Contribution to the study of the efectiveness of newer fungicides to protec grapevine from downy mildew (*Plasmopara viticola*). Glasnik Zaštite Bilja. 38(6): 57-57. Retrieved from https://hrcak.srce.hr/162326 [Accessed on January 24, 2020]

Zohary, D., Hopf, M. and Weiss, E. 2012. Domestication of Plants in the Old World. Published to Oxford Scholarship Online: May 2015. DOI:10.1093/acprof:osobl/9780199549061.001.0001 [Accessed on January 24, 2020]

Evaluation of the Efficacy of ametoctradin + dimethomorph (Orvego® SC 525) and mandipropamid + difenoconazole (Carial Star® SC 500) Fungicides against Cucumber Downy Mildew Disease, Caused by *Pseudoperonospora cubensis*

Gerami, E. [1], Azimi, H.*[2] and Beiki, F.[3]

1. Former M Sc. Student, Islamic Azad University, Tehran, Iran. 2. Department of Research Plant Diseases, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. 3. Laboratory of Amol, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mazandaran Province, Iran.

Received: Jan, 26, 2020 Accepted: Jul, 7, 2020

Abstract

Downy mildew, caused by *Pseudoperonospora cubensis*, is one of the most destructive pathogen to cucumber specially cultivated in the greenhouses. Experiments were performed to evaluate new fungicides for the control of cucumber downy mildew in Tehran and Mazandaran provinces in a RCBD with 10 treatments and 4 replications. Treatments included 0.6, 0.7 and 0.8 ml/L^{-1} of ametoctradin+dimethomorph (Orvego SC 525) and 0.5, 0.6 and 0.7 ml/L^{-1} of mandipropamid+difenoconazole (Carial-Star SC 500) as target fungicides, propamocarb hydrochloride+fluopicolide (Infinito SC 68.75) 2 ml/L^{-1} and cyazofamid (Ranman SC 40) 0.5 ml/L^{-1} as standard fungicides, non-treated and water treatment controls. Foliar applications started upon appearance of symptoms and followed up with 7 days intervals. Plants were evaluated when the disease severity reached to 9 based on Thomas *et al*. scale in water treatment. Results revealed that the doses of 0.7, and 0.8 ml/L^{-1} of Orvego and 0.7 ml/L^{-1} of Carial-Star decreased disease severity by 80.3, 84.7, and 77.2% respectively compared with the water treatment. The efficacy of Infinito and Ranman were 66 and 72.8% respectively and were placed in the same statistical group as Orvego with the dose of 0.6 ml/L^{-1} and efficacy of 68.4%. Carial-Star at the doses of 0.5 and 0.6 ml/L^{-1} showed disease control up to 53.8 and 61.6%. Results indicate that Orvego and Carial-Star can be recommended with the dose of 0.7 ml/L^{-1} to be used every 7-10 days intervals. However, Orvego with the dose of 0.6 ml/L^{-1} is could also be recommended in order to reduce pesticide use.

Keywords: chemical control, cyazofamid, cucurbits, downy mildew, fluopicolide, propamocarb.

*__Corresponding author:__ Hossein Azimi, Email: hazimi61@yahoo.com