پژوهش‌های کاربردی در گیاه‌پزشکی ۱۰ (۴): ۸۹-۸۱ (۱۴۰۰)- مقاله پژوهشی
Journal of Applied Research in Plant Protection 10(4): 81-89 (2022)-Research Article

DOI: https://dx.doi.org/10.22034/arpp.2021.13485

کارایی ترکیبات تجاری قارچ‌کش اکسی‌کلرور مس در کنترل بیماری سفیدک داخلی خیار

سید رضا فانی[۱]✉، حسین عظیمی[۲]، فرید بیکی[۲]، موسی نجفی‌نیا[۳]

[۱]بخش تحقیقات گیاه پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران. [۲]مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. [۳]بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، جیرفت، ایران.✉rezafani52@gmail.com

دریافت: ۹۹/۱۰/۲۰ بازنگری: ۹۹/۱۱/۱۹ پذیرش: ۹۹/۱۲/۲۹

چکیده

سفیدک داخلی یکی از مهم‌ترین بیماری‌های خیار است. استفاده از قارچ‌کش‌های با چند نقطه اثر در برنامه‌های کنترل این بیماری برای محافظت کافی از محصول و به تأخیر انداختن مقاومت احتمالی گروه‌های پرخطر قارچ‌کش‌های با یک نقطه اثر توصیه می‌شود. در این مطالعه کارایی ۱۵ فرمولاسیون تجاری مختلف تهیه شده در داخل کشور از اکسی‌کلرور مس (WP 35%) با غلظت دو در هزار، در کنترل این بیماری در کنار قارچ‌کش‌های رایج فلوپیکولید + پروپاموکارب هیدروکلراید SC 68.75% (اینفینیتو®) دو در هزار و سیازوفامید SC 400 (رانمن®) ۰/۵ درهزار همراه با تیمار شاهد بدون سم‌پاشی در کنترل این بیماری بررسی شد. آزمایشات در استان‌های تهران (ورامین) و مازندران (آمل) با ۱۶ تیمار و جنوب استان کرمان (جیرفت) با ۱۷ تیمار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با چهار تکرار در سیستم‌های تولید گلخانه‌ای (ورامین و جیرفت) و فضای باز (آمل) بررسی شد. محلول‌پاشی با مشاهده اولین علایم بیماری شروع و با فاصله پنج تا هفت روزه تکرار شد. در آزمایش‌های جیرفت، ورامین و آمل به ترتیب دو، سه و چهار نوبت محلول‌پاشی با تیمارها، آزمایش انجام گرفت. ارزیابی کرت‌های آزمایشی در مرحله وقوع شدت بیماری با درجه ۹ در شاخص نمره‌دهی کرت‌های شاهد انجام شد. تجزیه واریانس داده‌ها، اختلاف معنی‌دار آماری را در همه آزمایشات بین تیمارها و شاهد نشان داد. مقایسه میانگین داده‌های آزمایشات نشان داد ترکیبات تجاری اکسی‌کلرور مس دارای اثرات یکسان نبوده و در چند گروه آماری قرار گرفتند. کارایی آنها در کنترل بیماری در شرایط گلخانه ۷۲/۹-۶۵/۹ درصد و در شرایط مزرعه ۴۳-۲۹ درصد بود.

کلمات کلیدی: سفیک داخلی، سیازوفامید، کنترل شیمیایی، فلوپیکولید، قارچ‌کش با چند نقطه اثر

Efficacy of copper oxychloride brands in the control of cucumber downy mildew

Seyed Reza Fani[1]✉, Hossein Azimi[2], Farid Beiki[3], Mousa Najafinia[2]

[1]Plant Protection Research Department, Yazd Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Yazd, Iran. [2]Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. [3]Plant Protection Research Department, South Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Jiroft, Iran. ✉rezafani52@gmail.com

Received: 9 Jan 2021 Revised: 7 Feb 2021 Accepted: 19 Mar 2021

Abstract

Downy mildew is one of the most important diseases of cucumber. The use of multi-site fungicides in disease control programs is recommended to ensure adequate crop protection and to delay the potential resistance of high-risk groups of single-site fungicides. The efficacy of 15 different copper oxychloride (WP 35%) brands of Iranian formulators with a concentration of 2 g/L, in control of cucumber downy mildew were assayed. Other treatments were two registered fungicides flopicolide + propamocarb hydrochloride SC 68.75% (Infinito) 2 ml/L and cyazofamid SC 400 (Ranman®) 0.5 ml/L with control treatment. Trials were performed in Tehran (Varamin) and Mazandaran (Amol) provinces with 16 treatments and southern Kerman province (Jiroft) with 17 treatments in a randomized complete block design with four replications. The experiments were carried out in greenhouse production systems (Varamin and Jiroft) and open field (Amol). Foliar spray began with the appearance of first symptoms of the disease and was repeated at intervals of 5 to 7 days. In Jiroft, Tehran and Mazandaran experiments, 2, 3 and 4 sprays were performed with experimental treatments, respectively. Experimental plots were evaluated at the stage of disease severity with a grade of 9 in the scoring index in control plots. Analysis of variance showed significant differences in all experiments between treatments and control. Comparison of the mean of the experiments showed that the brands of copper oxychloride had not the same effect and were divided into several statistical groups. Their efficiency was 65.9-72% in greenhouse conditions and 29-43% in open field conditions.

Keywords: Chemical Control, Cyazofamid, Downy Mildew, Fluopicolide, Multi-Site Fungicide

How to cite:
Fani SR, Azimi H, Beiki F, Najafinia M, 2022. Efficacy of copper oxychloride brands in the control of cucumber downy mildew. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 10 (4): 81–89.

مقدمه

سفیدک داخلی (Downy mildew) یکی از مهم‌ترین بیماری‌های خیار در سرتاسر دنیا است (McGrath 2006). عامل بیماری *Pseudoperonospora cubensis* (Berk. et Curt.) Rostovzev. یک بیمارگر بیوتروف اجباری است که توانایی آلوده کردن طیف وسیعی از کدوییان از جمله خیار، طالبی، کدو و خربزه را در تمامی مراحل رشدی گیاه دارد، این بیماری بیشترین خسارت را در نواحی معتدل جهان وارد می‌کند (Colucci & Holmes 2010; Palti & Cohen 1980). دمای بین ۲۲-۱۱ درجه سانتی‌گراد و دوره‌هایی با رطوبت نسبی بالای ۹۰ درصد (دو ساعت یا بیشتر) بسته به این که گیاهان در تاریکی یا نور قرار داشته باشند (Lebeda & Cohen 2011)، با فراهم کردن زمینه برای جوانه‌زنی اسپورانژیوم‌ها، تولید زئوسپورها، حرکت آنها به سمت روزنه‌ها و آلودگی گیاه، توسعه بیماری را در گیاه موجب می‌شوند (Lindenthal *et al.* 2005; Pouzeshimiyab & Fani 2020). قدرت و عملکرد گیاهان آلوده به دلیل افزایش تنفس، کاهش فتوسنتز و نیز تعرق، کاهش می‌یابد (Savory *et al.* 2011). علایم در برگ شامل لکه‌های کلروتیک در سطح بالایی برگ است که توسط رگبرگ‌ها محدود شده‌اند (لکه زاویه‌ای) و با گذشت زمان نکروتیک می‌شوند. در طی توسعه بیماری، لکه‌ها به هم رسیده و لکه‌های بزرگی را تشکیل می‌دهند که ممکن است کل سطح برگ را فرا گرفته و در صورت بروز آلودگی‌های شدید گیاهان از بین می‌روند. اسپورزایی بیمارگر سفیدک داخلی تنها در لکه‌های با سن فیزیولوژیکی خاصی دیده می‌شود و لذا اسپورزایی فقط در لکه‌های نکروتیک رخ می‌دهد (Savory *et al.* 2011). تعداد اسپورانژیوم‌های موجود در فضای اطراف برگ‌ها تحت تأثیر زیاد دما و رطوبت محیط است. به نحوی که با گرم شدن و کاهش رطوبت تعداد اسپورانژیوم‌ها نیز کاهش می‌یابد. با تهیه الگوهای اپیدمیولوژیکی براساس ارتباط بین شرایط جوی و سطوح اسپور بیمارگر می‌توان نسبت به پیش‌بینی خطر بیماری و کنترل آن اقدام نمود (McGrath 2006; Pouzeshimiyab & Fani 2020). در ایران بیماری سفیدک داخلی اولین بار در سال ۱۳۴۳ توسط اسکندری روی خیار در مزارع گیلان و مازندران مشاهده شد و اکنون در سرتاسر کشور به‌ویژه از کشت‌های گلخانه‌ای و زیر پلاستیک به واسطه مهیا شدن شرایط محیطی مطلوب (رطوبت نسبی بالا، خیس بودن سطح برگ‌ها و دمای ۲۲-۱۶ درجه سانتی‌گراد) گزارش شده است (Etebarian 2006). برای کنترل بیماری استفاده از ارقام مقاوم همراه با قارچ‌کش‌های تماسی یا سیستمیک پیشنهاد شده است (McGrath 2006). اگرچه سطح مقاومت در خیار نسبت به سایر اعضای خانواده کدوییان بالاتر است، اما بیشتر ارقام تجاری خیار مقاومت کافی برای مبارزه مؤثر با بیماری را ندارند. اقدامات کنترل زراعی شامل فاصله کافی بین ردیف‌های کاشت، پرهیز از کاشت در سایه، خودداری از آبیاری در اوایل صبح که برگ‌ها دارای شبنم هستند و اواخر روز (تا گیاه فرصت کافی برای خشک شدن داشته باشد) و نهایتا تغذیه متعادل می‌توانند تا حدی موثر باشند (McGrath 2006). استفاده از ترکیبات شیمیایی مهم‌ترین و رایج‌ترین روش کنترل بیماری است. نگرانی‌های اصلی در استفاده گسترده از مواد شیمیایی شامل کاهش تأثیر قارچ‌کش‌ها، افزایش مقاومت بیمارگر و وجود باقی‌مانده سموم در محصول به دلیل برداشت روزانه می‌باشند.

قارچ‌کش‌های متنوعی از قبیل سیموکسانیل (Cymoxanil) + مانکوزب (Curzate® 72%)، فاموکسادون (Famoxadone) + سیموکسانیل (Tanos® 50%)، دیمتومورف (Dimethomorph) (Forum® 43.5%)، مانکوزب + زوکسامید (Zoxamide) (Gavel® 75%)، قارچ‌کش‌های جدید فسفریک اسید شامل فوسترول (Fostrol®)، پروفیت (Profit®) و فسفیت (Fosphite®)، پروپاموکارب (Propamocarb®) (پرویکور فلکس Previcur Flex® 66.5%)، سیازوفامید (Ranman®) برای استفاده در مدیریت بیماری سفیدک کرکی جالیز توصیه شده‌اند (McGrath 2006). در استان خوزستان قارچ‌کش‌های دیمتومورف (Acrobat® SC 500) با غلظت سه در هزار، فاموکسادون + سیموکسانیل (Ecuation Pro® WDG 52.5%) به مقدار ۴۰۰ گرم در هکتار، کلروتالونیل (Daconil® SC 40.4%) به‌مقدار سه لیتر در هکتار در کنترل بیماری در کشت‌های زیر پلاستیک مؤثر گزارش شدند (Dehghani *et al.* 2010). در تحقیق دیگری اثر قارچ‌کش‌های اینفینیتو، ماندی‌پروپامید (Mandipropamid) (Revus® SC 23.3%) و کوپر + متالاکسیل ام (Ridomil Gold Plus® WP 44%) در کنترل بیماری سفیدک کرکی خیار در کشت گلخانه‌ای و زیر پلاستیک مورد بررسی قرار گرفت و قارچ‌کش اینفینیتو با غلظت دو در هزار در کنترل بیماری مؤثر معرفی شد (Shahriari *et al.* 2013). اثر قارچ‌کش سیازوفامید (رانمن® SC 400) در

کنترل سفیدک کرکی خیار در کشت‌های گلخانه‌ای در مناطقی از استان یزد آزمایش و مقدار ۰/۴ و ۰/۵ در هزار از این قارچ‌کش روی بیماری مؤثر گزارش شد (Fani *et al.* 2014). تیمارهای سه تا پنج در هزار فسفیت پتاسیم نیز کارایی مناسبی در کنترل بیماری به میزان ۸۱/۵۷ تا ۹۰ ٪ از خود نشان دادند (Fani *et al.* 2015; Pouzeshimiyab & Fani 2017). در مطالعه دیگری اثر سیازوفامید (رانمن® 10% SC) نیز مورد بررسی قرار گرفت و غلظت ۱/۵ در هزار آن بیماری را به نحو مطلوبی در کشت‌های گلخانه‌ای یزد و ورامین کنترل کرد (Fani *et al.* 2018). ترکیبات تجاری مختلف قارچ‌کش مسی مخلوط بردو در غلظت‌های چهار و پنج در هزار نیز موفق به کاهش ۷۶-۵۹ درصد بیماری شدند (Fani *et al.* 2019).

اکسی‌کلرور مس یکی از قارچ‌کش‌های بر مبنای عنصر مس است که برای کنترل تعدادی از بیماری‌ها از قبیل گموز مرکبات، پسته و درختان میوه هسته‌دار (*Phytophtora* spp.)، لکه آجری برگ بادام (*Polystigma amygdalinum* P.F. Cannon)، آنتراکنوز گردو (*Ophioghomonia leptostyla* (Fr.) Ces. & De Not.)، لکه زاویه‌ای برگ خیار (*Pseudomonas syringae pv. Lachrymans* (Smith & Bryan) Young, Dye & Wilkie)، سوختگی شاخ و برگ سیب‌زمینی (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary)، سرخشکیدگی مرکبات (*Neoscytalidium dimidiatum* (Penz.) Crous & Slippers) و پوسیدگی گل‌آذین خرما (*Mauginiella scaettae* Cavara) و سفیدک داخلی خیار توصیه شده است (Sheikhi *et al.* 2017). دسترسی تولیدکنندگان به قارچ‌کش‌های مؤثر 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. اکسی‌کلرور مس توسط شرکت‌های مختلفی در ایران تولید می‌شود، اما از نظر نام تجاری، میزان کارایی و قیمت متفاوت هستند. با توجه به توافق سازمان حفظ نباتات کشور و موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور در خصوص لزوم ثبت نام تجاری برای آفت‌کش‌ها، با هدف تأیید کارایی برندهای مختلف اکسی‌کلرور مس تولیدی در کشور (که قبلا مورد ارزیابی قرار نگرفته بودند) و ثبت نام تجاری آنها، در این پروژه کارایی ۱۵ برند این قارچ‌کش در کنترل بیماری سفیدک کرکی خیار در استان‌های کرمان (جیرفت) و تهران (ورامین) و ۱۲ برند در آزمایش استان مازندران (آمل) مورد بررسی قرار گرفت.

جدول ۱. لیست و مشخصات تیمارهای قارچ‌کش در جیرفت، ورامین و آمل.

مواد و روش‌ها

تیمارهای آزمایش

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به ترتیب با ۱۷ و ۱۶ تیمار در جنوب استان کرمان (جیرفت) و استان تهران (ورامین) در گلخانه‌های تولیدی طی ماه‌های آذر تا دی سال ۱۳۹۶و ۱۶ تیمار در مازندران (آمل) طی ماه‌های فروردین و اردیبهشت سال ۱۳۹۷ در شرایط مزرعه اجرا شد. برای کاشت از ارقام رایج کشت در هر منطقه (رقم رویال در استان کرمان، رقم سلطان در استان تهران و رقم ویکتور در استان مازندران) که حساس به بیماری نیز هستند استفاده شد. بذرها در سینی‌های نشاء و در بستر پیت‌ماس کشت شدند و در مرحله برگ کوتیلدون به زمین اصلی منتقل گردیدند. هر کرت آزمایشی شامل ۱۰ بوته به فاصله ۲۵ سانتی‌متر روی ردیف‌هایی به فاصله ۵۰ سانتی‌متر بود (برای هر تیمار یک ردیف). اقدامات زراعی تیمارها همانند روش‌های متداول کشت در هر منطقه انجام گردید. تیمارهای آزمایش به‌شرح جدول ۱ می‌باشد.

سم‌پاشی تیمارها

ابتدا مقدار آب مصرفی در هر آزمایش برای سم‌پاش مورد استفاده در هر آزمایش (سم‌پاش پشتی برقی ۲۰ لیتری با نازل مخروطی در آزمایش استان تهران و مازندران و سم‌پاش پشتی کتابی دستی ۲۰ لیتری با نازل مخروطی در آزمایش جنوب استان کرمان) تنظیم و محلول قارچ‌کش بر اساس آن تهیه گردید. تیمار کرت‌های آزمایشی با مشاهده اولین علایم بیماری به‌صورت محلول‌پاشی انجام گرفت. زمان ظهور علایم در ورامین و جیرفت آذر ماه و در آمل نیمه فروردین بود. برای تهیه محلول قارچ‌کش از آب شرب هر محل استفاده شد. محلول‌پاشی تیمارها هر پنج الی هفت روز تا رسیدن تیمار شاهد با آب‌پاشی به شاخص شدت بیماری ۹ در سیستم تغییریافته نمره‌دهی Thomas *et al.* (1987) ادامه یافت.

جدول ۱. لیست و مشخصات تیمارهای قارچ‌کش در جیرفت، ورامین و آمل.

Table 1. Fungicide treatments in the south of Jiroft, Varamin and Amol.

Treatment No.	Active ingredient	Trade name	Manufacturing Company	Application rate
1	Copper oxychloride	Cherik® WP 35%	Sabzavaran Zarrin Mojdeh	2 g/L
2	Copper oxychloride	Coprozin® WP 35%	Bahavar Shimi Khazar	2 g/L
3	Copper oxychloride	Behcopper® WP 35%	Alborz Behsam	2 g/L
4	Copper oxychloride	Bahavaran® WP 35%*	Bahavaran Zarrin Mojdeh	2 g/L
5	Copper oxychloride	Coprasix® WP 35%	Arasanj Shimi	2 g/L
6	Copper oxychloride	Oxyvemco® WP 35%	Mavad Zeraee and Dami Iran	2 g/L
7	Copper oxychloride	Armane-Sabz® WP 35%	Arman Sabz Adineh	2 g/L
8	Copper oxychloride	Oxygol® WP 35%	Golshimi Sepahan	2 g/L
9	Copper oxychloride	Coppex® WP 35%	Spidar Pardis	2 g/L
10	Copper oxychloride	Copratox® WP 35%	Javaneh Rouyesh Bahar	2 g/L
11	Copper oxychloride	Sokoutbid® WP 35%	Sokoutbid	2 g/L
12	Copper oxychloride	Copraz® WP 35%	International Rahpakmehr	2 g/L
13	Copper oxychloride	Oxycarmania® WP 35% *	Kiasam Karmania	2 g/L
14	Copper oxychloride	Coprax® WP 35%	Agro Exir Yazd	2 g/L
15	Copper oxychloride	Oxyrac® WP 35%	Raha Andish Kavan	2 g/L
16	Propamocarb hydrochloride + Fluopicolide	Infinito® 68.75 SC	Bayer, Germany	2 ml/L
17	Cyazofamid	Ranman® SC 400	Ishihara Sangyo Kaisa Ltd, Japan	0.5 ml/L
18	Control (water, sprayed)	-	-	-
19	Control (no water sprayed)	-	-	-

* Not in the Amol experiment

**In the Varamin experiment, no foliar spray with water was performed.

در این سیستم در صورتی که برگ فاقد علایم باشد نمره ۱، در صورتی که برگ دارای علایم بیماری (لکه‌های کلروتیک و نکروتیک با حاشیه مشخص در سطح رویی برگ و تشکیل بار قارچ عامل بیماری در سطح زیری برگ) باشد ولی اسپورانژ فعال (فعال بودن اسپورانژها در لکه‌های سطح زیرین برگ با حاشیه آب سوخته شناخته می‌شوند که نشانه فعال بودن اسپورانژها و ادامه گسترش بیماری است) در لکه‌های سطح زیری برگ دیده نشود نمره ۳، اگر برگ دارای علائم بیماری (لکه‌های کلروتیک و نکروتیک با حاشیه مشخص در سطح رویی برگ و تشکیل بار قارچ عامل بیماری در سطح زیری برگ) است و اسپورانژ فعال ولی بصورت محدود در لکه‌های سطح زیری برگ دیده شود نمره ۵، اگر برگ دارای علائم بیماری (لکه‌های کلروتیک و نکروتیک با حاشیه مشخص در سطح رویی برگ و تشکیل بار قارچ عامل بیماری در سطح زیری برگ) باشد و لکه‌های سطح زیر برگ فراوان و پیوسته بوده و اسپورانژ فعال به تعداد فراوان در آنها وجود داشته باشد نمره ۹ تعلق می‌گیرد. در طول دوره آزمایش در جیرفت، ورامین و آمل به ترتیب دو، سه و چهار نوبت محلول‌پاشی تیمارها انجام گرفت. جهت ارزیابی بیماری، از هر بوته ۱۰ برگ از قسمت‌های مختلف بوته (سه برگ از یک سوم بالایی، سه برگ از یک سوم میانی و چهار برگ از یک سوم پایینی بوته) به تصادف جمع‌آوری و شدت بیماری براساس معیار نمره‌دهی مذکور صورت گرفت (Fani *et al*. 2020).

درصد شدت بیماری با استفاده از فرمول زیر برای هر کرت محاسبه شد (Azimi 2014).

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

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 و V بالاترین نمره بیماری (۹) است.

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها

تجزیه واریانس داده‌های حاصل از شدت بیماری در هر کرت با استفاده از نرم افزار آماری SAS انجام گرفت و میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شدند.

محاسبه اثربخشی (Efficacy) *تیمارها*

اثربخشی تیمارها در کاهش بیماری در مقایسه با شاهد با استفاده از فرمول زیر برای میانگین‌ها محاسبه شد (Azimi 2014).

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

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

تجزیه واریانس مرکب مکان اجرا به دلیل وجود تفاوت در تعداد تیمارها، رقم مورد استفاده، تفاوت در شاهد و نیز شرایط محیطی متفاوت در محل‌های اجرا انجام نشد.

نتایج

آزمایش جنوب استان کرمان (جیرفت)

تجزیه واریانس میانگین درصد شدت بیماری نشان داد بین تیمارها و شاهد اختلاف معنی‌دار آماری در سطح یک درصد وجود دارد (جدول ۲).

جدول ۲. تجزیه واریانس درصد شدت بیماری سفیدک داخلی خیار در آزمایش جنوب استان کرمان (جیرفت).

Table 2. Analysis of variance of cucumber downy mildew disease severity percentages in the south of Kerman province (Jiroft) experiment.

Variation Resources	DF	MS	F value
Block	3	70.8	6.95**
Treatment	16	549.6	53.97**
Error	48	10.2	-
Coefficient of Variation (CV)	17.25%		

** Significantly different at 0.01 probability level.

مقایسه میانگین درصد شدت بیماری به طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن نشان داد تمامی تیمارهای قارچ‌کش اکسی‌کلرور مس تأثیر یکسان در کنترل بیماری سفیدک داخلی داشتند و همگی در یک گروه آماری قرار گرفتند. این مقایسه نشان داد اثربخشی تیمارها نسبت به شاهد بدون محلول‌پاشی بین حداقل ۶۵/۹ درصد و حداکثر ۷۲/۹ درصد بود (جدول ۳).

آزمایش استان تهران (ورامین)

تجزیه واریانس میانگین درصد شدت بیماری نشان داد بین تیمارها اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال آماری یک درصد وجود دارد (جدول ۴).

مقایسه میانگین درصد شدت بیماری به طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن نشان داد تیمارهای قارچ‌کش اکسی‌کلرور مس تأثیر متفاوت آماری در کنترل بیماری سفیدک داخلی داشته و در دو گروه آماری مجزا و یک گروه بینابین قرار گرفتند. این مقایسه نشان داد کوپراسیکس، آرمان سبز، اکسی‌گل و اکسی‌کارمانیا به ترتیب با کاهش ۶۶/۲، ۶۱/۴، ۵۴/۵، ۵۳/۲ درصدی میانگین شدت بیماری نسبت به شاهد بدون محلول‌پاشی بیشترین تأثیر را در کنترل بیماری داشتند و در پایین‌ترین گروه آماری به لحاظ میانگین شدت بیماری قرار گرفتند. در حالیکه کوپراکس، کوپروزین، به‌کوپر، چریک، کوپراتوکس، کوپراز و کوپراکسی سکوت‌بید به ترتیب با ۴۹/۷، ۴۸/۹، ۴۵/۶، ۴۰/۷، ۳۸، ۳۷/۹ و ۳۷/۳ درصد کاهش بیماری نسبت به شاهد بدون محلول‌پاشی با تأثیر یکسان آماری در بالاترین گروه آماری به لحاظ میانگین درصد شدت بیماری قبل از شاهد بدون محلول‌پاشی قرار گرفتند. هم‌چنین اکسی‌راک، کوپکس، اکسی‌ومکو و اکسی کلرور مس بهاوران با ۵۱/۸ درصد اثربخشی تأثیر یکسان در کنترل بیماری داشتند و در گروه بینابین قرار گرفتند (جدول ۵).

جدول ۳. مقایسه میانگین شدت بیماری سفیدک داخلی خیار و درصد کارایی تیمارهای قارچ در آزمایش جیرفت.

Table 3. Comparison of average cucumber downy mildew disease severity and fungicide efficacy percentages of treatments in the Jiroft assessment.

No.	Treatment	Disease severity* (%)	Fungicide Efficacy** (%)
1	Cherik®	16.1 b	65.9
2	Coprozin®	13.9 b	70.5
3	Behcopper®	13.3 b	71.8
4	Bahavaran®	12.8 b	72.9
5	Coprasix®	15.6 b	70.5
6	Oxyvemco®	15.6 b	66.9
7	Armane-Sabz®	13.3 b	71.8
8	Oxygol®	13.3 b	71.8
9	Coppex®	14.4 b	69.5
10	Copratox®	14.4 b	69.5
11	Sokoutbid®	13.9 b	70.5
12	Copraz®	13.3 b	71.8
13	Oxycarmania®	13.9 b	70.5
14	Coprax®	16.1 b	65.9
15	Oxyrac®	15.6 b	66.9
16	Control (no water sprayed)	47.2 a	-
17	Control (water sprayed)	51.7 a	-

* Different letters indicate significant differences according to Duncan's multiple range test at P = 0.05.
** Efficacy is compared to the control (without water application)
+ Water spray increased the severity of the disease by 9.5% compared to the control treatment without water.

جدول ۴. تجزیه واریانس درصد شدت بیماری سفیدک داخلی خیار در آزمایش استان تهران (ورامین).

Table 4. Analysis of variance of cucumber downy mildew disease severity percentages in the Tehran province (Varamin) assessment.

Variation Resources	DF	MS	F value
Block	3	31.02	0.61 ns
Treatment	15	566.2	11.13**
Error	45	50.9	-
Coefficient of Variation (CV)	16.49 %		

** Significantly different at 0.01 probability level.
ns: no significant difference.

جدول ۵. مقایسه میانگین شدت بیماری سفیدک داخلی خیار و درصد کارایی تیمارهای قارچ در آزمایش ورامین.

Table 5. Comparison of average cucumber downy mildew disease severity and fungicide efficacy percentages of treatments in the Varamin experiment.

No.	Treatment	Disease severity* (%)	Fungicide Efficacy** (%)
1	Coprasix®	27.2 e	66.2
2	Armane-Sabz®	31.05 de	61.4
3	Oxygol®	36.6 cde	54.5
4	Oxycarmania®	37.7 cde	53.2
5	Oxyrac®	38.8 bcde	51.8
6	Coppex®	38.8 bcde	51.8
7	Oxyvemco®	38.8 bcde	51.8
8	Bahavaran®	38.8 bcde	51.8
9	Coprax®	40.5 bcd	49.7
10	Coprozin®	41.1 bcd	48.9
11	Behcopper®	43.8 bc	45.6
12	Cherik®	47.7 bc	40.7
13	Copratox®	49.9 b	38
14	Copraz®	49.98 b	37.9
15	Sokoutbid®	50.5 b	37.3
16	Control (no water sprayed)	80.5 a	-

* Different letters indicate significant differences at each assessment time according to Duncan's multiple range test at P=0.05.
** Efficacy is compared to the control (without water application).

جدول ۶. تجزیه واریانس درصد شدت بیماری سفیدک داخلی خیار در آزمایش استان مازندران (آمل).

Table 6. Analysis of variance of cucumber downy mildew disease severity percentages in the Mazandaran province (Amol) experiment.

Variation Resources	DF	MS	F value
Block	3	34.6	0.73 ns
Treatment	15	1034.3	21.68**
Error	45	47.7	-
Coefficient of Variation (CV)	13.11 %		

Values marked ** are significantly different at 0.01 probability level respectively.
ns: no significant difference.

آزمایش استان مازندران (آمل)

تجزیه واریانس میانگین درصد شدت بیماری نشان داد بین تیمارها اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال آماری یک درصد وجود دارد (جدول ۶).

مقایسه میانگین درصد شدت بیماری به طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن نشان داد تمامی تیمارهای قارچ‌کش اکسی‌کلرور مس دارای تأثیر یکسان در کنترل بیماری بوده و همگی در یک گروه آماری قرار گرفتند. این مقایسه نشان می‌دهد ترکیبات تجاری مختلف قارچ‌کش اکسی‌کلرور مس بین حداقل ۲۹/۱ و حداکثر ۴۳ درصد میانگین شدت بیماری را نسبت به شاهد بدون آب‌پاشی کاهش دادند (جدول ۷).

جدول ۷. مقایسه میانگین شدت بیماری سفیدک داخلی خیار و درصد کارایی تیمارهای قارچ در آزمایش آمل.

Table 7. Comparison of average cucumber downy mildew disease severity and fungicide efficacy percentages of treatments in the Amol experiment.

No.	Treatment	Disease severity* (%)	Fungicide Efficacy** (%)
1	Ranman®	20 c	75
2	Infinito ®	26.7 c	66.6
3	Oxygol®	45.6 b	43
4	Copratox®	48.3 b	39.6
5	Copraz®	51.1 b	36.1
6	Sokoutbid®	51.1 b	36.1
7	Cherik®	51.7 b	35.4
8	Coppex®	51.7 b	35.4
9	Coprozin®	52.2 b	34.7
10	Armane-Sabz®	53.3 b	33.4
11	Coprasix®	54.4 b	32
12	Coprax®	55.6 b	30.5
13	Oxyvemco®	56.1 b	29.9
14	Behcopper®	56.7 b	29.1
15	Control (no water sprayed)	80 a	-
16	Control (water sprayed)	88.3 a	-10.4

* Different letters indicate significant differences at each assessment time according to Duncan's multiple range test at P=0.05.
** Efficacy is compared to the control (without water application)
+ Water spray increased the severity of the disease by 10.4% compared to the control treatment without water spray

بحث

سفیدک داخلی خیار یکی از مهم‌ترین بیماری‌های این محصول در کشت‌های گلخانه‌ای و مزرعه‌ای در کشور است، به‌طوریکه در محل اجرای آزمایشات این پروژه آلودگی گسترده به این بیماری مشاهده گردید. عامل بیماری که در اکثر گیاهان تیره کدوئیان ایجاد بیماری می‌کند تغییرات زیادی را در طول دهه گذشته داشته است به‌طوریکه گزارشات شدت بیماری بالا و اپیدمی‌های گسترده، پیدایش ژنوتیپ‌ها، نژادها، پاتوتیپ‌ها و تیپ‌های سازگار از بیمارگر نسبت به گذشته افزایش پیدا کرده است (Cohen *et al.* 2015). *Pseudoperonspora. cubensis* یک بیمارگر پرخطر از نظر میزان خسارت است و ممکن است استفاده از قارچ‌کش‌های با یک نقطه اثر، کنترل بیماری را با چالشی جدی مواجه کند (Fishel & Dewdney 2012). کاهش تأثیر مفنوکسام، متالاکسیل و قارچ‌کش‌های برپایه استروبیلورین قبلا گزارش شده است (Colucci

2008). لذا برای حفاظت از تأثیر این قارچ‌کش‌ها، مصرف آنها بهتر است با احتیاط صورت گیرد و برنامه‌های متناسب با استفاده چرخشی از قارچ‌کش‌ها شامل ترکیباتی با مکانیسم عمل متفاوت در نظر گرفته شود (Colucci 2008). استفاده از ترکیبات مسی مثل اکسی‌کلرور مس برای کنترل بیماری‌های سفیدک داخلی عمدتا در باغات مو از سال‌های دور رایج است (Agrios 2005). با توجه به اینکه اکسی‌کلرور مس قارچ‌کشی تماسی است استفاده از آن بعد از استقرار بیماری مؤثر نیست. در استفاده از اکسی‌کلرور مس باید پوشش کاملی از سم روی گیاه ایجاد شود و در صورت بارندگی، به دلیل محلول بودن در آب، محلول‌پاشی بعد از هر بارندگی ضرورت می‌یابد. یکی از دلایل پایین بودن اثر این قارچ‌کش در مزارع فضای باز آمل نسبت به کشت‌های گلخانه‌ای نیز می‌تواند به همین دلیل باشد. مقایسه قارچ‌کش‌های مختلف در کنترل این بیماری در مزارع فیصل آباد پاکستان نشان دهنده شیوع سفیدک داخلی خیار در تیمار اکسی‌کلرور مس به میزان ۶۲/۴ درصد بود. این نتیجه به نتایج به دست آمده در مزارع فضای باز خیار آزمایش آمل نزدیک است (Chauhdry *et al.* 2009). کنترل ناکافی اکسی‌کلرور مس در مزارع فضای باز قطعا نمی‌تواند نیاز کشاورزان را برای مهار بیماری و جلوگیری از خسارت آن مرتفع سازد. در هند، کارایی ۶۲/۵۴ درصدی اکسی‌کلرور مس را در کنترل بیماری گزارش شد (Gupta & Jarial 2014). آزمایش اکسی‌کلرور مس در گلخانه تولید خیار یزد نیز نشان داد کارایی این ترکیب در کاهش بیماری در بهترین حالت ۶۲ درصد است (Fani *et al.* 2018) لذا به نظر می‌رسد استفاده از اکسی‌کلرور مس در مزارع گلخانه‌ای کنترل بهتری نسبت به فضای باز دارد و می‌تواند به عنوان یک قارچ‌کش ارزان قیمت با مکانیسم عمل چندگانه روی بیمارگر در نظر گرفته شود. مقاومت به قارچ‌کش در مورد ترکیبات بر پایه اکسی‌کلرور مس که ترکیبات محافظتی هستند به ندرت اتفاق می‌افتد. این قارچ‌کش‌ها به طور معمول قادر به کنترل طیف وسیعی از عوامل بیماری‌زای مختلف هستند. مس به عنوان یک فلز سنگین در محیط زیست تخریب نمی‌شود و نباید به عنوان تنها منبع محافظت در برابر بیماری از آن استفاده کرد بلکه بهتر است به صورت چرخشی یا به عنوان یک جزء در سبد قارچ‌کش‌ها استفاده شود (Lebeda & Cohen 2011).

برای حفظ ترکیبات سیستمیک مانند رانمن و ایتفینیتو به عنوان قارچ‌کش‌های برتر در برابر این بیماری، قارچ‌کش‌های مبتنی بر اکسی‌کلرور مس بهتر است به برنامه‌های سمپاشی اضافه شوند. موقعیت قارچ‌کش‌های بر پایه اکسی‌کلرور مس در چنین برنامه‌های چرخشی سموم باید بیشتر بررسی شود. بدون شک حضور برندهای تجاری از قارچ‌کش اکسی‌کلرور مس مطالعه شده در این تحقیق در فهرست سموم سبزی و صیفی کشور در مدیریت این بیماری و نیز در تولید سالم‌تر محصولات جالیز مفید خواهد بود. با توجه به اینکه محلول‌پاشی با قارچ‌کش‌های مؤثر برای کنترل بیماری سفیدک کرکی باید به دفعات انجام گیرد توجه به آلودگی خاک و اثرات سمی احتمالی آن روی میکروبیوم خاک از طریق تجمع یون‌های مس، ضروری است.

سپاسگزاری

از مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور برای پشتیبانی مالی طرح تحقیقاتی شماره ۰-۱۶-۱۶-۱۹۷-۹۶۱۶۱۵ و نیز مراکز تحقیقاتی استان‌های تهران (ورامین)، مازندران (آمل) و جنوب کرمان (جیرفت) به خاطر همکاری در اجرای این تحقیق سپاسگزاری می‌گردد.

References

Agrios GN, 2005. Plant Pathology. 5th edition, Academic Press. 922 pp.

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

Cohen Y, Van den Langenberg KM, Wehner TC, Ojiambo PS, Hausbeck M, Quesada-Ocampo LM, et al., 2015. Resurgence of *Pseudoperonospora cubensis*: The causal agent of cucurbit downy mildew. *Phytopathology* 105(7): 998–1012.

Colucci S, 2008. Host range, fungicide resistance and management of *Pseudoperonospora cubensis*, causal agent of cucurbit downy mildew. MSc thesis, Plant Pathology, North Carolina State University, USA.

Colucci SJ, Holmes GJ, 2010. Downy mildew of cucurbits. The Plant Health Instructor. APSnet, Minnesota, USA. 11 pp.

Chaudhry SU, Iqbal J, Mustafa A, 2009. Efficacy of different fungicides for the control of downy mildew of cucumber. *Journal of Animal and Plant Sciences* 19(4): 202–204.

Dehghani A, Ranjbar A, Bagheri S, Shahriari D. 2010. Determination of Fungicides E Effect in Control of Cucumber Downy Mildew in Under Covering Crop and Greenhouse. Agricultural Scientific Information and Documentation Center (ASIDC), 38387, 35 pp. (in Persian with English abstract).

Etebarian HR, 2006. Vegetable Diseases and their Control, Tehran University Press, Iran, 554 pp.

Fani SR, Azimi H, Beiki F, 2019. Efficacy of various commercial brands of Bordeaux mixture in the control of downy mildew of greenhouse cucumber, *Pseudoperonospora cubensis*. *Pesticides in Plant Protection Sciences* 7(2): 107–117 (in Persian with English abstract).

Fani SR, Azimi H, Beiki F, 2020. Efficacy of Cyazofamid and Pyraclostrobin + Dimethomorph fungicides in the control of cucumber downy mildew. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 9(2): 97–89 (in Persian with English abstract).

Fani SR, Moradi M, Shahriari D, Esmailzadeh Hosseini SA, Dashtekian K, *et al*., 2014. Efficacy of cyazofamid (SC 400) fungicide in the control of downy mildew of greenhouse cucumber. *Pesticides in Plan Protection Sciences* 1(2): 28–39 (in Persian with English abstract).

Fani SR, Moradi M, Shahriari D, Esmailzadeh Hosseini SA, Sarpeleh A, 2015. Efficiency of Fosphite fungicide for cucumber downy mildew control in greenhouse. *Pesticides in Plan Protection Sciences* 2(2): 83–91 (in Persian with English abstract).

Fani SR, Sarpeleh A, Najafinia M, Shahriari D, 2018. Efficacy of Cyazofamid (SC 10%) fungicide in the control of downy mildew of greenhouse cucumber. *Pesticides in Plant Protection Sciences* 7(1): 43–54 (in Persian with English abstract).

Fishel FM, Dewdney MM, 2012. Fungicide Resistance Action Committee's (FRAC) classification scheme of fungicides according to mode of action. Pesticide Information Office, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.7 pp. http://edis.ifas.ufl.edu. [Accessed on 6 January 2021].

Gupta SK, Jarial K, 2014. Efficacy of some fungicides against downy mildew of cucumber. *International Journal of Farm Sciences* 4(1):72–75.

Lebeda A, Cohen Y, 2011. Cucurbit downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis*) biology, ecology, epidemiology, host-pathogen interaction and control. *European journal of plant pathology* 129(2):157–192.

Lindenthal M, Steiner U, Dehne HW, Oerke EC, 2005. Effect of downy mildew development on transpiration of cucumber leaves visualized by digital infrared thermography. *Phytopathology* 95(3): 233–240.

McGrath MT, 2006. Update on Managing Downy Mildew in Cucurbits. Vegetable MD Online, Long Island Horticultural Research and Extension Center. Available from: http://vegetablemdonline.ppath.cornell.edu/NewsArticles/Cuc_Downy.htm#Top [Accessed 13th December 2018].

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

Pouzeshimiyab B, Fani SR, 2017. Evaluation of some current fungicides against downy mildew on greenhouse cucumber (*Pseudoperonospora cubensis* Rostovzev.). *Research in Plant Pathology* 4(2): 1–12 (in Persian with English abstract).

Pouzeshimiyab B, Fani SR, 2020. Epidemiology and aerobiology of *Pseudoperonospora cubensis* in northwest Iran. *Italian Journal of Agrometeorology* (2): 109–116.

Savory EA, Granke LL, Quesada-Ocampo LM, Varbanova M, Hausbeck MK, *et al.*, 2011. The cucurbit downy mildew pathogen *Pseudoperonospora cubensis*. *Molecular Plant Pathology* 12(3): 217–226.

Shahriari D, Nasr-Esfahani M. and Dahghani A., 2013. Study of Infinito, Revus and Ridomil gold plus fungicides effects in control of cucumber downy mildew in greenhouse and undercovering. Agricultural Scientific Information and Documentation Center (ASIDC), 43578, 19pp. (In Persian with English abstract).

Sheikhi A, Najafi H, Abbasi S, Saberfar F, Rashid M, *et al*., 2017. Guideline of Chemical and Organic Pesticides of Iran, Vol.1 and 2, Rahdan Press, Iran. 695 pp (in Persian).

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

This is an open access article under the CC BY NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/)