Iranian Plant Protection Research

https://jpp.um.ac.ir

Research Article
Vol. 39, No. 4, 2026, p. 373-384

Efficacy of Two Plant-Base Fungicides, Mildew Cut, and Allicin Against Powdery Mildew (*Golovinomyces cichoracearum*) of Greenhouse Cucumber (*Cucumis sativus*)

M. Najafiniya[1*], M. R. Eslahi[2], L. Dehghan[3]

1- Plant Disease Research Department, Iranian Research Institute of Plant Protection, AREEO, Tehran, Iran
2- Plant Protection Research Department, Agricultural and Natural Resources Research Center of Khuzestan Province, AREEO, Ahvaz, Iran
3- Plant Protection Research Department, Agricultural and Natural Resources Research Center of Tehran, AREEO, Varamin, Iran
(*- Corresponding author's Email: m.najafinia@areeo.ac.ir)

Received: 15-07-2025
Revised: 10-09-2025
Accepted: 20-09-2025
Available Online: 10-02-2026

How to cite this article:
Najafiniya, M., Eslahi, M.R., & Dehghan, L. (2026). The efficacy of two plant-base fungicides, mildew cut, and allicin against powdery mildew of greenhouse cucumber. *Iranian Plant Protection Research, 39*(4), 373-384. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jpp.2025.94438.1242

Introduction

Cultivation of vegetable crops under greenhouse conditions is an important strategy to increase productivity and total production in Iran. Environmental conditions (high humidity and proper temperature) are favorable for the emergence and spread of diseases. Sometimes, despite of good agricultural operations, the incidence of downy and powdery mildew may have resulted a severe economic loss. So, the application of fungicides to control fungal diseases is inevitable. Several airborne diseases have affected the cultivation of greenhouse cucumbers. Powdery mildew disease, caused by *Golovinomyces cichoracearum* is one of the most important diseases of cucumber (*Cucumis sativus*). Due to the importance of producing a healthy crop, extensive research has been conducted to reduce the use of chemical pesticides and find alternatives to these substances in various plants. Given the fresh consumption of cucumbers and the importance of pesticide residues, and in order to produce a healthier crop, the need to use effective, low-cost and low-risk fungicides is doubly urgent. Microbial and plant-based fungicides are promising alternate for chemical fungicides. This study was conducted to investigate efficacy of the plant-based fungicides, Mildew cut and Allicin in controlling powdery mildew disease in cucumber. Mildew Cut fungicide contains 10% garlic oil (0.03% allicin) and 3% clove essential oil (2.2% ozonol) and has an EC formulation of 13%. This is a protective fungicide and the presence of oil in its formulation causes formation of a protective layer on the surface of the host leaf and prevents attachment, germination of fungal spores and entry of the spore tube and mycelium causing superficial powdery mildew into the host. Allicin fungicide is a biological fungicide based on plant extract, with the trade name Allicin and with a microcapsule formulation (ME 5%).

Materials and Methods

In this research, efficacy of two plant base fungicides including Mildew cut (EC 13%) at the rates of 4, 5, 6 g

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

https://doi.org/10.22067/jpp.2025.94438.1242

L^{-1} and Allicin (ME 5%) at the rates of 0.5, 1 and 1.5 g L^{-1} was evaluated to control cucumber powdery mildew disease in greenhouse conditions. Their effectiveness was compared with Cidely Top and a water-treated control. This research was conducted in the form of randomized complete block design with eight treatments and three replications, conducted across two provinces, Tehran and Khuzestan. Each experimental plot was four meters long and consisted of two rows of plants with a row spacing of 25 to 30 cm and a plant spacing of 30 to 35 cm in each row. In each experimental plot, 10 plants were randomly selected and marked. When the first signs of disease were observed, the desired treatments were applied using a 20-liter backpack sprayer. The sprays were repeated at 7 to 10 day intervals until disease severity in the control plots exceeded 50%. Evaluation of the disease severity was performed before each spraying by Horsfall and Barratt method using a scoring system of one to seven (Horsfall and Barrat,. 1945)

Results and discussion

The obtained data from both regions showed that Allicin, at concentrations of 1 and 1.5 g L^{-1} exhibited 83 and 88.08% control efficiency, respectively. Similarly, Mildew cut, at concentrations of 5 and 6 g L^{-1} provided control efficiencies of 84.6% and 86.6%, that were comparable to the Cidely Top as the control treatment (0.75 g L^{-1}) with 82.7% efficiency. Results of the current research indicated that the plant-based fungicides, Mildew cut at a concentration of 5 g L^{-1} and Allicin at a concentration of 1 g L^{-1} can be suggested as a substitute or alternately with chemical fungicides to control powdery mildew disease of cucumber. Following appearance of disease symptoms, foliar spraying begins and repeat for two to three times at an interval of 7 to 10 days. The use of fungicides as a complement to the management strategies of airborne diseases such as powdery mildew is necessary. Moreover, emergence of resistance to fungicides and the need to replace high-risk fungicides with safe and plant-based products, continuous evaluation of new fungicides is crucial. Results of the present study showed that the plant-based compounds, including Mildew cut (5 g L^{-1}) and Allicin (1 g L^{-1}), can be used as substitutes or in alternation with chemical fungicides in integrated management of cucumber powdery mildew.

Conclusion

Our findings indicated that the plant-based fungicides Allicin (1 g L^{-1}) and Mildew Cut (5 g L^{-1}) exhibit control potency comparable to that of the chemical fungicide Cidely Top. These products can be used as complementary options in integrated management strategies against cucumber powdery mildew.

Keywords: Chemical control, Cucurbits, Powdery mildew, Resistance

پژوهش‌های حفاظت گیاهان ایران
https://jpp.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۹ شماره ۴، زمستان ۱۴۰۴، ص. ۳۸۴-۳۷۳

تأثیر دو قارچ‌کش گیاه-پایه میلدیوکات و آلیسین در مهار بیماری سفیدک پودری (*Golovinomyces cichoracearum*) خیار (*Cucumis sativus*) گلخانه‌ای

موسی نجفی نیا[۱*]- محمدرضا اصلاحی[۲]- لاله دهقان[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۲۹

چکیده

یکی از بیماری‌های مهم خیار (*Cucumis sativus*)، بیماری سفیدک پودری است که توسط گونه قارچی *Golovinomyces cichoracearum* ایجاد می‌شود. در این تحقیق، کارآیی دو قارچ‌کش گیاه-پایه میلدیوکات (EC 13%) در دُزهای چهار، پنج و شش گرم در لیتر و آلیسین (ME 5%) در دُزهای ۰/۵، یک و ۱/۵ گرم در لیتر علیه بیماری سفیدک پودری خیار در شرایط گلخانه ارزیابی و با قارچ‌کش سیدلی‌تاپ با دُز ۰/۷۵ گرم در لیتر و شاهد (آب) مقایسه گردید. این تحقیق در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هشت تیمار و سه تکرار در دو استان تهران و خوزستان اجرا شد. اعمال تیمارها با مشاهده علائم بیماری آغاز و به‌فاصله هفت تا ۱۰ روز یک بار تکرار شد. ارزیابی شدت بیماری به‌روش هورسفال و بارات و با سیستم نمره‌دهی یک تا هفت انجام شد. میانگین داده‌های هر دو منطقه نشان داد که قارچ‌کش آلیسین در غلظت‌های یک و ۱/۵ گرم در لیتر به‌ترتیب کارآیی مهار ۸۳ و ۸۸/۰۸ درصد و قارچ‌کش میلدیوکات در غلظت‌های پنج و شش گرم در لیتر، به‌ترتیب کارآیی مهار ۸۴/۶ و ۸۶/۶ درصد و قارچ‌کش سیدلی تاپ کارآیی مهار ۸۲/۷ درصد داشتند. با توجه به نتایج این تحقیق، ترکیبات گیاه-پایه میلدیوکات در غلظت پنج گرم در لیتر و آلیسین با غلظت یک گرم در لیتر می‌توانند به‌عنوان جایگزین یا در تناوب با قارچ‌کش‌های شیمیایی برای مهار بیماری سفیدک پودری خیار مورد استفاده قرار گیرند. شروع محلول‌پاشی به‌محض مشاهده علائم بیماری و طی دو تا سه نوبت و به‌فاصله هفت تا ۱۰ روز توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: سفیدک حقیقی، جالیز، مهار شیمیایی، مقاومت

مقدمه

با توجه به ضرورت افزایش بهره‌وری و افزایش میزان تولید به‌ازای آب مصرفی و از طرف دیگر با توجه به خشکسالی‌های پی‌درپی در کشور ایران، توسعه کشت‌های گلخانه‌ای مورد توجه هستند. شرایط گلخانه از نظر رطوبت و دما برای ظهور و گسترش بیماری‌ها مساعد بوده و در برخی از فصول، علی‌رغم رعایت بهداشت و اصول زراعی، استفاده از قارچ‌کش‌ها برای مدیریت برخی بیماری‌ها مانند سفیدک پودری خیار اجتناب‌ناپذیر است و در صورت عدم تشخیص به‌موقع و عدم پیشگیری، ممکن است خسارت اقتصادی شدیدی وارد آید (McGrath, 2005). سفیدک پودری از بیماری‌های مهم کدوئیان در مناطق خشک و معتدل است (Sirous *et al.*, 2012). تا سال ۱۹۵۸ گونه *Erysiphe cichoracearum* DC. به‌عنوان عامل اصلی بیماری سفیدک پودری در دنیا محسوب می‌شد، ولی تحقیقات بعدی نشان داد که گونه *Sphaerotecha fuliginea* (Schlechtend.:Fr.) Pollacci گسترش بیشتری داشته و از قدرت تهاجم بالاتری نسبت به گونه قبلی برخوردار است (McGrath, 2011). در ایران، بابایی اهری و همکاران (Babai-Aharai *et al.*, 2012) گونه غالب عامل بیماری سفیدک پودری خیار را *Golovinomyces cichoracearum* (U. Braun) V.P. Heluta

۱- بخش تحقیقات بیماری‌های گیاهی، مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
۲- بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران
۳- بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی تهران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ورامین، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: m.najafinia@areeo.ac.ir)
https://doi.org/10.22067/jpp.2025.94438.1242

معرفی نمودند. خداپرست (Khodaparast, 2016) در شمال کشور، گونه *Podosphaera xanthii* را همچنین به‌عنوان عامل سفیدک سطحی روی کدوئیان معرفی نموده است. گونه *E. cichoracearum* از نظر زیست‌شناسی، درجه حرارت‌های پایین‌تری را نسبت به گونه *S. fuliginea* دوست دارد و لذا در فصل بهار و نیز اوایل تابستان‌های خنک، شیوع بیشتری دارد، درحالی‌که *S. fuliginea* در ماه‌های گرم گسترش بیشتری دارد (McGrath, 2011). شرایط بهینه برای گسترش بیماری، دمای ۲۴ تا ۲۹ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۸۰ تا ۹۵ درصد می‌باشد. تابش مستقیم آفتاب در کاهش شدت بیماری مؤثر است (Hector *et al*., 2006). پیشرفت‌های مولکولی باعث ایجاد تغییراتی در رده‌بندی و شناسایی قارچ‌های عامل بیماری سفیدک پودری خیار شده است و در حال حاضر، اسامی دو گونه *S. fuliginea* و *E. cichoracearum* به‌ترتیب به‌نام‌های (Castagne) *Podosphaera fusca* (synonym= U. Braun & Shishkoff) و *P. xanthii* و *Golovinomyces cichoracearum* تغییر یافته است (Pérez-Garcia, 2009; Braun & Cook, 2012; Braun *et al*., 2019). بروز بیماری سفیدک سطحی و گسترش علائم بیماری روی اندام‌های مختلف خیار مانند برگ، جوانه و میوه گزارش شده است (Zitter *et al*., 1996). بیماری سفیدک سطحی خیار از طریق کاهش تعداد و اندازه میوه باعث کاهش عملکرد می‌شود (Mossler & Nesheim, 2005). روش‌های مدیریت بیماری سفیدک پودری جالیز برای گونه‌های مختلف عامل بیماری و نژادهای مختلف آن‌ها مشابه بوده و متکی به روش‌های تلفیقی و تشخیص به موقع بیماری است (McGrath, 2005). به‌دلیل قابلیت بالای انتشار کنیدیوم بیمارگر و جوانه‌زنی آن‌ها در رطوبت نسبی پایین، روش‌های زراعی مثل تناوب، کارآیی چندانی در مهار بیماری نداشته و یا بی‌اثر است (McGrath, 2005). راهکارهای متکی بر استفاده از ارقام متحمل و مقاوم به بیماری، استفاده از ترکیبات غیرسمی برای میزبان مثل روغن‌های طبیعی و معدنی، سیلیکون، نمک‌های سدیم، آمونیوم و پتاسیم که با سازوکارهای ناشناخته‌ای بروز بیماری را کاهش می‌دهند و همچنین عوامل زیستی و ترکیبات شیمیایی مانند اسیدآسکوربیک و کیتوزان که موجب القاء مقاومت می‌شوند از اجزای مدیریت بیماری سفیدک پودری جالیز هستند (Hector *et al*., 2006). گوگرد یکی از قارچ‌کش‌های طبیعی است که سالیان طولانی برای مبارزه با طیف وسیعی از بیماری‌های سفیدک پودری محصولات مختلف مورد استفاده قرار گرفته و تحقیقات نشان داده است که قارچ‌کش‌های غیرسیستمیک مثل ترکیبات گوگردی و مسی دارای اثر نسبی در مهار بیماری سفیدک پودری هستند (Hector *et al*., 2006). براساس گزارش موجود، ترکیبات گوگردی دارای اثر کامل در مهار بیماری سفیدک پودری به‌خصوص روی میزبان کدو نیستند (Mossler & Nesheim, 2005). بررسی‌ها نشان داده است که برخی از گونه‌های کدوئیان مثل طالبی به ترکیبات گوگردی حساس هستند (Hector *et al*., 2006). تاکنون برای مهار بیماری سفیدک پودری جالیز، قارچ‌کش‌های متعددی از جمله آزوکسی استروبین + دیفنوکونازول (ارتیواتاپ SC 32.5%)، دیفنو کونازول + سیفلوفنامید (سیدلی تاپ)، اسپینزولر–اس–متیل (بیون، اکتی گارد و بندیکار)، کلروتالونیل (داکونیل)، هگزاکونازول (آنویل)، پنکونازول (توپاس)، تتراکونازول (دومارک EC 10%)، تریادیمفون (بایلتون)، کرزوکسیم متیل (استروبی WG 50%)، بیکربنات پتاسیم (کالیبان)، ایمنوکتادین تریس (بلکیوت WP 40%)، تریفلوکسی استروبین (فلینت WG 50%)، میلدیوکیور L 80%، سولفور با نام‌های تجاری تیوویت، کومولوس و سولفولاک WP 80% برای مهار بیماری سفیدک پودری خیار در ایران به ثبت رسیده‌اند (Azimi, 2012, 2014, 2016; Shikhi *et al*., 2015; Gerami *et al*., 2019). تأثیر عصاره برخی از گیاهان دارویی مانند ریواس (*Rheum ribes* L)، ریشه ترشک (*Rumex palmatum* L)، فرفیون (*Euphorbia humifusa* L) و اقاقیای سفید (*Robinia pseudoacacia* L) در مهار بیماری سفیدک پودری خیار مؤثر گزارش شده است (Tang *et al*., 2003; Kim *et al*., 2004). تأثیر عصاره گیاهان اسفناج (*Spinacia oleracea* L)، چغندر (*Beta vulgaris* L)، ترب (*Raphanus sativus* L)، شلغم (*Brassica rapa* L) و فلفل (*Capsicum annuum* L) با غلظت پنج درصد در کاهش شدت بیماری سفیدک پودری خیار مؤثر گزارش شده است، ولی هیچ اشاره‌ای به مواد مؤثره عصاره گیاهان مذکور نشده است (Siros *et al*., 2012).

در ایران، بیماری سفیدک پودری خیار عمدتاً توسط قارچ *G. cichoracearum* ایجاد می‌شود و در اغلب مناطقی که خیار کشت می‌شود، این بیماری شایع است (Siros *et al*., 2012). با توجه به اهمیت تولید محصول سالم، تحقیقات متعددی برای کاهش مصرف سموم شیمیایی و یافتن جایگزین‌هایی برای این مواد در گیاهان مختلف صورت گرفته است (Newman *et al*., 2012; Marchese *et al*., 2016; Gholamzadeh-Bazar Bash *et al*., 2025).

با توجه به مصرف تازه‌خوری خیار و اهمیت باقی‌مانده سموم و در راستای تولید محصول سالم‌تر، ضرورت استفاده از قارچ‌کش‌های مؤثر قارچ‌کش‌های با پایه عوامل .کم‌مصرف و کم‌خطر دوچندان است میکروبی و عصاره‌ها و ترکیبات گیاهی در صورت داشتن کارآیی و اثربخشی مهار بیماری، می‌توانند جایگزین سالمی برای قارچ‌کش‌های شیمیایی بوده و یا حداقل در تناوب با برخی از آن‌ها استفاده شده و میزان مصرف قارچ‌کش‌ها را کاهش دهند. این تحقیق به‌منظور بررسی کارآیی قارچ‌کش‌های گیاه‌پایه میلدیوکات و آلیسین در مهار بیماری سفیدک پودری خیار انجام شده است. قارچ‌کش میلدیوکات

) (۰/۰۳ L *Allium sativum*حاوی ۱۰ درصد اسانس روغنی سیر (*Syzygium*درصد آلیسین) و سه درصد اسانس میخک (aromaticum* L (EC 13% (۲/۲ درصد اوزنول) و با فرمولاسیون است. این قارچ‌کش محافظتی بوده و وجود اسانس روغنی در فرمولاسیون آن باعث تشکیل یک لایه محافظ در سطح برگ میزبان شده و مانع اتصال، جوانه‌زنی اسپور قارچ و ورود لوله تندش و میسلیوم عامل بیماری سفیدک سطحی به داخل میزبان می‌شود. قارچ‌کش آلیسین یک قارچ‌کش بیولوژیک و بر پایه عصاره گیاهی و با نام) است. ME 5% و با فرمولاسیون میکروکپسول (Allicinتجاری

مواد و روش‌ها

این تحقیق در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هشت تیمار و سه تکرار در استان‌های تهران (ورامین) و خوزستان در شرایط گلخانه اجرا شده است. تیمارها شامل قارچ‌کش میلدیوکات در غلظت های چهار، پنج و شش در هزار و نیز قارچ‌کش آلیسین در غلظت‌های ۰/۵، یک و ۱/۵ در هزار بودند. قارچ‌کش دیفنوکونازول+ سیفلوفنامید (سیدلی تاپ DC ۱۴ درصد)، با غلظت ۰/۷۵ در هزار به‌عنوان قارچ‌کش مرجع و شاهد (آب) جهت مقایسه، مورد استفاده قرار گرفتند (جدول ۱). هر کرت آزمایشی به‌طول چهار متر شامل دو ردیف کاشت با فاصله بین ردیف ۲۵ تا ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی هر ردیف ۳۰ تا ۳۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در هر کرت آزمایشی، ۱۰ بوته به‌صورت تصادفی انتخاب و نشان‌گذاری شدند. با مشاهده اولین علائم بیماری، تیمارهای مورد نظر با استفاده از سم‌پاش شارژی پشتی ۲۰ لیتری اعمال شدند. آماربرداری و ارزیابی شدت بیماری، قبل از هر نوبت اعمال تیمارها انجام و تکرار محلول‌پاشی بعد از هفت تا ۱۰ روز بوده و تا رسیدن آلودگی در شاهد به بالای ۵۰ درصد، ادامه یافت. ارزیابی شدت بیماری براساس سیستم نمره‌دهی هورسفال و بارات (نمره یک تا هفت) انجام گردید. جهت ارزیابی، در هر کرت آزمایشی، تعداد ۱۰ برگ از ۱۰ بوته نشان‌گذاری‌شده انتخاب گردید (برگ‌ها در سه منطقه شامل یک سوم انتهایی، یک سوم میانی و یک سوم ابتدایی هر بوته انتخاب شدند).

شاخص شدت بیماری (DSI) با سیستم نمره‌دهی چشمی یک تا هفت به‌شرح (جدول ۲) انجام شد (Horsphal & Barratt, 1945). شاخص شدت بیماری برای هر کرت از طریق معادله (۱) محاسبه گردید.

$$DS=\sum\left(\frac{ni\times vi}{n\times v}\right)\times 100 \qquad (۱)$$

که در آن، DS: شدت بیماری، Ni: تعداد گیاهان آلوده با نمره مشابه، Vi: نمره بیماری از ۱ تا ۷، N: تعداد کل برگ‌های مورد ارزیابی و V: بالاترین نمره بیماری (۷) است.

داده‌های حاصل به‌وسیله نرم‌افزار آماری SAS ارزیابی شد و میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفت.

اثربخشی تیمارها در کاهش بیماری در مقایسه با شاهد با استفاده از معادله (۲) برای داده‌ها محاسبه شد.

(۲)

$$\text{کارآیی مهار} = 100 \times \frac{\text{شدت بیماری شاهد} - \text{شدت بیماری تیمار}}{\text{شدت بیماری شاهد}}$$

جدول ۱- تیمارهای مورد استفاده علیه بیماری سفیدک پودری خیار در این تحقیق

Table 1- Treatments used against powdery mildew of cucumber in this study

Treatment	Rate ($g.L^{-1}$)
Allicin ME 5%	0.5
Allicin ME 5%	1
Allicin ME 5%	1.5
Mildew cut Ec 13%	4
Mildew cut Ec 13%	5
Mildew cut Ec 13%	6
Cidly top DC 14%	0.75
Control	Water

جدول ۲- سیستم نمره‌دهی جهت محاسبه شاخص بیماری سفیدک پودری خیار (Horsphal & Barratt, 1945)

Table 2- The scoring system to calculate disease index in powdery mildew of cucumber

Infection rate%	Score
No infection	1
0.1 - 0.3	2
3.1 - 6	3
6.1 - 12	4
12.1 - 25	5
25.1 - 50	6
>50	7

نتایج

علائم بیماری

علائم و نشانه‌های بیماری سفیدک سطحی خیار، به‌صورت لکه‌های سفید متشکل از ریسه و کنیدیوم‌های قارچ عامل بیماری روی سطح رویی و زیرین برگ‌ها مشاهده شد (شکل ۱). پراکنش علائم بیماری روی برگ‌های پایینی، میانی و در برخی موارد برگ‌های جوان بالایی بوته‌ها مشاهد شد. در موارد پیشرفته بیماری، علائم روی دمبرگ، ساقه و میوه نیز مشاهده گردید. اثربخشی کاربرد قارچ‌کش‌ها در کاهش شدت بیماری در شکل‌های (۲ و ۳) نشان داده شده است.

شکل ۱- علائم بیماری سفیدک سطحی در مرحله میوه‌دهی خیار در منطقه ورامین (عکس اصلی)

Figure 1- Powdery mildew symptoms on cucumber (original)

شکل ۲- مقایسه علائم سفیدک سطحی خیار در بوته سم‌پاشی‌نشده (a) و بوته سم‌پاشی‌شده با میلدیوکات (b) (عکس اصلی)

Figure 2- Comparison of powdery mildew symptoms in untreated (a) and treated plant with mildew cut fungicide(b) (original)

شکل ۳- مقایسه علائم بیماری سفیدک سطحی قبل (a) و بعد از کاربرد قارچ‌کش آلیسین (b) (عکس اصلی)

Figure 3- Comparison of powdery mildew symptoms before (a) and after (b) treatment with allicin (original)

نتایج آزمایش گلخانه‌ای در منطقه ورامین

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌های حاصل از انجام آزمایش در منطقه ورامین به‌ترتیب در جداول ۳ و ۴ نشان داده شده است. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که در سطح آماری پنج درصد، اختلاف معنی‌داری بین تیمارها و شاهد وجود دارد. میان بلوک‌ها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). نتایج ارزیابی اول (قبل از اعمال تیمارها) نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین تیمارها وجود نداشت. میانگین شدت بیماری در ابتدای شروع پروژه و قبل از اعمال تیمارها، ۲۸/۴ درصد برآورد شد. داده‌های ارزیابی اول اگرچه ارزش آماری ندارند، ولی بیانگر یکنواختی نسبی شرایط انجام آزمایش و بروز علائم بیماری قبل از اعمال تیمارها است. در منطقه ورامین در مجموع سه نوبت محلول‌پاشی انجام شد. ارزیابی اول قبل از اعمال تیمارها و ارزیابی‌های دوم تا چهارم به‌فاصله هفت تا ۱۰ روز بعد از هر نوبت محلول‌پاشی صورت گرفت. نتایج مقایسه میانگین‌ها بعد از ارزیابی دوم نشان داد که تیمارهای آلیسین یک، ۱/۵ در هزار، میلدیوکات شش در هزار و سیدلی تاپ ۰/۷۵ در هزار به‌ترتیب با ۹، ۹/۸، ۱۱ و ۱۳/۳ درصد بیماری، کمترین شدت بیماری را نشان دادند و در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۴). از نظر درصد کارآیی مهار تیمارها بعد از اولین نوبت سم‌پاشی، تیمارهای آلیسین یک ، ۱/۵ در هزار، سیدلی تاپ ۰/۷۵ و میلدیوکات شش در هزار به‌ترتیب با کارآیی مهار ۷۵/۷، ۷۳/۵، ۷۰/۴ و ۶۴/۲ درصد، تیمارهایی بودند که بالای ۵۰ درصد مهار نشان دادند (جدول ۴). در ارزیابی سوم بعد از نوبت دوم اعمال تیمارها، نتایج نشان داد که تیمارهای میلدیوکات شش در هزار، آلیسن یک در هزار، سیدلی‌تاپ ۰/۷۵ و آلیسین ۱/۵ در هزار به‌ترتیب با شدت بیماری ۴/۸، ۵/۸، ۷ و ۸/۳ درصد، تیمارهایی بودند که شدت بیماری را به کمتر از ۱۰ درصد کاهش دادند و به‌ترتیب کارآیی مهار ۹۲/۳، ۹۰/۳، ۸۸/۳ و ۸۶/۲ درصد را نشان دادند. در ارزیابی نوبت چهارم (بعد از سومین مرحله اعمال تیمارها)، تیمارهای آلیسین یک در هزار، میلدیوکات پنج در هزار، سیدلی تاپ ۰/۷۵ در هزار و آلیسین ۱/۵ در هزار به‌ترتیب با کارآیی ۹۴/۳، ۹۳/۱، ۹۳/۱ و ۹۳/۰۱ درصد بالاترین درصد مهار را داشته، شدت بیماری را به کمتر از ۱۰ درصد کاهش داده و از نظر آماری در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۴). شدت بیماری در شاهد در نوبت چهارم ارزیابی، ۸۶/۶ درصد گزارش شد. میانگین درصد شدت بیماری قارچ‌کش‌های آلیسین، میلدیوکات و سیدلی تاپ (میانگین هر سه دُز مصرفی) به‌ترتیب در ارزیابی سوم ۸/۰۳ ، ۱۰/۹ و ۷ درصد، و در ارزیابی چهارم ۷/۱۵، ۱۰/۴ و ۶ درصد محاسبه شد. میانگین درصد شدت بیماری در تمامی تیمارها در ارزیابی نوبت سوم اعمال تیمارها (با میانگین شدت بیماری ۹/۲ درصد) و ارزیابی نوبت چهارم (با میانگین شدت بیماری ۸/۴ درصد) برآورد شد و نشان داد که تفاوت چشمگیری نداشته و با دو نوبت محلول‌پاشی، شدت بیماری به کمتر از ۱۰ درصد خواهد رسید.

نتایج آزمایش در منطقه خوزستان

نتایج اجرای آزمایش در منطقه خوزستان در جداول ۵ و ۶ نشان داده شده است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در ارزیابی اول (قبل از اعمال تیمارها) اختلاف معنی‌داری بین تیمارها وجود نداشت. داده‌های ارزیابی اول اگرچه ارزش آماری نداشت، ولی نشان داد که میانگین درصد شدت بیماری قبل از اعمال تیمارها ۷/۵ بود و همه تیمارها در یک گروه آماری قرار گرفتند و بیانگر یکنواختی شرایط آلودگی قبل از اجرای آزمایش است (جداول ۵ و ۶).

جدول ۳- تجزیه واریانس داده‌های مربوط به شاخص شدت بیماری سفیدک پودری خیار در تیمارهای آزمایشی مورد استفاده در چهار نوبت ارزیابی در منطقه ورامین

Table 3- Analysis of variance of disease severity index in applied treatments against cucumber powdery mildew in four rounds of assessment in Varamin

		1st assessment	2nd assessment	3rd assessment	4th assessment
S.O.V	df	Mean of squares	Mean of squares	Mean of squares	Mean of squares
Block	2	24.3^{ns}	36.7^{ns}	3.26^{ns}	6.78^{ns}
Treatment	7	117^{ns}	1650**	2493**	2326**
Error	14	53.8	1066	9.2	1.90
Total	23				
CV		19.5	13.5	15.7	7.60

**: اختلاف در سطح یک درصد معنی‌دار است. ns: اختلاف معنی‌دار نیست.

** = significant at level of 1%, ns = non-significant

جدول ٤- مقایسه میانگین شدت بیماری و کارآیی مهار سفیدک پودری خیار در حضور تیمارهای مختلف در منطقه ورامین (آزمون دانکن در سطح پنج درصد)

Table 4- The mean comparison of disease severity and control efficiency of treatments against cucumber powdery mildew in the Varamin (Duncan test at 5% level)

Treatment	1st assessment	2nd assessment	Control efficiency%	3rd assessment	Control efficiency%	4th assessment	Control** efficiency%
Allicin 0.5 g L^{-1}	24.1^{a}	21.6^{bc}	41.8	10^{bc}	83.3	10.5^{b}	87.9
Allicin 1 g L^{-1}	30.3^{a}	9^{d}	75.7	5.8^{c}	90.3	4.9^{c}	94.3
Allicin 1 5 g L^{-1}	28.9^{a}	9.8^{d}	73.5	8.3^{bc}	86.2	6.05^{c}	93.01
Mildew cut 4 g L^{-1}	29.8^{a}	24.3^{b}	34.6	16.6^{b}	72.3	13.6^{b}	84.3
Mildew cut 5 g L^{-1}	32.2^{a}	23.6^{b}	36.5	11.6^{bc}	8.7	11.7^{b}	86.4
Mildew cut 6 g L^{-1}	33.9^{a}	13.3^{cd}	64.2	4.6^{c}	92.3	6^{c}	93.1
Cidly top 0.75 g L^{-1}	27.1^{a}	11^{d}	70.4	7^{c}	88.3	6^{c}	93.1
Control	24^{a}	37.2^{a}	–	60^{a}	–	86.6^{a}	–

*ستون با میانگین دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌دار ندارند. ** براساس دادههای ارزیابی چهارم

* = column with at least one similar letter are not significant, ** = based on 4th assessment data

درصد شدت بیماری تیمار شاهد (بدون اعمال مهار) در مدت زمان اجرای آزمایش از ۸/۵ درصد به ۸۷/۸ درصد افزایش نشان داد. در ارزیابی دوم تا پنجم از نظر شدت بیماری، بین تیمارها و شاهد اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد دیده شد (جدول ۵). مقایسه میانگین تیمارها بعد از ارزیابی دوم نشان داد که تیمار آلیسین ۰/۵ در هزار کمترین کارآیی مهار (۴۵/۵) را نشان داد و بقیه تیمارها اگرچه کارآیی مهار بالای ۵۰ درصد را نشان دادند، ولی همه در یک گروه آماری قرار گرفتند و تیمار میلدیوکات پنج در هزار با کارآیی مهار ۶۸/۱ درصد بیشترین درصد مهار را نشان داد. مقایسه میانگین درصد شدت بیماری در ارزیابی سوم نشان داد که کمترین درصد کارآیی مهار (۴۷/۹) مربوط به تیمار آلیسین ۰/۵ در هزار بود و بقیه تیمارها کارآیی مهار بالای ۶۰ درصد نشان دادند و تیمار آلیسین ۱/۵ در هزار با کارآیی مهار ۷۵/۸ درصد بیشترین بود، اگرچه با بقیه تیمارها در گروه آماری مشترک قرار گرفت. ارزیابی چهارم نشان داد که تیمارهای آلیسین ۱/۵ در هزار و میلدیوکات پنج در هزار به‌ترتیب با کارآیی مهار ۸۰/۴ و ۸۰/۱ درصد برتر و در یک گروه آماری قرار گرفتند، آلیسین ۰/۵ در هزار با کارآیی مهار ۵۵/۳ درصد کمترین بود و بقیه در میان این دو گروه قرار گرفتند. در ارزیابی پایانی (پنجم)، نتایج مقایسه میانگین تیمارها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن نشان داد که تیمار میلدیوکات شش در هزار، میلدیوکات پنج در هزار و آلیسین ۱/۵ در هزار به‌ترتیب با کارآیی مهار ۸۰/۶، ۸۲/۷ و ۸۳/۱۴ درصد، تیمارهای برتر بودند و در گروه آماری d قرار گرفتند (جدول ۶). در قارچ‌کش آلیسین با افزایش غلظت، کارآیی مهار، افزایش نشان داد. در قارچ‌کش میلدیوکات نیز با افزایش غلظت از دُز چهار در هزار به پنج در هزار، کارآیی مهار، افزایش نشان داد، ولی از دُز پنج در هزار به شش در هزار، کاهش نشان داد، اگرچه در یک گروه آماری قرار گرفتند. لذا براساس نتایج این تحقیق، آلیسین ۱/۵ در هزار و میلدیوکات پنج در هزار به‌عنوان تیمارهای برتر معرفی می‌شوند و می‌توانند برای مهار بیماری سفیدک سطحی خیار استفاده شوند. نتایج درصد شدت بیماری در ارزیابی نوبت چهارم اعمال تیمارها (با میانگین شدت بیماری ۲۰/۷ درصد) و ارزیابی نوبت پنجم (با میانگین شدت بیماری ۲۲/۸ درصد) تفاوت چشمگیری نداشته و لذا با سه نوبت محلول‌پاشی، مهار بیماری در سطح قابل قبول مشاهده شد، اگر چه شرایط محیطی در سال‌های زراعی متفاوت و تعیین‌کننده است.

بحث

کاربرد قارچ‌کش‌ها به‌عنوان تکمیل‌کننده راهبردهای مدیریت بیماری‌های هوابرد به‌ویژه سفیدک‌های سطحی و داخلی، امری اجتناب‌ناپذیر است (Hollomon & Wheeler, 2002). از طرفی بروز مقاومت به قارچ‌کش‌ها و از طرف دیگر ضرورت جایگزین نمودن قارچ‌کش‌های شیمیایی با قارچ‌کش‌های گیاه–پایه و کم‌خطر، اهتمام به انجام مداوم آزمایش قارچ‌کش جدید با هدف جایگزینی و یا کاربرد تناوبی قارچ‌کش‌ها به‌خصوص در شرایط گلخانه را دوچندان ساخته است. امروزه در دنیا، به استفاده از ترکیبات طبیعی، عصاره‌های گیاهی و قارچ‌کش‌های گیاه–پایه که هم خاصیت قارچ‌کشی داشته و هم

درجه سمیت و خطر کمتری دارند، توجه ویژه‌ای شده است (Newman *et al*., 2012; Marchese *et al*., 2016).

جدول ۵- تجزیه واریانس داده‌های مربوط به شاخص شدت بیماری سفیدک پودری خیار در تیمارهای آزمایشی مورد استفاده در پنج نوبت ارزیابی در منطقه خوزستان

Table 5- Analysis of variance of disease severity index in applied treatments against cucumber powdery mildew in five rounds of assessment in Khuzestan

		1st assessment	2nd assessment	3rd assessment	4th assessment	5th assessment
S.O.V	**df**	**Mean of squares**	**Mean of squares**	**Mean of squares**	**Mean of squares**	**Mean of squares**
Block	2	0.33^{ns}	0.94^{ns}	2.36^{ns}	9.78^{ns}	7.04^{ns}
Treatment	7	2.21^{ns}	141^{**}	404^{**}	989^{**}	1455^{**}
Error	14	0.38	1.6	2.02	4.98	5.06
Total	23					
CV		7.1	9.01	7.24	8.79	7.3

**: اختلاف در سطح یک درصد معنی‌دار است. ns: اختلاف معنی‌دار نیست.

** = significant at level of 1%, ns = non-significant

جدول ٦- مقایسه میانگین شدت بیماری و کارآیی مهار سفیدک پودری خیار در حضور تیمارهای مختلف در منطقه خوزستان (آزمون دانکن در سطح پنج درصد)

Table 6- The Mean comparison of disease severity and control efficiency of treatments against cucumber powdery mildew in Khuzestan (Duncan test at 5% level)

Treatment	1st assessment	2nd assessment	Control efficiency %	3rd assessment	Control efficiency %	4th assessment	Control efficiency %	5th assessment	Control** efficiency %
Allicin 0.5 g L^{-1}	6.8^{ab}	16.5^{b}	45.3	23.7^{b}	47.9	30.3^{b}	55.3	38^{b}	56.7
Allicin 1 g L^{-1}	6.3^{b}	12.8^{c}	57.6	17.8^{c}	60.9	20.5^{cd}	69.8	24.8^{c}	71.7
Allicin 1.5 g L^{-1}	6.6^{ab}	9.8^{c}	67.5	11^{e}	75.8	13.3^{e}	80.4	14.8^{d}	83.14
Mildew cut 4 g L^{-1}	8.3^{a}	11.3^{c}	62.5	17.6^{c}	61.3	22.3^{c}	67.1	25.8^{c}	70.6
Mildew cut 5 g L^{-1}	7.8^{ab}	9.6^{c}	68.1	12^{de}	73.6	13.5^{e}	80.1	15.2^{d}	82.7
Mildew cut 6 g L^{-1}	8.3^{a}	10.5^{c}	65.2	12.6^{de}	72.3	14.6^{de}	78.5	17^{d}	80.6
Cidly top 0.75 g L^{-1}	7^{a}	11.5^{c}	61.9	15.5^{cd}	65.9	20.5^{cd}	69.8	24.3^{c}	72.3
Control	8.5^{a}	30.16^{a}	-	45.5^{a}	-	67.8^{a}	-	87.8^{a}	-

ستون دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌دار ندارند

* = column with at least one similar letter are not significant

در این تحقیق، کارآیی قارچ‌کش‌های جدید گیاه-پایه میلدیوکات و آلیسین در مهار بیماری سفیدک سطحی خیار تحت شرایط گلخانه در دو منطقه خوزستان (گرم و مرطوب) و ورامین (معتدل و نسبتا خنک) مورد ارزیابی قرار گرفت. قارچ‌کش میلدیوکات حاوی ۱۰ درصد روغن سیر (۰/۰۳ درصد آلیسین) و سه درصد اسانس میخک (۲/۲ درصد اوزنول) و با فرمولاسیون 13% EC است. این قارچ‌کش محافظتی بوده و وجود اسانس روغنی در فرمولاسیون آن باعث تشکیل یک لایه محافظ در سطح برگ میزبان شده و مانع اتصال، جوانه‌زنی اسپور قارچ و ورود لوله تندش و میسلیوم عامل بیماری سفیدک سطحی به داخل میزبان می‌شود. اگرچه قارچ‌کش میلدیوکات از نظر نام مشابه قارچ‌کش میلدیوکیور است، ولی از نظر ترکیبات ماده مؤثره و فرمولاسیون تفاوت دارند. قارچ‌کش میلدیوکیور (Mildew cure WP 83%) قارچ‌کشی با اثر محافظتی بر پایه اسانس گیاهی است. این قارچ‌کش از ۳۰ درصد روغن پنبه، ۳۰ درصد روغن ذرت و

۲۳ درصد اسانس سیر تشکیل شده و برای مهار بیماری سفیدک سطحی خیار به‌میزان هفت تا ۱۰ میلی‌لیتر در لیتر توصیه شده است (Shikhi *et al.*, 2015). قارچ‌کش آلیسین یک قارچ‌کش زیستی و بر پایه عصاره گیاهی و با نام تجاری Allicin و با فرمولاسیون میکروکپسول (ME 5%) است. ماده آلیسین با نام شیمیایی S-(2-propenyl)-2-propene-1-sulfinothioate که به‌طور طبیعی در عصاره گیاه سیر یافت می‌شود، از واکنش آلیین در حضور آنزیم آلیناز تولید می‌شود و دارای خاصیت ضدقارچی و ضدمیکروبی وسیعی است (Li *et al.* 2022). تحقیقات نشان داده است که یکی از سازوکارهای اثر آلیسین، تخریب غشاء سلولی قارچ و همچنین ایجاد تغییر در میزان نفوذپذیری غشاء سلولی است (Li *et al.* 2022). سازوکار بعدی آلیسین، ایجاد اختلال در مسیر سنتز GPI (glycosylphosphatidylinositol) می‌باشد. آلیسین یک ترکیب گوگردی و با فرمول $C_6H_{10}OS_2$ است که در چربی حل می‌شود و این خاصیت آن باعث افزایش دامنه تأثیر آن بر روی انواع ریزجانداران شده است (Omar & Al-Wabel, 2010). کاربرد ترکیب آلیسین و کیتوزان علیه بیماری سفیدک سطحی رز (*Sphaerotheca* sp.) در چین باعث مهار بیماری شده و علاوه‌بر خاصیت قارچ‌کشی باعث افزایش میزان فتوسنتز و تشکیل کلروفیل در گیاه نیز شد. نتیجه این تحقیق نشان داده است که کارآیی همزمان این دو ترکیب در مقایسه با کاربرد هر کدام به‌تنهایی، در مهار بیماری سفیدک سطحی رز بیشتر بود (Li *et al.*, 2021). تحقیقات نشان داده است که ترکیبات گیاه–پایه با خاصیت قارچ‌کشی در مقایسه با قارچ‌کش‌های شیمیایی و آنتی بیوتیک‌ها، خطر کمتری داشته و به‌نسبت ایمن هستند. به‌عنوان مثال، محلول آبی اسیدآسکوربیک و کیتوزان، به‌عنوان محرک رشد و ترکیبات القاءکننده مقاومت گیاه در برابر برخی از بیمارگرهای قارچی مورد استفاده قرار گرفتند (Li *et al.* 2021). ترکیب آلیسین به‌عنوان قارچ‌کش علیه بسیاری از قارچ‌ها، برخی باکتری‌ها و شبه قارچ‌ها مانند *Plectospherella cucumerina, Botrytis cinerea, Phytophthora infestans, Xanthomonas axonopodis, Magnaporthe grisea* و *Alternaria brassicicola* استفاده شده است (Curtis *et al.*, 2004 ; Slusarenko *et al.*, 2008).

با توجه به اهمیت بیماری سفیدک سطحی خیار در کشور ایران، تاکنون قارچ‌کش‌های متعددی مانند آزوکسی استروبین + دیفنوکونازول (ارتیواتاپ SC 32.5%)، دیفنو کونازول + سیفلوفنامید (سیدلی تاپ)، اسپینزولر اس متیل (بیون، اکتی گارد و بندیکار)، کلروتالونیل (داکونیل)، هگزاکونازول (آنویل)، پنکونازول (توپاس)، تتراکونازول (دومارک EC 10%)، تریادیمفون (بایلتون)، کرزوکسیم متیل (استروبی WG 50%)، بیکربنات پتاسیم (کالیبان)، ایمنوکتادین تریس (بلکیوت WP 40%) تریفلوکسی استروبین (فلینت WG 50%)، سولفور تحت نام‌های تجاری تیوویت، کومولوس و سولفولاک WP 80% برای مهار بیماری سفیدک پودری خیار به ثبت رسیده‌اند (Shikhi *et al.*, 2015). اگرچه مهار شیمیایی، راهکار اصلی مهار بیماری‌های برگی در خیار است، ولی ظهور جمعیت‌های مقاوم به قارچ‌کش‌ها به‌عنوان یک چالش بزرگ پیش روی کشاورزان است. مقاومت به گروه‌های مختلف قارچ‌کش به دفعات در محصولات مختلف گزارش شده است (Myresiotis *et al.*, 2007 ; Fernández-Ortuño *et al.*, 2013). همچنین مقاومت همزمان به چندین گروه قارچ‌کشی مختلف نیز گزارش شده است (Fernández-Ortuño *et al.*, 2016). از این‌رو اختلاط چند قارچ‌کش مربوط به کلاس‌های قارچ‌کشی مختلف برای غلبه بر مقاومت و مهار بیماری به‌عنوان یک راهبرد کنترلی رواج پیدا کرده است (Leroux, 2007 ; Fernández-Ortuño *et al.*, 2016). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که ترکیبات گیاه‌پایه میلدیوکات در غلظت پنج گرم در لیتر و آلیسین با غلظت یک گرم در لیتر می‌توانند به‌عنوان جایگزین یا در تناوب با قارچ‌کش‌های شیمیایی برای مهار بیماری سفیدک سطحی خیار مورد استفاده قرار گیرند. تعداد دفعات محلول‌پاشی، دو تا حداکثر سه نوبت به‌فاصله هفت تا ۱۰ روز توصیه می‌شود. با توجه به شرایط اقلیمی متفاوت در مناطق اجرای آزمایش، در منطقه ورامین که آب‌وهوای خنک‌تر و معتدل‌تر در مقایسه با خوزستان دارد، در صورت نیاز به مهار شیمیایی سفیدک سطحی در این منطقه، توصیه می‌شود که محلول‌پاشی حداکثر دو نوبت انجام شود، اگرچه شدت بیماری ممکن است در سال‌های زراعی مختلف تحت تأثیر عوامل محیطی و ارقام، متغیر باشد.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج به‌دست‌آمده در دو منطقه، قارچ‌کش آلیسین در غلظت‌های یک و ۱/۵ در هزار به‌ترتیب کارآیی مهار ۸۳ و ۸۸/۰۸ درصد نشان داد. قارچ‌کش میلدیوکات در غلظت‌های پنج و شش در هزار، به‌ترتیب کارآیی مهار ۸۴/۶ و ۸۶/۶ درصد نشان داد. قارچ‌کش مرجع (سیدلی تاپ ۰/۷۵ در هزار)، کارآیی مهار ۸۲/۷ درصد نشان داد. نتایج این تحقیق نشان داد که ترکیبات گیاه–پایه میلدیوکات در غلظت پنج گرم در لیتر و آلیسین با غلظت یک گرم در لیتر می‌توانند به‌عنوان جایگزین یا در تناوب با قارچ‌کش‌های شیمیایی برای مهار بیماری سفیدک سطحی خیار مورد استفاده قرار گیرند. تعداد دفعات محلول‌پاشی، دو تا حداکثر سه نوبت به‌فاصله هفت تا ۱۰ روز توصیه می‌شود.

حمایت مالی

این تحقیق با حمایت مالی پژوهشکده گیاهان دارویی وابسته به

جهاد دانشگاهی جهت ارزیابی کارآیی قارچ‌کش گیاه-پایه میلدیوکات و همچنین شرکت گیاه پرنیان اطلس برای ارزیابی کارآیی قارچ‌کش گیاه‌پایه با نام تجاری آلیسین و فرمولاسیون میکرو-کپسول امولیسیون‌شونده 5% ME با ماده مؤثره (دی آلیل دی سولفید + دی آلیل تری سولفید) در مهار بیماری سفیدک پودری خیار در شرایط گلخانه اجرا شده است.

References

1. Azimi, H. (2012). Effect of kresoximmethyl and tetraconazole fungicides in combination with potassium bicarbonate for controlling powdery mildew disease of cucurbits under greenhouse conditions. *Journal of Applied Research in Plant Protection, 1*(1), 57-65. (in Persian with English abstract)
2. Azimi, H. (2014). Controlling effects of potassium bicarbonate on the powdery mildew (*Erysiphe cichoracearum* dc.) of cucurbits under field and greenhouse conditions. *Pesticides in Plant Protection Sciences, 1*(1), 62-75. (in Persian with English abstract)
3. Azimi, H. (2016). Investigation on the efficacy of iminoctadine tris (wp 40%) in the control of cucumber powdery mildew disease, *Golovinomyces cichoracearum* (dc.) v.p. Heluta. *Pesticides in Plant Protection Sciences, 3*(1), 50-61. (in Persian with English abstract)
4. Babai-Ahari, A., Khoshkalam, N., & Valizadeh, M. (2012). Identification of cucumber powdery mildew agents and determination of their race in East Azarbaijan province. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture), 35*(1), 55-68. (In Persian with English Abstract).
5. Braun, U., & Cook, R.T.A. (2012). Taxonomic Manual of the Erysiphales (powdery mildews). *CBS Biodiversity Series, No. 11*. CBS–KNAW Fungal Biodiversity Centre, Utrecht, The Netherlands.
6. Braun, U., Shin, H.D., Takamatsu, S., Meeboon, J., Kiss, L., Lebeda, A., Kitner, M. and Götz*et*, M. (2019). Phylogeny and taxonomy of *Golovinomyces orontii* revisited. *Mycological Progress, 18*, 335–357. https://doi.org/10.1007/s11557-018-1453-y
7. Curtis, H., Noll, U., Störmann, J., & Slusarenko, A.J. (2004). Broad-spectrum activity of the volatile phytoanticipin allicin in extracts of garlic (*Allium sativum* L.) against plant pathogenic bacteria, fungi and Oomycetes. *Physiological and molecular plant pathology, 65*, 79–89. https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2004.11.006
8. Fernández-Ortuño, D., Chen, F., & Schnabel, G. (2013). Resistance to cyprodinil and lack of fludioxonil resistance in *Botrytis cinerea* isolates from strawberry in North and South Carolina. *Plant disease, 97(1)*, 81-85. https://doi.org/10.1094/PDIS-06-12-0539-RE
9. Fernandez-Ortuno, D., Torés, J. A., Chamorro, M., Pérez-García, A., & de Vicente, A. (2016). Characterization of resistance to six chemical classes of site-specific fungicides registered for gray mold control on strawberry in Spain. *Plant Disease, 100(11)*, 2234-2239. https://doi.org/10.1094/PDIS-03-16-0280-RE
10. Gerami, E., Azimi, H., & Eslahi, M.R. (2019). Evaluation of the efficacy of the fungicide difenoconazole + cyflufenamid (cidelytop® dc 140) against *Golovinomyces cichoracearum*, causal agent of cucumber powdery mildew disease. *Pesticides in Plant Protection Sciences, 7*(2), 118-133. (in Persian with English abstract).
11. Gholamzadeh-Bazar Bash et al., 2025, A., Qoli Toloui, S., Allahverdipour, T., & Salehzadeh, M. (2025). Control of tomato early blight (Alternaria solani) disease by aqueous extract of thyme (Thymus vulgaris). *Iranian Plant Protection Research*, 39(1), 61- 83. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/JPP.2025.87475.1183.
12. Hector, G., Palenius, N., Hopkins, D., & Cantiffe, D.J. (2006). Powdery Mildew of Cucurbits in Florida. http://edis.ifas.ufl.edu/hs321, Accessed on 12 February 2015. https://doi.org/10.32473/edis-hs321-2006
13. Hollomon, D. W., & Wheeler, I. E. (2002). The powdery mildews: a comprehensive treatise (249-255) In: Bélanger, R.R., Bushnell, W.R., Dik, A.J., Carver, T.L.W (Eds.). Controlling powdery mildews with chemistry. English, Book chapter, USA, 0-89054-291-0, St. Paul, American Phytopathological Society (APS Press). https://doi.org/10.1017/s0269915x03233127
14. Horsfall, J.G., & Barratt, R.W. (1945). An improved grading system for measuring plant disease. *Phytopathology, 115*, (8). https://doi.org/10.1094/Phyto-35-655
15. Kim, J.C., Choi, G.J., Lee, S.W., Kim, J.S., Chung, K.Y., & Cho, K.Y. (2004). Screening for antifungal extracts against various plant pathogenic fungi and control of powdery mildew with extracts of *Achyranthes japonica* and *Rumex crispus*. *Pest Management Science, 60*, 803–808. https://doi.org/10.1002/ps.811
16. Khodaparast, S.A. (2016). Molecular identification of some anamorphic powdery mildews (Erysiphales) in Guilan province, north of Iran. *Mycologia Iranica*, *3*(2), 127-133. https://doi.org/10.22043/mi.2017.68336.1095
17. Leroux, P. (2007). Chemical control of Botrytis and its resistance to chemical fungicides. In Botrytis: Biology, pathology and control (pp. 195-222). Dordrecht: Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-2626-3_12
18. Li, J., Li, R., Zhang, C., Guo, Z., Wu, X., & An, H. (2021). Co-application of allicin and chitosan increases resistance of *Rosa roxburghii* against powdery mildew and enhances its yield and quality. *Aantibiotics Basel,*

10(12), 1449. https://doi.org/10.3390/antibiotics10121449
19. Li, Z., Li, Z., Yang, J., Lu, C., Li, Y., Luo, Y., Cong, F., Shi, R., Wang, Z., Chen, H., Li, X., Yang, J., & Ye, F. (2022). Allicin shows antifungal efficacy against *Cryptococcus neoformans* by blocking the fungal cell membrane. *Frontiers in Microbiology, 13*, 1012516. https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1012516 .
20. Marchese, A., Barbieri, R., Sanches-Silva, A., Daglia, M., Nabavi, S.F., Jafari, N.J., Izadi, M., Ajami, M., & Nabavi, S.M. (2016). Antifungal and antibacterial activities of allicin: A review. *Trends in Food Science & Technology*. *52*, 49–56. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.03.010
21. McGrath, M.T. (2005). Guidelines for managing cucurbit powdery mildew with fungicides. Department of Plant Pathology, Cornell University. Long Island Horticultural Research and Extension Center, Riverhead, USA. http://vegetablemdonline.ppath.cornell.edu/NewsArticles/Cuc_PM_Update
22. McGrath, M.T. (2011). Powdery mildew of cucurbits fact sheet. Department of Plant Pathology, Cornell University. Long Island Horticultural Research and Extension Center, Riverhead, USA. pp. 730-732. http://vegetablemdonline.ppath.cornell.edu/factsheets/Cucurbits_PM.htm
23. Mossler, M.A., & Nesheim, O.N. (2005). Florida Crop/Pest Management Profile: Squash Electronic Data Information Source of UF/IFAS Extension (EDIS). CIR 1265. https://doi.org/10.32473/edis-pi050-2009
24. Myresiotis, C. K., Karaoglanidis, G. S., & Tzavella-Klonari, K. (2007). Resistance of *Botrytis cinerea* isolates from vegetable crops to anilinopyrimidine, phenylpyrrole, hydroxyanilide, benzimidazole, and dicarboximide fungicides. *Plant Disease, 91*(4), 407-413. https://doi.org/10.1094/PDIS-91-4-0407
25. Newman, D.J., & Cragg, G.M. (2012). Natural products as sources of new drugs over the 30 years from 1981 to 2010. *Journal of natural products, 75*, 311–335. https://doi.org/10.1021/np200906s .
26. Omar, S.H., & Al-Wabel, N.A. (2010). Organosulfur compounds and possible mechanism of garlic in cancer. *Saudi Pharmaceutical Journal. 18*, 51–58. https://doi.org/10.1016/j. jsps.2009.12.007 .
27. Pérez-García, A., Romero, D., Fernández-Ortuño, D., López-Ruiz, F., De Vicente, A., & Torés, J.A. (2009). The powdery mildew fungus *Podosphaera fusca* (synonym *Podosphaera xanthii*), a constant threat to cucurbits. *Molecular plant pathology. 10*(2), :153-60. https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2008.00527.x .
28. Shikhi, A., Najafi, H., Abbasi, S., Moradi, M., Saber, F., & Rashid, M. (2015). Guide to Chemical and Organic Pesticides of Iran. 5th edition, Nashr Ketab Paytakht, Tehran, Iran. 412 pp.
29. Sirous, A., Jamalizavareh, A.H., & Fadaei Tehrani, A.A. (2012). An investigation on the effectiveness of some plant extracts for the control of cucumber powdery mildew. *Iranian Journal of Plant Pathology, 4*8(3), 433-437. (in Persian with English abstract).
30. Slusarenko, A.J., Patel, A., & Portz, D. (2008). Control of plant diseases by natural products: Allicin from garlic as a case study. *European Journal of Plant Pathology. 121*, 313–322. https://doi.org/10.1007/s10658-007-9232-7
31. Tang, R., Zhang, X.H., Hu, T.L., & Cao, K.Q. (2003). Control effect of the extracts from *Rheum palmatum* on powdery mildew of cucumber. *Journal of Anhui Agricultural College, 30(4)*, 363–366.
32. Zitter, T.A., Hopkins, D.L., & Thomas, C.E. (1996). Compendium of Cucurbit Diseases. APS
33. Press, St. Paul, Minn. USA. 120 pp.