پژوهش‌های کاربردی در گیاه‌پزشکی ۱۳ (۱): ۹۵–۸۷ (۱۴۰۳)- مقاله پژوهشی
Journal of Applied Research in Plant Protection 13 (1): 87–95 (2024)-*Research Article*

https://dx.doi.org/10.22034/arpp.2024.17480

مقایسه کارایی برخی قارچ‌کش‌ها و ترکیبات غیر سمی در کنترل بیماری بلایت زودرس سیب‌زمینی

مجتبی مرادزاده اسکندری✉، محمدرضا حسینی

بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، خراسان رضوی، مشهد، ایران.
✉mmeplantpathologist@gmail.com

دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۲۶ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۸/۱۱ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۱۳

چکیده

بیماری بلایت زودرس سیب‌زمینی توسط قارچ‌های *Alternaria solani* و *A. alternata* ایجاد می‌شود. میزان خسارت این بیماری بسیار متغیر و بین ٪۷۸-۵ گزارش شده است. در این پژوهش، تاثیر ترکیبات پروپاموکارب + فنامیدون SC45%، کلرتالونیل WP75%، آزوکسی-استروبین + دیفنوکونازول SC32.5%، بوسکالید + پیراکلوستروبین WG33.4%، سیموکسانیل + هیدروکسیدمس، بیکربنات‌سدیم، کلریدکلسیم، ترکیبات بیولوژیک کانگ‌می و پارس‌باسیل در کنترل بیماری در آزمایشگاه و گلخانه مورد مقایسه قرار گرفت. به‌طورکلی، تمام ترکیبات در مقایسه با شاهد، باعث کاهش رشد میسلیومی دو گونه آلترناریا شدند. بیشترین تاثیر در کاهش رشد میسلیومی *A. alternata* مربوط به آزوکسی‌استروبین + دیفنوکونازول با غلظت ۳۰ پی‌پی‌ام و بوسکالید + پیراکلوستروبین با غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام بود. سیموکسانیل + هیدروکسیدمس با دو غلظت ۱۵۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام تنها پنج درصد باعث کاهش رشد میسلیومی این گونه شد. در بررسی‌های گلخانه‌ای، آزوکسی‌استروبین+دیفنوکونازول با غلظت یک در هزار موثرترین و پارس‌باسیل نیز با غلظت یک درصد، کم‌اثرترین ترکیب در کاهش شاخص شدت بیماری ناشی از *A. alternata* بودند. در مورد *A. solani*، آزوکسی‌استروبین + دیفنوکونازول با غلظت ۳۰ پی‌پی‌ام، بیکربنات‌سدیم با غلظت ۲۰۰۰۰ پی‌پی‌ام و بوسکالید+پیراکلوستروبین با غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام باعث کاهش ٪۹۹ رشد میسلیوم شدند. سیموکسانیل + هیدروکسیدمس با دو غلظت ۱۵۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام به عنوان کم‌اثرترین ترکیب، حدود ٪۲۶ مانع از رشد میسلیوم این گونه شد. در گلخانه نیز، آزوکسی‌استروبین + دیفنوکونازول با غلظت یک در هزار و بوسکالید + پیراکلوستروبین با غلظت ۰/۵ در هزار باعث کاهش ٪۱۰۰ شاخص شدت بیماری ناشی از *A. solani* شدند. کانگ‌می با غلظت یک درصد، تنها پنج درصد شاخص شدت بیماری را کم کرد و در عین‌حال با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری داشت.

کلمات کلیدی: لکه‌موجی، آلترناریا، دیفوروبین، سیگنوم، بیکربنات‌سدیم

The comparison of the efficacy of some fungicides and non-chemical compounds in control of potato early blight disease

Mojtaba Moradzade Eskandari✉, Mohammadreza Hosseini

Plant Protection Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Training Center of Khorasan Razavi Province, Khorasan Razavi, Mashhad, Iran.✉mmeplantpathologist@gmail.com

Received: 17 July 2023 Revised: 2 November 2023 Accepted: 4 November 2023

Abstract

Early blight disease on potato is caused by *Alternaria solani* and *A. alternata*. The damage rate of this disease is variable and has been reported between 5-78%. In this study, the effect of Propamocarb+fenamidone SC45%, Chlorothalonil WP75%, Azoxystrobin+difenoconazole SC32.5%, Boscalid+pyraclostrobin WG33.4%, Cymoxanil+copper hydroxide, Sodium bicarbonate, Calcium chloride, Cang Mei and Pars Basil in the laboratory and greenhouse was investigated. Generally, all of these treatments inhibited mycelial growth of *A. solani* and *A. alternata*. Azoxystrobin+difenoconazole and Boscalid+pyraclostrobin with concentration of 30 ppm and 100 ppm, respectively with 99% had the highest of percentage inhibition on the growth of *A. alternata* mycelium. The lowest effective treatment in mycelial growth inhibition of this species was Cymoxanil+copper hydroxide with concentration of 150 and 200 ppm. In greenhouse, Azoxystrobin+difenoconazole with concentration 1/1000 and Pars Basil with concentration 1/100 were the most and the least effective treatment in disease severity index of *A. alternata*, respectively. Azoxystrobin+difenoconazole, Sodium bicarbonate and Boscalid+pyraclostrobin with concentration 30, 20000 and 100 ppm, respectively decreased the growth of *A. solani* mycelium by 99%. Cymoxanil+copper hydroxide with concentration 150 and 200 ppm as the lowest effective treatment, inhibited the *A. solani* mycelium by 26%. In greenhouse, Azoxystrobin+difenoconazole and Boscalid+pyraclostrobin with concentration of 1/1000 and 0.5/1000, respectively decreased the disease severity index of *A. solani* by 100%. Cang Mei with concentration 1/100 decreased the disease severity index of this species by 5% with no difference with the control.

Keywords: Late Blight, Alternaria, Diforobin, Signum, Sodium Bicarbonate

How to cite:
Moradzade Eskandari M, Hosseini MR, 2024. The comparison of the efficacy of some fungicides and non-chemical compounds in control of potato Alternarios. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 13 (1): 87–95.

مقدمه

در حال حاضر سیب‌زمینی در ۱۲۰ کشور جهان کشت می‌شود و اهمیت آن به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه روز به روز افزایش می‌یابد. در سال ۲۰۱۹، تولید جهانی سیب‌زمینی در سرتاسر دنیا به ۳۷۰/۵ میلیون تن رسید (Soarf & Chiurciu 2021). بیش از ۴۰ بیمارگر باعث بروز خسارت در سیب‌زمینی می‌شوند (Kumar *et al.* 2020). بیماری بلایت زودرس یا لکه‌موجی از بیماری‌های قدیمی کاملا شناخته شده‌است و در تمام مناطق کشت سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی، فلفل و بادمجان مشاهده می‌شود (Chaudhary *et al.* 2021). این بیماری بیشتر گیاهان مسن و تحت تنش را آلوده می‌کند. لکه‌های کوچک تیره روی برگچه‌های مسن‌تر بر روی قسمت‌های پایینی گیاه پدید می‌آیند. این لکه‌ها غالبا شکل نامنظم داشته و مشخصه اصلی آن‌ها وجود حلقه‌های متحدالمرکز داخلی می‌باشد که به همین علت لکه‌موجی نامیده می‌شود (Soheili Moghadam *et al.* 2016). میزان خسارت بیماری بلایت زودرس بسیار متغیر بوده و بین ۵-۷۸٪ گزارش شده است (Chaudhary *et al.* 2021). این بیماری در انبار از طریق زخم موجود در غده‌ها سبب آلودگی و ایجاد پوسیدگی خشک می‌شود (Soheili Moghadam *et al.* 2016).

عامل بیماری بلایت زودرس سیب‌زمینی در ایران بیشتر دو گونه قارچ *Alternaria solani* Sorauer و *A. alternata* Keissl است. این قارچ، نوعی بیمارگر هوازاد با اسپورهای تیره چند سلولی است که با باد، باران و قطرات آبیاری منتقل می‌شود (Chaudhary *et al.* 2021). قارچ عامل بیماری به صورت اسپور و میسلیوم در بقایای گیاهی آلوده، روی سیب‌زمینی‌های باقی‌مانده در مزرعه، درون خاک زراعی و روی گیاهان خانواده بادنجانیان زمستان‌گذرانی می‌کند. این قارچ مستقیما از طریق اپیدرم وارد برگ‌ها می‌شود. آلودگی زمانی رخ می‌دهد که اسپورهای قارچ با برگ‌های حساس گیاه تماس پیدا کند و رطوبت به اندازه کافی وجود داشته باشد (Soheili Moghadam *et al.* 2016).

برای کنترل بیماری لکه‌موجی سیب‌زمینی علاوه بر مدیریت با روش‌های زراعی مانند تناوب کشت، استفاده از بذور سالم، حذف غده‌های آلوده، مراقبت و نگهداری صحیح غده‌ها در زمان انبارداری و استفاده از ارقام مقاوم، کنترل شیمیایی با استفاده از قارچ‌کش‌های مناسب نیز ضروری است (Soheili Moghadam *et al.* 2016).

دریک پژوهش، مانکوزب تا حدود ۶۳٪ باعث کاهش بیماری لکه موجی سیب‌زمینی شد (Kapsa 2004). اگرچه در آزمایشی دیگر، اثربخشی آزوکسی‌استروبین در کاهش شدت بیماری مذکور بیشتر از مانکوزب گزارش شد (Leiminger & Hausladen 2012). در پژوهشی دیگر، قارچ‌کش کلروتالونیل، مانکوزب و مانب به ترتیب تا ۹۱٪، ۸۵/۵۳٪ و ۷۱٪ مانع از رشد *A. solani* در محیط آزمایشگاه شدند (Ahmad *et al.* 2019). قارچ‌کش پروپاموکارب هیدروکلراید + فلوپیکولید نیز نسبت به نمونه شاهد بررسی شده در یک پژوهش، گسترش بیماری آلترناریوز را به میزان دو برابر کاهش داد (Sayuk *et al.* 2022).

از طرفی به‌دلیل مقاومت بیمارگرها به ترکیبات شیمیایی و حفاظت محیط‌زیست، استفاده از ترکیبات غیرشیمیایی به عنوان جایگزین روش شیمیایی اهمیت پیدا می‌کند (Ahmad *et al.* 2017). در سال‌های اخیر، پژوهشگران به دنبال جایگزین کردن ترکیبات شیمیایی با مواد طبیعی و کم‌خطر می‌باشند که در این راستا استفاده از ترکیبات معدنی و بیولوژیک به دلیل عوارض جانبی کمتر، عدم آلودگی محیط زیست، عدم مقاومت به بیمارگر، تجزیه شدن در خاک و پایین بودن هزینه تولید می‌تواند به عنوان جایگزین مناسب سموم شیمیایی به‌کار رود (Foroughi *et al.* 2013). در پژوهشی، استفاده از قارچ *Trichoderma viride* Pers شیوع و شدت بیماری بلایت سیب‌زمینی را تا حدود ۳۰٪ کاهش داد (Murmu *et al.* 2015). در آزمایشات دیگر نیز *Trichoderma* sp.، *Bacillus thuringiensis* Berliner و *Pseudomonas jessenii* Verhille *et al.* باعث کاهش معنی‌دار رشد *A. solani* در شرایط آزمایشگاهی و مزرعه‌ای شدند (Wahid *et al.* 2006; Aldiba & Escov 2019). در پژوهشی، بیکربنات‌سدیم در غلظت پنج درصد بیشترین تاثیر مهارکنندگی را در مقابل قارچ *A. solani* در آزمایشات گلخانه‌ای داشت و بیکربنات‌سدیم قبل از مایه‌زنی اسپور بیماری‌زا موثرتر بود (Ivanovic *et al.* 2002). نتایج آزمایش دیگر، نشان داد که پتاسیم و سدیم‌بیکربنات اثر مهارکنندگی در رشد قطری قارچ *A. solani* دارند (Abd-el-Kareem 2007). بیکربنات‌سدیم با غلظت پنج درصد تا ۷۷/۸۲٪ و بیکربنات‌پتاسیم با غلظت پنج درصد تا ۶۶/۱۳٪ باعث مهار رشد میسلیوم *A. solani* در محیط آزمایشگاه شدند (Ahmad *et al.* 2019).

با توجه به موارد ذکر شده به‌نظر می‌رسد که بایستی مقایسه‌ای بین ترکیبات شیمیایی و غیرشیمیایی مهم از نظر کارایی درکنترل بیماری صورت گیرد و مشخص شود که از بین ترکیباتی که در سطح آزمایشگاهی برای کنترل این بیماری مناسب گزارش

شده‌اند آیا ترکیب یا ترکیباتی وجود دارد که بتوان جایگزین سم کرد و آیا این ترکیبات، در حد سموم شیمیایی کنترل کننده هستند. برای پاسخ به این سوال، این پژوهش به مرحله اجرا گذاشته شد تا پاسخ‌های قاطع در مورد کنترل شیمیایی این بیماری برای فعالین حوزه کشاورزی و تولیدکنندگان سیب‌زمینی وجود داشته باشد. در این مقاله، تاثیر ترکیبات پروپاموکارب + فنامیدون، کلرتالونیل، آزوکسی‌استروبین + دیفنوکونازول، بوسکالید + پیراکلوستروبین، سیموکسانیل + هیدروکسیدمس، بیکربنات‌سدیم، کلریدکلسیم، کانگ‌می (حاوی *B. subtilis*، تولید شرکت دکیانگ بیولوژی)، پارس‌باسیل (حاوی*B. Velezensis*، تولید شرکت رویان تیسان سبز) از نظر کارایی در کاهش و بازدارندگی رشد قارچ *A. solani* و *A. alternata* در آزمایشگاه و کنترل بیماری مذکور و برخی از پارامترهای رشد گیاه در گلخانه مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

جدایه مورد آزمایش

در این بررسی، از قارچ‌های *A. solani* جدایه AS10 و *A. alternata* جدایه AA15 از کلکسیون مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی تهیه شد.

رقم سیب زمینی مورد استفاده

به دلیل غالب بودن کشت سیب‌زمینی رقم آگریا در منطقه، در آزمایشات نیز از این رقم استفاده شد.

ارزیابی تاثیر ترکیبات مورد نظر بر میزان رشد میسلیومی Alternaria solani و A. alternaria در محیط کشت PDA

در این آزمایش، تاثیر ترکیبات پروپاموکارب+فنامیدون SC45% (کانسنتو)، کلرتالونیل WP75% (داکونیل)، آزوکسی-استروبین + دیفنوکونازول SC32.5% (دیفوروبین)، بوسکالید + پیراکلوستروبین WG33.4% (سیگنوم)، سیموکسانیل + هیدروکسید مس (کوپفورس‌اکسترا)، بیکربنات‌سدیم، کلرید-کلسیم، کانگ‌می (با ماده موثره *B. subtilis*) و پارس‌باسیل (با ماده موثره *B. velensis*) با غلظت ذکر شده در جدول ۱ هر کدام با چهار تکرار روی رشد میسلیومی دو گونه *A. solani* و *A. alternata* در ظروف پتری حاوی محیط کشت PDA مورد بررسی قرار گرفت. بعد از هفت روز قطر میسلیوم اندازه‌گیری و درصد ممانعت از رشد میسلیوم قارچ محاسبه شد. درصد ممانعت از رشد میسلیوم هر دو گونه قارچی مربوط به هر یک از ترکیبات با استفاده از آزمون دانکن و درسطح ۵٪ مورد مقایسه قرار گرفت.

$$\text{درصد ممانعت از رشد میسلیوم} = \frac{\text{میانگین قطر رشد میسلیوم در غلظت معین ترکیبات} - \text{میانگین قطر رشد میسلیوم در شاهد}}{\text{میانگین رشد قطری میسلیوم در شاهد}} \times 100$$

جدول۱. غلظت ترکیبات بررسی شده در آزمایشگاه و گلخانه برای کنترل عوامل بیماری بلایت زودرس سیب زمینی.

Table 1. Concentration of treatments used in laboratory and greenhouse in control of potato early blight disease.

No.	Treatments	Dose (ppm) (Laboratory)	Dose (Greenhouse)
1	Azoxystrobin+difenoconazole SC32.5%	20	0.5/1000
2	Azoxystrobin+difenoconazole SC32.5%	30	1/1000
3	Boscalid+pyraclostrobin WG33.4%	75	0.2/1000
4	Boscalid+pyraclostrobin WG33.4%	100	0.5/1000
5	Calcium Chloride	80000	3/100
6	Calcium Chloride	90000	6/100
7	Cang Mei	150	1/100
8	Cang Mei	200	2/100
9	Chlorothalonil WP75%	125	2/1000
10	Chlorothalonil WP75%	150	2.5/1000
11	Cymoxanil+copper hydroxide	150	2/1000
12	Cymoxanil+copper hydroxide	200	2.5/1000
13	Pars Basil	150	1/100
14	Pars Basil	200	2/100
15	Propamocarb+fenamidoneSC45%	50	2/1000
16	Propamocarb+fenamidoneSC45%	100	2.5/1000
17	Sodium Bicarbonate	10000	3/100
18	Sodium Bicarbonate	20000	6/100

بررسی‌های گلخانه‌ای

این قسمت از آزمایش در گلخانه بخش گیاه‌پزشکی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی با رطوبت نسبی ٪۶۰-۵۰، دمای ۲۷-۱۵ درجه سلسیوس و تناوب نوری ۱۲ ساعت روشنایی، ۱۲ ساعت تاریکی در قالب ۱۹ تیمار و چهار تکرار با غلظت‌های ذکر شده در جدول ۱ انجام شد. ابتدا گیاهان توسط تیمارهای مورد نظر سمپاشی شدند. سه روز بعد، تلقیح با قارچ‌های مورد آزمایش صورت گرفت. تلقیح قارچ به روش اسپری با غلظت 10^4 اسپور در میلی‌لیتر (El-Mougy *et al.* 2009) بر روی برگ‌های گیاه انجام شد. بعد از دو هفته شدت بیماری مطابق سیستم نمره دهی زیر یادداشت‌برداری شد.

عدد ۰: برگ‌های بدون آلودگی

عدد ۱: آلودگی ٪۲۵-۰

عدد ۲: آلودگی ٪۵۰-۲۶

عدد ۳: آلودگی ٪۷۵-۵۱

عدد ۴: آلودگی ٪۱۰۰-۷۶

نتایج حاصل براساس فرمول شاخص بیماری مورد تجربه و تحلیل قرار گرفتند:

$$\frac{\text{تعداد کل} \times \text{بالاترین نمره در سیستم نمره دهی}}{\text{مجموع نمرات داده شده در هر تکرار}}$$

اثربخشی تیمارها در کاهش بیماری و خسارت ناشی از آن در مقایسه با شاهد با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

$$\mathrm{Ef} = 100 - (\frac{\mathrm{xt}}{\mathrm{xc}} \times 100)$$

در این فرمول، Ef (Efficacy) اثر تیمار در کاهش بیماری و خسارت ناشی از آن، xt میانگین تیمار و xc میانگین شاهد است (Azimi 2014).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تمامی آزمایش‌ها در قالب طرح کاملا تصادفی با چهار تکرار در محیط آزمایشگاه و گلخانه انجام شد. داده‌های بدست آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند و میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج

بررسی اثر تیمارها در جلوگیری از رشد میسلیومی Alternaria solani و A. alternata درون ظرف پتری

تاثیر ترکیبات کانسنتو، داکونیل، دیفوروبین، سیگنوم، کوپفورس‌اکسترا، بیکربنات‌سدیم، کلریدکلسیم، کانگ‌می و پارس‌باسیل روی رشد میسلیومی دو گونه *A. solani* و *A. alternata* در ظروف پتری حاوی محیط کشت PDA مورد بررسی قرار گرفت. اندازه‌گیری قطر میسلیوم قارچ بعد از هفت روز صورت گرفت و میانگین قطر میسلیوم در مورد تیمارهای مختلف روی هر دو گونه‌ی قارچ با استفاده از آزمون دانکن و درسطح پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفت. همه ترکیبات در مقایسه با شاهد باعث کاهش رشد میسلیومی شدند و مطابق با نتایج جدول ۲ و ۳ بین تیمارها و شاهد در هر دو گونه قارچی، اختلاف معنی‌دار آماری در سطح پنج درصد وجود دارد.

جدول ۲. تجزیه واریانس درصد بازدارندگی تیمارها از رشد میسلیومی قارچ *Alternaria solani*

Table 2. Variance analysis of mycelial growth inhibition percentage of treatments on *Alternaria solani*.

Variation resource	df	SS	MS	*f value*
Treatment	18	45595.9	2682.1	969.2
Error	54	149.43	2.76	-
Coefficient of variation (CV)	2.48			

جدول ۳. تجزیه واریانس درصد بازدارندگی تیمارها از رشد میسلیومی قارچ *Alternaria alternata*

Table 3. Variance analysis of mycelial growth inhibition percentage of treatments on *Alternaria alternata*.

Variation resource	df	SS	MS	*f value*
Treatment	18	66469	3909.9	3148.5
Error	54	67.06	1.24	-
Coefficient of variation (CV)	1.86			

طبق نتایج ارائه شده در جدول ۴، در مورد قارچ *A. solani*، موثرترین ترکیبات در کاهش رشد میسلیوم، آزوکسی استروبین+دیفنوکونازول با غلظت ۳۰ پی‌پی‌ام، بیکربنات‌سدیم با غلظت ۲۰۰۰۰ پی‌پی‌ام و بوسکالید+پیراکلوستروبین با غلظت

۱۰۰ پی‌پی‌ام بودند که حدود ٪۹۹ باعث کاهش رشد میسلیوم در محیط آزمایشگاه شدند و با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند. کم‌اثرترین ترکیبات در ممانعت از رشد میسلیوم قارچ *A. solani* سیموکسانیل+ هیدروکسید مس با دو غلظت ۱۵۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام بودند که حدود ٪۲۶ مانع از رشد میسلیوم قارچ در محیط PDA شدند. با این حال با نمونه شاهد اختلاف معنی-داری داشت.

جدول ۴. مقایسه میانگین تاثیر تیمارها در کاهش رشد میسلیوم *Alternaria solani*.

Table 4. Comparison of average effect of treatments on mycelial growth inhibition of *Alternaria solani*.

No.	Treatments	Growth reduction (%)
1	Azoxystrobin+difenoconazole SC32.5% 20 ppm	87.72 C
2	Azoxystrobin+difenoconazole SC32.5% 30 ppm	100 A
3	Boscalid+pyraclostrobin WG33.4% 75 ppm	90.57 B
4	Boscalid+pyraclostrobin WG33.4%100 ppm	99.82 A
5	Calcium Chloride 80000 ppm	85.27 D
6	Calcium Chloride 90000 ppm	90.9 B
7	Cang Mei 150 ppm	48.22 J
8	Cang Mei 200 ppm	53.45 I
9	Cymoxanil+copper hydroxide 150 ppm	25.65 M
10	Cymoxanil+copper hydroxide 200 ppm	27.72 M
11	Chlorothalonil WP75% 125 ppm	78.37 E
12	Chlorothalonil WP75% 150 ppm	34.85 L
13	Pars Basil 150 ppm	46.52 J
14	Pars Basil 200 ppm	56.85 H
15	Propamocarb+fenamidone SC45% 50 ppm	39.3 K
16	Propamocarb+fenamidone SC45% 100 ppm	68.1 G
17	Sodium Bicarbonate 10000 ppm	71.37 F
18	Sodium Bicarbonate 20000 ppm	99.87 A
19	Control	0 N

*Treatments with different letters have significant differences with each other in Duncan test (P≤0.05)
**Each number is an average of four replications.

بررسی اثر تیمارها در کاهش شاخص شدت بیماری ناشی از Alternaria solani و A. alternata در آزمایشات گلخانه‌ای

مطابق نتایج ارائه شده در جدول‌های ۵ و ۶، بهترین ترکیب بررسی شده در آزمایشات گلخانه‌ای از نظر کاهش شاخص شدت بیماری ناشی از *A. solani* قارچ‌کش آزوکسی-استروبین+دیفنوکونازول با غلظت یک در هزار و بوسکالید+-پیراکلوستروبین با غلظت ۰/۵ در هزار بود که به میزان ٪۱۰۰باعث کاهش بیماری شدند. ترکیب بیولوژیک کانگ‌می با غلظت یک درصد تنها به میزان تقریبا پنج درصد شاخص شدت بیماری را کم کرد ولی در عین حال، با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری داشت.

قارچ‌کش آزوکسی‌استروبین+دیفنوکونازول با غلظت یک در هزار به میزان ٪۱۰۰ باعث کاهش شاخص شدت بیماری ناشی از *A. alternata* در گلخانه شد. بعد از آن قارچ‌کش بوسکالید+پیراکلوستروبین با غلظت ۰/۵ در هزار با حدود ٪۹۵ کاهش شاخص شدت بیماری، اثربخش‌ترین ترکیب آزمایش شده بود. کم اثرترین ترکیب در کنترل این قارچ، ترکیب بیولوژیک پارس‌باسیل با غلظت یک درصد به اندازه تقریبا یک درصد کاهش شاخص شدت بیماری بود. توانایی سایر ترکیبات در کم‌کردن شاخص بیماری در بررسی‌های گلخانه‌ای در محدوده این دو ترکیب بود. ترکیبات کلرتالونیل با غلظت ۲/۵ در هزار و پروپاموکارب + فنامیدون با غلظت ۲/۵ در هزار با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشته و تقریبا ٪۸۲ باعث کاهش بیماری شدند. بیکربنات سدیم سه درصد، پروپاموکارب+فنامیدون با غلظت دو در هزار و کلرتالونیل با غلظت دو در هزار نیز با حدود ٪۶۰ کاهش شاخص شدت بیماری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند.

جدول ۵. مقایسه میانگین تاثیر تیمارها در کاهش شاخص شدت بیماری ناشی از *Alternaria solani* در گلخانه.

Table 5. Comparison of the average effect of treatments on disease severity index reduction of *Alternaria solani* in greenhouse.

No.	Treatments	Disease severity index reduction (%)
1	Azoxystrobin+difenoconazole SC32.5% 0.5/1000	42.51 ^{F}
2	Azoxystrobin+difenoconazole SC32.5% 1/1000	100 ^{A}
3	Boscalid+pyraclostrobin WG33.4% 0.2/1000	43.77 ^{F}
4	Boscalid+pyraclostrobin WG33.4% 0.5/1000	100 ^{A}
5	Calcium Chloride 3/100	58.93 ^{E}
6	Calcium Chloride 6/100	68.41 ^{D}
7	Cang Mei 1/100	5.88 ^{I}
8	Cang Mei 2/100	21.35 ^{G}
9	Chlorothalonil WP75% 2/1000	69.67 ^{D}
10	Chlorothalonil WP75% 2.5/1000	89.39 ^{B}
11	Cymoxanil+copper hydroxide 2/1000	12.19 ^{H}
12	Cymoxanil+copper hydroxide 2.5/1000	15.04 ^{H}
13	Pars Basil 1/100	14.72 ^{H}
14	Pars Basil 2/100	23.56 ^{G}
15	Propamocarb+fenamidone SC45% 2/1000	69.67 ^{D}
16	Propamocarb+fenamidone SC45% 2.5/1000	89.25 ^{B}
17	Sodium Bicarbonate 3/100	68.09 ^{D}
18	Sodium Bicarbonate 6/100	76.62 ^{C}
19	Control	0 ^{J}

*Treatments with different letters have significant differences with each other in Duncan test ($P \leq 0.05$)
**Each number is an average of four replications.

جدول ۶. مقایسه میانگین تاثیر تیمارها در کاهش شاخص شدت بیماری ناشی از *Alternaria alternata* در گلخانه.

Table 6. Comparison of the average effect of treatments on disease severity index reduction of *Alternaria alternata* in greenhouse.

No.	Treatments	Disease severity index reduction (%)
1	Azoxystrobin+difenoconazole SC32.5% 0.5/1000	22.86 ^{I}
2	Azoxystrobin+difenoconazole SC32.5% 1/1000	100 ^{A}
3	Boscalid+pyraclostrobin WG33.4% 0.2/1000	34.91 ^{H}
4	Boscalid+pyraclostrobin WG33.4% 0.5/1000	94.48 ^{B}
5	Calcium Chloride 3/100	50.75 ^{G}
6	Calcium Chloride 6/100	56.95 ^{F}
7	Cang Mei 1/100	4.61 ^{L}
8	Cang Mei 2/100	6.67 ^{L}
9	Chlorothalonil WP75% 2/1000	59.7 ^{EF}
10	Chlorothalonil WP75% 2.5/1000	85.53 ^{C}
11	Cymoxanil+copper hydroxide 2/1000	11.15 ^{K}
12	Cymoxanil+copper hydroxide 2.5/1000	15.28 ^{J}
13	Pars Basil 1/100	1.51 ^{M}
14	Pars Basil 2/100	15.97 ^{J}
15	Propamocarb+fenamidone SC45% 2/1000	61.08 ^{E}
16	Propamocarb+fenamidone SC45% 2.5/1000	82.77 ^{C}
17	Sodium Bicarbonate 3/100	61.42 ^{E}
18	Sodium Bicarbonate 6/100	68.65 ^{D}
19	Control	0 ^{N}

*Treatments with different letters have significant differences with each other in Duncan test ($P \leq 0.05$)
**Each number is an average of four replications

بحث

هدف ما در این بررسی، مقایسه دقیق بین قارچ‌کش‌ها، ترکیبات بیولوژیک و معدنی موثر در مورد بیماری بلایت زودرس سیب‌زمینی بود. به‌طور کلی (فارغ از گونه قارچی و محل آزمایش)، قارچ‌کش‌های شیمیایی بررسی شده در این مقاله، در کنترل بیماری موثرتر از سایر ترکیبات عمل کردند ولی این بدان معنی نیست که تمام قارچ‌کش‌های شیمیایی بالاترین اثربخشی را داشتند بلکه حتی در مواردی برخی از قارچ‌کش‌ها کم اثرتر از

ترکیبات معدنی و بیولوژیک بودند. به عنوان مثال، دیفوروبین که متشکل از دو قارچ‌کش آزوکسی‌استروبین و دیفنوکونازول است در کاهش رشد میسلیوم در محیط آزمایشگاه و کاهش شاخص شدت بیماری در گلخانه موثرترین قارچ‌کش شیمیایی بود، اما کوپفورس‌اکسترا متشکل از سیموکسانیل و هیدروکسیدمس، کم‌اثرترین ترکیب بررسی شده در محیط آزمایشگاه نسبت به سایر ترکیبات شیمیایی، بیولوژیک و معدنی بود. بنابراین اگر هدف اصلی در یک منطقه، کنترل کامل و قطعی بیماری است طبیعتا بهتر است از سمومی مثل آزوکسی-استروبین+دیفنوکونازول استفاده شود. اثربخشی قارچ‌کش‌هایی مثل دیفنوکونازول، کلروتالونیل و مانکوزب در کنترل بیماری لکه موجی سیب‌زمینی در مقالات پیشین نیز تایید شده بود (Van der waals *et al.* 2001). این بیماری در سایر میزبان‌ها مثل گوجه‌فرنگی نیز توسط قارچ‌کش‌های بوسکالید، پیراکلوستروبین، فنامیدون، آزوکسی‌استروبین، سیموکسانیل و فاموکسادون، دیفنوکونازول، مانکوزب، فلودیوکسونیل کنترل می‌شود (Gulzar *et al.* 2018; McGovern *et al.* 1999). در آزمایش دیگری، کمترین درصد شیوع بیماری لکه موجی گوجه‌فرنگی در صورت مصرف قارچ‌کش‌های مانکوزب، کاربندازیم و زینب بود (Chourasiya *et al.* 2013; Desta & Yesu 2015). نتایج یک پژوهش دیگر نشان داد که قارچ‌کش تری‌فلوکسی‌استروبین WG50% (فلینت) موثرتر از قارچ‌کش‌های ایپرودیون WP50%، کلرتالونیل WP75% (داکونیل) و مانکوزب WP85% عمل می-کند (Karimkhah *et al.* 2013). در استفاده از ترکیبات بیولوژیک، نتایج چندین مقاله نشان دهنده تاثیر مثبت *T. harzianum* در کاهش بیماری لکه موجی گوجه‌فرنگی بود (Khalil *et al.* 2021). ولی در بررسی‌های گلخانه‌ای این مقاله، ترکیبات بیولوژیک کانگ‌می و پارس‌باسیل کمترین اثربخشی را در کاهش شاخص بیماری به ترتیب ناشی از *A. solani* و *A. alternata* داشتند. در مورد تاثیر نمک‌های معدنی در کاهش بیماری، هر دو ترکیب بیکربنات‌سدیم و کلریدکلسیم چه در بررسی‌های آزمایشگاهی و چه آزمایشات گلخانه‌ای دارای اثربخشی خوبی بودند و حدود ٪۷۰-۶۰ باعث کاهش رشد میسلیوم قارچ و شاخص شدت بیماری شدند. بنابراین اگر در مواردی، اولویت با تولید محصول سالم و ارگانیک است، می‌توان ترکیبات معدنی را جایگزین سموم شیمیایی کرد. ترکیبات معدنی در مقایسه با ترکیبات بیولوژیک، در آزمایشگاه و گلخانه، به ترتیب ۳۰ و ۵۰ درصد بهتر عمل کردند و به‌طور کلی، در بررسی‌های گلخانه‌ای ترکیبات بیولوژیک کمترین تاثیر را در کاهش بیماری ناشی از هر دو گونه قارچی داشتند.

به‌طور کلی، در این پژوهش، بیشترین کارایی در کاهش رشد میسلیومی *A. alternata*، آزمایشگاه و گلخانه مربوط به دیفوروبین (آزوکسی‌استروبین + دیفنوکونازول) با غلظت ۳۰ پی-پی‌ام و سیگنوم (بوسکالید + پیراکلوستروبین) با غلظت ۱۰۰ پی-پی‌ام بود. آزوکسی‌استروبین قارچ‌کشی از گروه استروبیلورین‌ها با خاصیت سیستمیک بوده که برای کنترل طیف وسیعی ازعوامل بیماری‌زای گیاهی توصیه شده‌است. این قارچکش به کمپلکس bc1 سیتوکروم متصل می‌شود و از انتقال الکترون و در نتیجه تولید انرژی از طریق فسفریلاسیون اکسایشی جلوگیری می‌کند. آزوکسی‌استروبین از جوانه‌زنی اسپورها، رشد میسلیوم و تولید اسپورهای عامل بیماری جلوگیری می‌کند (Lewis *et al.* 2016). دیفنوکونازول قارچ‌کشی با دامنه اثر وسیع و دارای خاصیت پیشگیری و معالجه‌کنندگی از گروه شیمیایی تریازول‌ها است. این ترکیب، از گروه قارچ‌کش‌های (SDHI) (Succinate Dehydrogenase Inhibitor) بوده و در لیست کمیته گروه‌بندی واکنش به مقاومت (FRAC) (Fungicide Resistance Action Committee) در گروه۳ (دارای ریسک متوسط) قرار دارد. این قارچ‌کش از نظر مکانیسم اثر از قارچ‌کش‌های گروه G بوده واز بیوسنتز استرول در غشاء سلولی جلوگیری می‌کند. (Fani *et al.* 2020).

قارچ‌کش سیگنوم که یک قارچ‌کش حفاظتی است و قابلیت حرکت سیستمیک موضعی در برگ‌ها و بافت‌های گیاهی را دارد برای کنترل بیماری توصیه شده است. پیراکلوستروبین، از طریق توقف تولید ATP بازدارنده تولید انرژی است. بوسکالید نیز از طریق اختلال در زنجیره انتقال الکترون در غشای داخلی میتوکندری، در متابولیسم سلول قارچی مشکل ایجاد کرده و تولید انرژی را متوقف می‌نماید و بدین ترتیب این دو مولکول با اثر تکمیلی روی یکدیگر باعث عملکرد بهتر و توقف رشد قارچ و کنترل بیماری می‌گردند (Mahlouji Rad *et al.* 2012).

باکتری‌های باسیلوس دامنه وسیعی از متابولیت‌های ضدمیکروبی قدرتمندی تولید می‌کنند و باعث کنترل بیمارگرهای گیاهی خاک‌زاد و بیماری‌های پس از برداشت می‌شوند. این باکتری‌ها باعث افزایش رشد و مقاومت القایی گیاه می‌شوند. باکتری *B. subtilis* با تولید پروتئین‌های ضدقارچی، تاثیر بازدارندگی بر رشد بیمارگرهای گیاهی در محیط کشت دارد (Manafi *et al.* 2012).

References

Abd-el-Kareem F, 2007. Potassium or sodium bicarbonate in combination with Nerol for control in early blight disease of potato plants under laboratory, green house and field. *Journal of Phytopathology* 35: 37–86.

Ahmad F, Raziqa F, Ullaha N, Khana H, Dina N, 2017. In vitro and in vivo bio-assay of Phyto biocidal effect of plant extracts on *Alternaria solani* causing agent of early blight disease in tomato. *Archives of Phytopathology & Plant Protection* 50 (11-12): 568–583.

Ahmad S, Aslam A, Iqbal Z, Ghazanfar MU, Ahmad, 2019. Different methods used to control early blight of potato in laboratory conditions. *Asian Journal of Biological & Life Sciences* 8(2): 76–82.

Aldiba A, Escov I. 2019. Biological control of early blight on potato caused by *Alternaria solani* by some bioagents. *Advances in Biological Sciences Research* 7: 1–5.

Azimi H, 2014. Effect of Chlorothalonil and Famoxadone + Cymoxanil in control of early Blight disease of tomato under field conditions. *Journal of Applied and Natural Science* 3(1): 35–48 (In Persian with English abstract).

Chaudhary AK, Yadav J, Gupta A.K, Gupta K, 2021. Integrated disease management of early blight (*Alternaria solani*) of potato. *Tropical Agrobiodiversity* 2(2): 77–81.

Chourasiya PK, Lal AA, Simon S, 2013. Effect of certain fungicides and botanicals against early blight of tomato caused by *Alternaria solani* (Ellis and Martin) under Allahabad Uttar Pradesh, India conditions. *Science & Research* 3(3): 151–156.

Desta M, Yesuf M, 2015. Efficacy and economics of fungicides and their application schedule for early blight (*Alternaria solani*) management and yield of tomato at south Tigray, Ethiopia. *Journal of Plant Pathology & Microbiology* 6(5): 1–6.

El-Mougy N, Abdel-kader M, 2009. Salts application for suppressing potato early blight disease. *Journal of Plant Protection Research* 49: 353–361.

Fani SR, Azimi H, 2020. Efficacy of new brands of Azoxystrobin+difenoconazole fungicide in control of cucumber powdery mildew disease. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 10(2): 1–9 (In Persian with English abstract).

Foroughi M, Mohammadi S, Ghasemi A, 2013. Antifungal activity of five medical herbs on the plant pathogenic fungus. *Rhizoctonia solani*. *Journal of Microbial World* 5(3): 115–121.

Gulzar N, Kamili AN, Mir MY, 2018. The process of early blight disease development in tomato. *Journal of Research & Development* 18: 112–115.

Ivanovic M, Mijatovic M, Antonijevic D, 2002. Effect of sodium bicarbonate on *Alternaria solani* in tomato. *Journal of International Society for Horticultural Science* 5(7):1–6.

Kapsa J, 2004. Early blight (*Alternaria* spp.) in potato crops in Poland and results of chemical protection. *Journal of Plant Protection Research* 44(3): 231–238.

Karimkhah MA, Nasresfahani M, Mohammadi Nezhad A, 2013. Investigation of the integrated management of potato wave spot disease in Isfahan. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)* 37(4): 23–37 (In Persian with English abstract).

Khalil MEKI, Adbelghany REA, 2021. Effectiveness of Some Biotic and Abiotic Agents to Control Tomato Early Blight Disease Caused by *Alternaria solani*. *Egyptian Journal of Phytopathology* 49(1): 114–128.

Kumar R, Kaundal P, Arjunan J, Sharma S, Chakrabarti SK, 2020. Development of a visual detection method for *potato virus S* by reverse transcription loop mediated isothermal amplification. *Biotech* 10(5): 213.

Leiminger JH, Hausladen H, 2012. Early blight control in potato using disease-orientated threshold values. *Plant Disease* 96(1): 124–130.

Lewis KA, Tzilivakis J, Warner D, Green A, 2016. An international database for pesticide risk assessments and management. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal* 22(4): 1050–1064.

Mahlouji Rad M, Kambouzia J, Zand, E, Khabbaz Jolfaii H, 2012. Consideration of environmental impacts of authorized fungicides in Iran using EIQ Model. *Journal of Agroecology (Quarterly)* 2(2): 73–86 (In Persian with English abstract).

McGovern RJ, Davis TA, Seijo TE, 1999. Evaluation of fungicides for control of early blight and target spot

in tomato. *Fungicide & Nematicide Test Reports* 55: 279.

Murmu S, Dey S, Chakraborty A, 2015. Management of early blight of potato using bio control agents and plant extracts. *Journal of Applied & Natural Science* 7(2): 860–864.

Manafi R,Babai Ahri A, Arzanlou M, 2012. Assessment of resistance in tomato varieties under greenhouse conditions against *Fusarium* wilt, and biological control of the disease. *Quarterly Journalof Agriculture Science* 22:145-158.

Sayuk O, Plotnystka N, Troyachenko R, Ovezmyradova O, 2022. Effect of fungicides on mycosis progression and potato yields. *Journal of Agricultural Science* 3(3): 139–145.

Soarf E, Chiurciu IA, 2021. Study on the dynamics of potato production and worldwide trading the period 2012-2019. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture & Rural Development* 21(4): 527–532.

Soheili moghadam B, karbalaei khiavi H, Hasanpanah D, 2016. Potato diseases in Ardabil and their integrated pest management. Jihad agricultural organization of Ardabil province. *Agricultural Extension Coordination Management* 111pp (In Persian with English abstract).

Van der waals JE, Korsten L, Aveling TAS, 2001. A review of early blight of potato. *African Plant Protection* 7(2): 91–102.

Wahid OA, Ismail IM, Abo-Esha AM, 2006. Nonchemical control of potato early blight caused by *Alternaria alternata*. *Catrina* 1(2): 103–109.

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