پژوهش‌های کاربردی در گیاه‌پزشکی ۱۲ (۲): ۱۷۶–۱۶۹ (۱۴۰۲)- *مقاله کوتاه*

Journal of Applied Research in Plant Protection 12 (2): 169–176 (2023)-*Short Article*

https://dx.doi.org/10.22034/arpp.2022.15655

ارزیابی مقدماتی برخی قارچکش‌های انتخابی بر عوامل پوسیدگی ریشه درختان سیب در استان اصفهان

زینب اسماعیلی، بهرام شریف‌نبی✉، جهانگیر خواجه‌علی

گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران. ✉sharifna@iut.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۱۸ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۸/۲۳ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۲۴

چکیده

بیماری پوسیدگی ریشه و طوقه درختان سیب در مناطق مختلف جهان دارای اهمیت است و سالیانه خسارت قابل توجهی به باغ‌های سیب در سراسر دنیا وارد می‌کند. با توجه به حضور عوامل قارچی جدیداً شناسایی شده در مناطق سیب‌کاری استان اصفهان، حساسیت گونه‌های *Fusarium solani* و *F. oxysporum* به عنوان فراوان‌ترین گونه‌های شناسایی شده زوال درختان سیب نسبت به قارچکش‌های معمول شامل تیلت، امیننت، کابریودو، کولیس، ارتیواتاپ، لاماردور، یونیفرم، فلینت، استروبی، رورال‌تی‌اس و توپسین‌ام در غلظت‌های ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰mg/l در شرایط آزمایشگاهی مورد ارزیابی قرار گرفت. قارچکش‌های لاماردور، رورال‌تی‌اس، ارتیواتاپ و تیلت به دلیل میانگین بازدارندگی رشد میسلیومی بیش از ۵۰٪ در اغلب غلظت‌های مورد آزمایش در دو گونه *Fusarium* و قارچکش امینت در همه غلظت‌های مورد آزمایش در *F. oxysporum* در مقایسه با سایر قارچکش‌ها در شرایط آزمایشگاهی، تاثیر بیشتری در مهار رشد میسلیومی داشتند. اگرچه اجرای آزمون آزمایشگاهی در غربال‌گری اولیه قارچکش‌ها بسیار مفید است اما به منظور توصیه قطعی یک قارچکش جهت کنترل بیماری، علاوه بر آزمون قارچکش‌ها در شرایط آزمایشگاه، اجرای آزمون در شرایط گلخانه و مزرعه نیز ضروری می‌باشد.

کلمات کلیدی: عوامل قارچی، پوسیدگی ریشه و طوقه، زوال درختان سیب، بازدارندگی رشد میسلیومی، *Fusarium*

Primarily evaluation of some selected fungicides on the root rot agents of apple trees in Isfahan province

Zeinab Esmaili, Bahram Sharifnabi✉, Jahangir Khajehali

Department of Plant Protection, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. ✉sharifna@iut.ac.ir

Received: 8 June 2022 Revised: 14 November 2022 Accepted: 15 November 2022

Abstract

Root and crown rot disease of apple trees is important in different regions of the world and causes considerable damage to apple orchards around the world annually. Due to the presence of newly known fungal agents in apple growing areas of Isfahan province, sensitivity of *Fusarium solani* and *F. oxysporum* species as the most abundant identified species of decay of apple trees compared to common fungicides including Tilt, Eminent, Cabrio Duo, Collis, Ortiva Top, Lamardor, Uniform, Flint, Stroby, Rovral TS and Topsin M at concentrations of 10, 25, 50, 100 and 200 mg/l were tested *in vitro*. Lamardor, Rovral TS, Ortiva top and Tilt fungicides at the highest tested concentrations in both *Fusarium* species and Eminent at all tested concentrations in *F. oxysporum* resulted in more than 50% mycelial growth inhibition *in vitro*, in comparison with the other fungicides. Although, performing a laboratory test is very useful in the initial screening of fungicides, but in order to definitively recommend a fungicide to control the disease, in addition to fungicides experiment *in vitro*, testing in greenhouse and field conditions is also necessary.

Key words: Fungal agents, root and crown rot, decay of apple trees, mycelial growth inhibition, *Fusarium*

How to cite:

Esmaili Z, Sharifnabi B, Khajehali J, 2023. Primarily evaluation of some selected fungicides on the root rot agents of apple trees in Isfahan province. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 12 (2): 169–176

مقدمه

بیماری پوسیدگی ریشه و طوقه معمولا توسط بیش از یک نوع عامل بیماری‌زا ایجاد می‌شود. این بیماری تاثیر قابل توجهی در تولید جهانی بسیاری از محصولات کشاورزی دارد. بیماری پوسیدگی طوقه (Crown rot) اولین‌بار توسط بینز (Baines in 1939) روی برش‌های نوعی رقم سیب به نام Cox orange در انگلستان شناسایی شد (Turechek, 2004). اغلب، قارچ‌ها و اوومیست‌ها به عنوان عوامل بیماری‌زای پوسیدگی ریشه شناخته شده‌اند. گونه‌های مختلف جنس *Fusarium* موجب بیماری‌های پوسیدگی طوقه، پوسیدگی‌های ریشه و پژمردگی آوندی در گیاهان زراعی می‌شوند (Leslie & Summerell, 2006). بیماری‌های قارچی ریشه و طوقه منجر به ضعف و زوال درختان سیب می‌گردند و به دنبال آن کاهش عملکرد و سطح زیر کشت را در برخواهند داشت (Hatamabadi Farahani *et al.* 2010). حمله عامل بیماری معمولا به ریشه‌ها و تنه درخت که در ۱۵ سانتی‌متری از سطح خاک قرار گرفته‌اند محدود می‌شود و به ندرت بافت‌هایی در اعماق یا سطح زمین مورد حمله قرار می گیرند. مرگ پوست درخت به دلیل قهوه‌ای شدن و نرم شدن لایه‌های باقی‌مانده تا عمق کامبیوم است. برگ‌ها برنزه و به دنبال آن زرد می‌شوند، در سطح زمین یا نزدیک به آن، بافت پوسیده طوقه، زرد-قهوه‌ای روشن می‌شود و آب جذب می‌کند. اگر عامل بیماری، درخت را به طور کامل احاطه کند، در نهایت مرگ کامل درخت اتفاق می‌افتد (Welsh, 1942). علائم بیماری همچنین ممکن است به صورت تغییر رنگ برگ‌ها به سبز کمرنگ، ریزش و تغییر رنگ برگ‌ها به قرمز کمرنگ در فصل بهاری که دیرهنگام اتفاق می‌افتد، عدم رشد جوانه‌های انتهایی، تغییر رنگ ناحیه پایینی پوست تنه داخلی درخت چند سانتی‌متر بالای سطح زمین به قرمز-قهوه‌ای کمرنگ (Naffaa & Rashid 2017)، مرگ ناگهانی درختان بیمار در اوایل تابستان (Williamson-Benavides & Dhingra 2021)، پوسیدگی به صورت لکه‌های قهوه‌ای در سطح میوه‌ها و پیشرفت پوسیدگی به داخل گوشت میوه به صورت نامنظم و به تدریج دربرگرفتن تمام میوه ظهور یابند (Heidarian *et al.* 2007). قارچ‌های عامل بیماری پوسیدگی ریشه و طوقه (*Fusarium* spp.) در صورت فراهم بودن شرایط اقلیمی، خسارت کمی و کیفی زیادی به محصولات کشاورزی وارد می‌کنند. در ایران نیز بیماری پوسیدگی ریشه سیب در اکثر مناطق سیب کاری کشور به خصوص نواحی معتدل پراکنش بسیار وسیعی دارد. گونه‌های *Fusarium* با ایجاد پوسیدگی ریشه و تغییر رنگ در اندام‌های هوایی موجب خسارت و کاهش محصولات با ارزشی چون سیب در منطقه سمیرم در شهرستان اصفهان می‌شوند. در حال حاضر در کشور ایران کنترل شیمیایی به عنوان متداول‌ترین روش مهار بیماری پوسیدگی ریشه در بسیاری از محصولات کشاورزی از جمله سیب محسوب می‌شود. در این پژوهش یازده قارچکش در شرایط آزمایشگاهی به منظور کنترل شیمیایی گونه‌های *Fusarium* مورد آزمون قرار گرفته‌اند. از آن جهت که عوامل بیماری‌زای قارچی متعددی موجب پوسیدگی ریشه و طوقه سیب و در اکثر موارد مرگ درخت میزبان می‌شوند و با توجه به حضور عوامل قارچی اخیراً شناسایی شده در مناطق سیب‌کاری اصفهان (Esmaili, 2021)، بررسی کارایی کنترل شیمیایی عوامل بیماری‌زا می‌تواند در مهار بیماری موثر باشد، از این‌رو در این پژوهش کارایی برخی قارچکش‌های موثر روی عوامل بیماری‌زای اصلی در شرایط آزمایشگاه بررسی گردید.

مواد و روش‌ها

گونه‌های بیماری‌زای *Fusarium solani* Mart. 1881 (MZ087788) و *Fusarium oxysporum* (MZ087789) Schltdl. 1824 به علت فراوانی در میان ۳۴ جدایه *Fusarium* شناسایی شده از ریشه آلوده درختان سیب در شهرستان سمیرم در استان اصفهان در این پژوهش مورد سنجش قرار گرفتند. ارزیابی تاثیر قارچکش‌ها در کنترل گونه‌های *F. solani* و *F. oxysporum* بر مبنای بازدارندگی رشد میسلیومی قارچ در محیط کشت PDA (Potato Dextrose Agar)، انجام گرفت. در این پژوهش، یازده قارچکش تیلت (پروپیکونازول)، امینت (تتراکونازول)، کابریودو (پیراکلواستروبین+دیمتومورف)، کولیس (بوسکالید+کرزوکسیم‌متیل)، ارتیواتاپ (آزوکسی استروبین+دیفنوکونازول)، لاماردور (تبوکونازول+پروتیوکونازول)، یونیفرم (آزوکسی‌استروبین+مفنوکسام)، فلینت (تریفلوکسی‌استروبین)، استروبی (کرزوکسیم‌متیل)، رورال‌تی‌اس (آیپرودیون+کاربندازیم) و توپسین‌ام (تیوفانات‌متیل) در پنج غلظت ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰mg/l در سه تکرار (تشتک‌های پتری حاوی محیط کشت PDA و قارچکش) مورد آزمایش قرار گرفتند. در ابتدا از هر یک از قارچکش‌های مورد بررسی محلول پایه مناسب تهیه شد و سپس محیط‌های کشت حاوی قارچکش در شرایط سترون در سه تکرار در تشتک‌های پتری قرار گرفتند. از محیط کشت بدون قارچکش (سه تکرار) به منظور تیمار شاهد استفاده گردید. از قسمت‌های در حال رشد (نوک ریسه) کشت‌های هفت تا ۱۰ روزه جدایه‌های *Fusarium* در

محیط کشت PDA، یک حلقه میسلیومی هشت میلی‌متری برش داده و در هر تشتک پتری قرار داده شد و پس از پوشاندن کامل پتری‌ها با ورقه آلومینیوم، پرگنه‌ها به مدت هفت تا ۱۰ روز در انکوباتور در تاریکی و در دمای ۲±۲۳ درجه سلسیوس نگهداری گردید. پس از گذشت هفت تا ۱۰ روز از رشد پرگنه قارچ، زمانی‌که قطر پرگنه در شاهد به شش سانتی‌متر رسید (قطر پتری‌دیش هفت سانتی‌متر بود)، اندازه دو قطر پرگنه در جهت عمود بر هم در هر تکرار از هر تیمار اندازه‌گیری شد و میانگین آن‌ها به منظور تخمین درصد بازدارندگی رشد میسلیومی به کار رفت. درصد بازدارندگی رشد میسلیومی برای هر غلظت قارچکش بر مبنای فرمول زیر محاسبه گردید (Jetawat *et al.* 2014):

$$\text{Inhibition (\%)} = \{(C-T)/C\} \times 100$$

Inhibition = درصد بازدارندگی رشد میسلیومی

C = میزان قطر پرگنه قارچ در گروه شاهد (با کسر قطر حلقه میسلیومی (1cm))

T = میزان قطر پرگنه قارچ در حضور قارچکش (با کسر قطر حلقه میسلیومی (1cm))

تجزیه‌تحلیل آماری

به منظور مقایسه میانگین درصدهای بازدارندگی رشد میسلیومی برای هر گونه قارچ از نرم افزار GraphPad Prism جهت رسم نمودار (شکل ۱) و همچنین محاسبه EC۵۰ (غلظتی از قارچکش که موجب بازدارندگی ۵۰٪ از رشد میسلیومی قارچ می‌شود.) و حدود اطمینان ۹۵٪ EC۵۰ بر مبنای فرمول زیر، استفاده شد (Li et al. 2014):

$$Y = \frac{1}{1 + 10^{((\text{LogEC50} - \text{Log}(x)) \times \text{Hillslope})}}$$

Y = میزان بازدارندگی از رشد میسلیومی

X = غلظت قارچکش

HillSlope = شیب منحنی

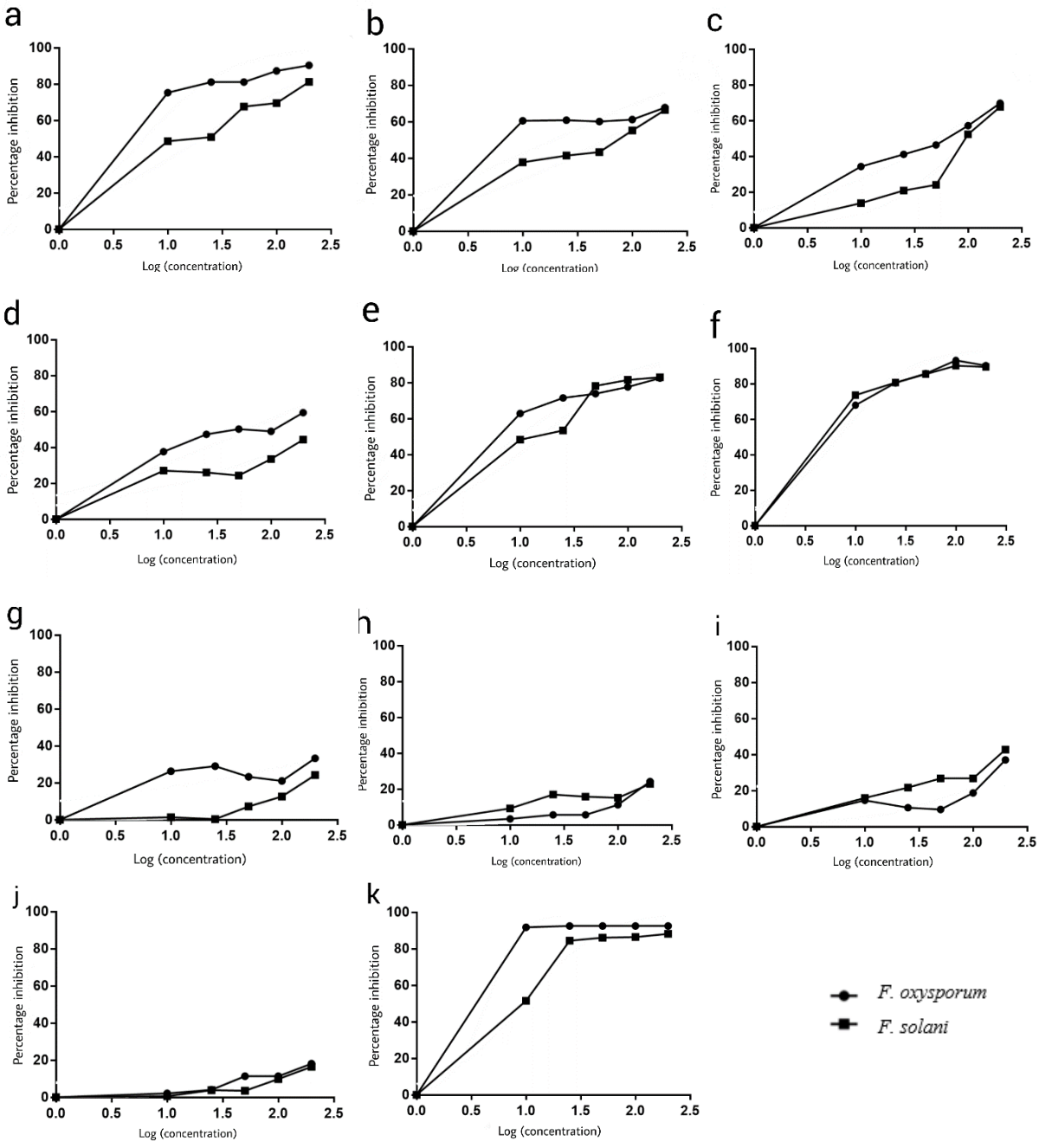
EC۵۰ و حدود اطمینان ۹۵٪ آن در چهار قارچکش لاماردور، رورال‌تی‌اس، تیلت و ارتیواتاپ محاسبه گردید که نسبت به سایر قارچکش‌ها، در اغلب غلظت‌های مورد آزمایش دارای درصد بازدارندگی رشد میسلیومی بیش از ۵۰٪ بودند. تجزیه‌تحلیل آماری داده‌های حاصل از آزمایش، جهت ارزیابی حساسیت گونه های *Fusarium* مورد آزمایش به قارچکش‌ها در قالب طرح آماری کاملا تصادفی انجام گرفت. مقایسه میانگین براساس آزمون LSD (Least Significant Difference) (حداقل تفاوت معنی‌دار) انجام شد. از خطای استاندارد میانگین به منظور مقایسه میانگین درصدهای بازدارندگی رشد میسلیومی هر قارچکش در غلظت‌های مختلف استفاده گردید. سنجش آماری داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم افزار SAS انجام گرفت.

نتایج و بحث

تاثیر قارچکش‌ها بر رشد میسلیومی *F. solani* در شرایط آزمایشگاه بررسی شد. قارچکش رورال‌تی‌اس، در همه غلظت‌های مورد آزمایش روی *F. solani* موثر بود (جدول ۱). همه غلظت های مورد آزمایش در قارچکش لاماردور روی *F. solani* موثر بودند. بالاترین میانگین درصدهای بازدارندگی رشد میسلیومی (۱۰۰mg/l) ۹۰.۱۹٪ بود. پس از لاماردور و رورال‌تی‌اس، ارتیواتاپ بیشترین تاثیر را روی *F. solani* داشت. بالاترین میانگین درصدهای بازدارندگی رشد میسلیومی قارچکش تیلت در حداکثر غلظت آزمایش، ۸۱.۲۲٪ بود و پس از ارتیواتاپ، بیشترین تاثیر را روی *F. solani* داشت. بالاترین میانگین درصدهای بازدارندگی رشد میسلیومی در حداکثر غلظت آزمایش، در قارچکش‌های امینت و کابریودو، به ترتیب ۶۶.۴۳٪ و ۶۷.۷۰٪ بود. در قارچکش‌های یونیفرم، فلینت، توپسین‌ام، کولیس و استروبی، میانگین درصدهای بازدارندگی رشد میسلیومی در همه غلظت‌ها کمتر از ۵۰٪ بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که این قارچکش‌ها در غلظت‌های مورد آزمایش در مقایسه با سایر قارچکش‌ها، تاثیر اندکی در بازدارندگی رشد میسلیومی گونه *F. solani* داشتند.

ارزیابی قارچکش رورال‌تی‌اس بر رشد میسلیومی *F. oxysporum* نشان داد که تفاوت قابل توجهی بین غلظت‌های مورد استفاده وجود ندارد و میانگین درصدهای بازدارندگی رشد میسلیومی در تمام غلظت‌های مورد آزمایش بیش ۹۰٪ بود (جدول ۲). آزمون قارچکش‌های لاماردور، تیلت، ارتیواتاپ و امینت نشان داد که همه غلظت‌ها روی *F. oxysporum* موثر بودند. پس از رورال‌تی‌اس، به ترتیب قارچکش‌های تیلت، لاماردور، ارتیواتاپ و امینت بیشترین تاثیر را روی *F. oxysporum* داشتند. آزمون قارچکش‌های کابریودو و کولیس، تفاوت قابل توجهی را در غلظت‌های مورد آزمایش نشان داد.

بالاترین میانگین درصدهای بازدارندگی رشد میسلیومی در حداکثر غلظت آزمایش، در کابریودو و کولیس به ترتیب، ۶۹.۷۵٪ و ۵۹.۴۰٪ بود. قارچکش‌های یونیفرم، فلینت، استروبی و توپسین‌ام همانند آزمون قارچکش‌ها در گونه *F. solani*، در همه غلظت‌ها میانگین درصدهای بازدارندگی رشد میسلیومی کمتر از ۵۰٪ را نشان دادند، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که این قارچکش‌ها نیز در غلظت‌های مورد آزمایش در مقایسه با سایر قارچکش‌ها، تاثیر اندکی در بازدارندگی رشد میسلیومی گونه *F. oxysporum* داشتند.



شکل ۱. تاثیر قارچکش‌های مورد آزمایش در مهار رشد میسلیومی قارچهای *Fusarium oxysporum* و *F. solani* به عنوان عوامل بیماری پوسیدگی ریشه سیب در شرایط آزمایشگاه. قارچکش تیلت (a)، امینت (b)، کابریودو (c)، کولیس (d)، ارتیواتاپ (e)، لاماردور (f)، یونیفرم (g)، فلینت (h)، استروبی (i)، توپسن‌ام (j) و رورال‌تی‌اس (k).

Figure 1. Effect of tested fungicides in mycelial growth inhibition of *Fusarium oxysporum* and *F. solani* as apple root rot disease agents *in vitro*. Tilt (a), Eminent (b), Cabrio Duo (c), Collis (d), Ortiva Top (e), Lamardor (f), Uniform (g), Flint (h), Stroby (i), Topsin M (j) and Rovral TS (k).

جهت مطالعه تاثیر هر قارچکش بر دو جدایه *F. solani* و *F. oxysporum* از طریق رگرسیون غیر خطی، ارتباط میانگین درصدهای بازدارندگی رشد میسلیومی در برابر لگاریتم غلظت-های قارچکش رسم و غلظت بازدارنده ۵۰٪ تخمین زده شد (شکل ۱). ارزیابی آزمایشگاهی حساسیت به تمام قارچکش‌های مورد آزمایش در دو گونه *F. solani* و *F. oxysporum* نشان داد که با افزایش غلظت قارچکش (برحسب میلی‌گرم بر لیتر)، میانگین درصدهای بازدارندگی رشد میسلیومی قارچ به ترتیب در غلظت‌های ۱۰ تا ۲۰۰mg/l افزایش می‌یابد. میانگین درصدهای بازدارندگی رشد میسلیومی در قارچکش‌های تیلت و ارتیواتاپ در گونه *F. solani* در غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰mg/l و در گونه *F. oxysporum* در تمام غلظت‌ها به بیش از ۵۰٪ رسید. در قارچکش امینت نیز همانند قارچکش‌های تیلت و ارتیواتاپ، میانگین درصدهای بازدارندگی رشد میسلیومی در گونه *F. oxysporum* در تمام غلظت‌ها اما در گونه *F. solani* تنها در غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰mg/l به بیش از ۵۰٪ رسید. در قارچکش کابریودو، میانگین درصدهای بازدارندگی رشد میسلیومی در گونه *F. solani* در غلظت ۲۰۰mg/l و در گونه *F. oxysporum* در غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰mg/l به بیش از ۵۰٪ رسید. میانگین درصدهای بازدارندگی رشد میسلیومی در قارچکش کولیس در گونه *F. solani* در هیچ یک از غلظت‌ها به ۵۰٪ نرسید اما در گونه *F. oxysporum* در غلظت ۲۰۰mg/l به بیش از ۵۰٪ رسید. در قارچکش‌های یونیفرم، فلینت، استروبی و توپسین‌ام در هیچ یک از گونه‌ها و غلظت‌ها، میانگین درصدهای بازدارندگی رشد میسلیومی به ۵۰٪ نرسید اما در قارچکش لاماردور در هر دو گونه در تمام غلظت‌های مورد آزمایش به بیش از ۵۰٪ رسید. در قارچکش رورال‌تی‌اس میانگین درصدهای بازدارندگی رشد میسلیومی در گونه *F. solani* در غلظت‌های ۱۰ تا ۲۵mg/l افزایش یافت و در غلظت‌های ۲۵ تا ۲۰۰mg/l به دلیل رشد اندک و تقریبا یکسان قطر پرگنه، یکسان ثبت شد (جدول ۲) و در این گونه در غلظت‌های ۲۵ تا ۲۰۰mg/l و در گونه *F. oxysporum* در تمام غلظت‌ها به بیش از ۵۰٪ رسید.

در آزمون قارچکش‌ها، تجزیه تحلیل آماری درصدهای بازدارندگی رشد میسلیومی قارچ‌های *F. oxysporum* و *F. solani*، تفاوت معنی‌داری را بین غلظت‌های مورد استفاده نشان داد. تاثیر قارچکش‌ها ممکن است به عامل بیماری‌زا نیز بستگی داشته باشد (Mannai et al. 2018). قارچکش‌های رورال‌تی‌اس و لاماردور در همه غلظت‌های مورد آزمایش، در بین سایر قارچکش‌ها، بیشترین تاثیر را روی *F. solani* و *F. oxysporum* داشتند. در ایران نیز این دو قارچکش جهت کنترل بیماری‌های زردی فوزاریومی نخود، پوسیدگی فوزاریومی سیر و پیاز، شانکر ساقه سیب زمینی (مرگ گیاهچه) و خشکیدگی سرشاخه توت توصیه شده‌اند (Nurbakhsh, 2020). قارچکش رورال‌تی‌اس به همراه باکتری *Rhizobium* نیز در کاهش شدت بیماری پوسیدگی ریشه فوزاریومی ناشی از *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* در لوبیا (Welsh 1942) موثر بوده است. قارچکش لاماردور تاکنون در ایران به منظور کنترل بیماری‌های سیاهک آشکار و پنهان گندم و همچنین سیاهک آشکار جو توصیه شده است (Nurbakhsh, 2020). قارچکش‌های ارتیواتاپ و تیلت، در دو گونه *F. solani* و *F. oxysporum* در حداکثر غلظت آزمایش بیشترین تاثیر را داشتند اما درصد بازدارندگی رشد میسلیومی در غلظت ۱۰mg/l در *F. oxysporum* بیش از ۵۰٪ اما در *F. solani* کمتر از ۵۰٪ بود. قارچکش ارتیواتاپ در ایران به منظور کنترل بیماری‌های سفیدک پودری جالیز و لکه برگی سرکوسپورایی چغندرقند توصیه شده است (Nurbakhsh, 2020). این قارچکش از طریق کاهش رشد میسلیومی گونه *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* در کنترل بیماری پوسیدگی گوجه‌فرنگی (Patiyal *et al.* 2020). قارچکش تیلت در ایران به منظور کنترل بیماری‌های سیاهک هندی، سفیدک پودری گندم و جو، زنگ‌های غلات (گندم) و فوزاریوم خوشه گندم (*F. greaminarum*) توصیه شده است (Nurbakhsh, 2020). این قارچکش از طریق بازدارندگی رشد میسلیومی گونه *F. oxysporum* f. sp. *cubense* در کنترل بیماری پوسیدگی ریشه موز موثر بوده است (Nel *et al.* 2007). از میان قارچکش‌های مورد آزمایش در شرایط آزمایشگاه، رورال‌تی‌اس، لاماردور و ارتیواتاپ در *F. solani* و رورال‌تی‌اس، لاماردور و تیلت در گونه *F. oxysporum* دارای بیشترین میانگین درصدهای بازدارندگی رشد میسلیومی بودند. قارچکش لاماردور دارای میانگین درصدهای بازدارندگی رشد میسلیومی بیش از ۵۰٪ در گونه‌های *F. solani* و *F. oxysporum* بود. همچنین آزمون قارچکش‌ها نشان داد که قارچکش ارتیواتاپ دارای میانگین درصدهای بازدارندگی رشد میسلیومی بیش از ۵۰٪ در گونه *F. solani* و قارچکش تیلت دارای میانگین درصدهای بازدارندگی رشد میسلیومی بیش از ۵۰٪ در گونه *F. oxysporum* بود. در حال حاضر براساس مشاهدات تجربی باغداران، قارچکش‌های رورال-تی‌اس و خصوصا لاماردور، به منظور کنترل شیمیایی بیماری پوسیدگی ریشه سیب مورد استفاده قرار می‌گیرند. قارچکش لاماردور با EC۵۰، ۸.۴۶۱ mg/l در مقایسه با قارچکش‌های

رورال‌تی‌اس، ارتیواتاپ و تیلت در بازدارندگی رشد میسلیومی در گونه *F. solani* موثرتر شناخته شد. علیه گونه *F. oxysporum*، قارچکش رورال‌تی‌اس با EC۵۰، ۵.۰۶۲ mg/l در مقایسه با قارچکش‌های تیلت، لاماردور و ارتیواتاپ تاثیر بیشتری در بازدارندگی رشد میسلیومی داشت و پس از آن به ترتیب قارچکش‌های تیلت با EC۵۰، ۸.۸۱۵ mg/l، قارچکش لاماردور با EC۵۰، ۹.۰۷۵ mg/l و قارچکش ارتیواتاپ با EC۵۰، ۱۵.۱۲ mg/l موثر واقع شدند. باید توجه داشت که به منظور توصیه قطعی یک قارچکش جهت کنترل بیماری، علاوه بر آزمون قارچکش در شرایط آزمایشگاه، اجرای آزمون در شرایط گلخانه و مزرعه نیز توصیه می‌شود و اگرچه اجرای آزمون آزمایشگاهی در غربال‌گری اولیه قارچکش‌ها بسیار مفید است اما نمی‌توان صرفا براساس آن و با اطمینان، قارچکشی را توصیه کرد.

براساس نتایج حاصل از این پژوهش، قارچکش‌های لاماردور، رورال‌تی‌اس، ارتیواتاپ، تیلت و همچنین قارچکش امیننت که در شرایط آزمایشگاهی مورد سنجش قرار گرفتند، نسبت به سایر قارچکش‌های مورد آزمایش، در مهار رشد میسلیومی گونه‌های *F. solani* و *F. oxysporum* به دلیل درصد بازدارندگی رشد میسلیومی بیش از ۵۰٪ در اغلب غلظت‌های مورد آزمایش، موثر بودند و بر این اساس اجرای آزمون‌های گلخانه‌ای و مزرعه‌ای این قارچکش‌ها و اطمینان از تاثیر آن‌ها در بازدارندگی رشد میسلیومی گونه‌های *Fusarium* مورد بررسی می‌تواند در مهار بیماری پوسیدگی ریشه درختان سیب ناشی از این دو گونه *Fusarium* که به عنوان فراوان‌ترین گونه‌های شناسایی شده در مناطق سیب‌کاری اصفهان شناخته شدند (Esmaili, 2021)، موثر باشد.

جدول ۱. درصدهای بازدارندگی رشد میسلیومی *Fusarium solani* در غلظت‌های مختلف قارچکش‌های مورد آزمایش.

Table 1. Percentages of mycelial growth inhibition (mean±SE) of *Fusarium solani* by different concentrations of tested fungicides.

Fungicide	Concentrations (mg/l)				
	10	25	50	100	200
Rovral TS	9.01^{c}±51.53	0.00^{a}±84.42	1.24^{a}±86.15	0.59^{a}±86.49	0.34^{a}±88.22
Lamardor	2.11^{d}±73.62	1.01^{c}±80.72	0.68^{b}±85.45	0.34^{a}±90.19	0.34^{a}±89.51
Tilt	9.34^{c}±48.53	9.53^{bc}±50.80	3.37^{abc}±67.63	1.40^{ab}±69.57	0.85^{a}±81.22
Ortiva Top	0.38^{e}±48.25	0.63^{d}±53.48	0.36^{c}±78.21	0.37^{b}±81.54	0.36^{a}±83.01
Eminent	1.70^{c}±37.79	4.20^{c}±41.42	1.44^{c}±43.39	1.74^{b}±55.24	0.00^{a}±66.43
Cabrio Duo	2.97^{d}±13.76	2.05^{cd}±20.85	4.17^{c}±24.00	2.08^{b}±52.35	1.04^{a}±67.70
Collis	0.86^{c}±27.00	1.81^{c}±26.03	1.42^{c}±24.4	2.93^{b}±33.52	1.13^{a}±44.27
Uniform	2.48^{b}±1.40	0.92^{b}±0.35	3.50^{ab}±7.71	3.15^{a}±12.62	6.34^{a}±24.20
Flint	0.63^{c}±9.18	0.00^{b}±16.94	1.10^{b}±15.83	1.33^{b}±15.09	1.61^{a}±22.84
Stroby	0.95^{c}±15.94	2.87^{bc}±21.73	3.09^{b}±26.80	1.57^{b}±26.80	5.62^{a}±42.75
Topsin M	0.57^{c}±0.59	1.84^{b}±3.90	0.99^{b}±3.57	2.95^{ab}±9.87	2.29^{a}±16.49

اعداد جدول بیانگر میانگین درصدهای بازدارندگی ± خطای استاندارد هستند و اعداد با حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار آماری براساس آزمون LSD در $P<0.05$ هستند.

* Means ± standard error in the column followed by the same letter are not significantly different according to LSD test at $P<0.05$.

جدول ۲. درصدهای بازدارندگی رشد میسلیومی *Fusarium oxysporum* در غلظت‌های مختلف قارچکش‌های مورد آزمایش.

Table 2. Percentages of mycelial growth inhibition (mean±SE) of *Fusarium oxysporum* by different concentrations of tested fungicides.

Fungicide	Concentrations (mg/l)				
	10	**25**	**50**	**100**	**200**
Rovral TS	0.71^{a}±91.80	0.00^{a}±92.52	0.00^{a}±92.52	0.00^{a}±92.52	0.00^{a}±92.52
Lamardor	0.97^{e}±67.96	0.97^{d}±80.58	0.85^{c}±85.75	0.00^{a}±93.20	0.97^{b}±90.28
Tilt	0.59^{d}±75.25	0.34^{c}±81.09	0.69^{c}±81.09	0.22^{b}±87.27	0.34^{a}±90.37
Ortiva Top	1.36^{b}±62.87	0.65^{ab}±71.58	0.65^{ab}±73.76	1.00^{a}±77.64	1.00^{a}±82.57
Eminent	0.95^{b}±60.50	0.62^{b}±60.86	1.58^{b}±60.14	0.72^{b}±61.22	0.36^{a}±67.75
Cabrio Duo	1.95^{d}±34.26	1.45^{c}±41.12	2.01^{c}±46.36	2.13^{b}±57.24	0.70^{a}±69.75
Collis	0.41^{c}±37.64	2.89^{b}±47.27	1.10^{b}±50.20	2.93^{b}±48.94	0.41^{a}±59.40
Uniform	0.88^{ab}±26.33	4.51^{ab}±29.00	0.67^{b}±23.33	3.21^{b}±21.00	2.40^{a}±33.33
Flint	3.05^{c}±3.35	1.63^{bc}±5.59	1.98^{bc}±5.59	2.45^{ab}±11.19	1.08^{a}±24.24
Stroby	1.89^{bc}±14.62	2.23^{bc}±10.54	2.97^{c}±9.52	4.94^{b}±18.70	4.26^{a}±37.07
Topsin M	1.86^{b}±2.16	1.38^{b}±4.07	7.20^{ab}±11.40	4.63^{ab}±11.40	0.84^{a}±18.09

اعداد جدول بیانگر میانگین درصدهای بازدارندگی ± خطای استاندارد هستند و اعداد با حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار آماری براساس آزمون LSD در P<۰.۰۵ هستند.

* Means ± standard error in the column followed by the same letter are not significantly different according to LSD test at P<0.05.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله مراتب سپاس و قدردانی خود را از جناب آقای مهندس منوچهر منصوری و مهندس علی خواجه جهت تهیه برخی قارچکش‌های مورد استفاده در این پژوهش ابراز می نمایند

References

Adaskaveg, J. E., H., Forster, L., Wade, D. F., Thompson and J. H., Connell. 1999. Efficacy of sodium tetrathiocarbonate and propiconazole in managing *Armillaria* root rot of almond on peach rootstock. Plant Disease. 83: 240–246.

Aguin, O., J. P., Mansilla and M. J., Sainz. 2006. In vitro selection of an effective fungicide against *Armillaria mellea* and control of white root rot of grapevine in the field. Pest Management Science. 62: 223–228.

Alamdarlou, R. M., M., Salari, M. A., Aghajani, N., Panjekeh and S. K., Sabbagh. 2018. Effect of some fungicides on causal agent of *Sclerotinia* stem rot disease of rapeseed in Mazandaran province (in Persian with English summary). Journal of Applied Research in Plant Protection. 7: 103–115.

Amiri, A., K. E., Bussey, M. B., Riley and G., Schnabel. 2008. Propiconazole inhibits *Armillaria tabescens* in vitro and translocates into peach roots following trunk infusion. Plant Disease. 92: 1293–1298.

Arabiat, S., L., Yangxi and F. R. Kh., Mohamed. 2021. Sensitivity of *Aphanomyces cochlioides* from sugar beet to selected fungicides. Journal of Sugar Beet Research. 58: 40–50.

Brown MS, Bayasal-Gurel F, Oliver JB, Aaddesso KM, 2019. Evaluation of fungicides and biofungicide to control Phytophthora root 1 rot (*Phytophthora cinnamomi* Rands) and ambrosia beetles (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) on flowering dogwoods exposed to simulated flood events. Crop Protection 124: https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.05.028.

El-Samadisy, A. M., F.A.F., Ali, A. A. R., Helalia and W. M. S. A., Ali. 2008. Chemical and biological control of wilt and damping-off diseases of tomato. Journal of Agricultural Science 33: 2273–2284.

Esmaili, Z. 2021. Etiology of apple trees decline and the possibility of its chemical control in Isfahan province. MSc Thesis, Isfahan University of Technology.

Frac. 2021. Fungal control agents sorted by cross resistance pattern and mode of action. Internet resource: http://Frac.info.

Gur, L., M., Reuveni and Y., Cohen. 2020. Control of *Alternaria* fruit rot in 'Pink Lady' apples by fungicidal mixtures. Crop Protection 127: https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.104947.

Hatamabadi Farahani, M., S., Rezaei and M., Malek. 2010. Study on the interaction of Rovral–TS fungicide and *Rhizobium* bacteria in controlling *Fusarium* root rot of bean. Journal of agricultural science. 1: 55–63.

Heidarian, A., J., Ershad and SH., Shafizadeh. 2007. Study on foot and root rot of apple trees in Samirom (in Persian with English summary). Agricultural and Natural Resources Research Center. Isfahan.

Jetawat, R. P. S., K., Mathur, K., Singh and A., Singh. 2014. Effect of fungicides against *Fusarium solani* and *Rhizoctonia solani* infecting Ashwagandha. The Ecoscan. 9: 1225–1227.

Leslie, J. and B., Semmerell. 2006. *The Fusarium Laboratory Manual*. Blackwell, USA.

Li, J. L., X. Y., Liu, J. T., Xie and F. X., Zhu. 2014. A comparison of different estimation methods for fungicide EC_{50} and EC_{95} values. Journal of Phytopathology. 163: 239–244.

Mannal, S., N., Horrigue-Raouani and N., Boughalleb-M'hamdi. 2018. Effect of six fungicides against *Fusarium oxysporum* and *F. solani* associated with peach seedlings decline in Tunisian nurseries. Annual Research & Review in Biology. 26: 1–11.

Mcbride, S. A. 2016. Strategies for managing cotton root rot (CRR) disease in Texas Wine grapes. MSc Thesis, Texas A&M University.

Naffaa, W. G., and A., Rashid. 2017. Fungal pathogens associated with crown and collar rot of apple trees in Southern Syria. Acta Agriculturae Slovenica. 109: 103–109.

Nel, B., C., Steinberg, N., Labuschagne and A., Viljoen. 2007. Evaluation of fungicides and sterilants for potential application in the management of *Fusarium* wilt of banana. Crop Protection. 26: 697–705.

Nurbakhsh, S. 2020. List of important pests, diseases and weeds of major agricultural products. Plant Protection Organization. Ministry of Agriculture Jihad. Tehran.

Patiyal, A., J., Mishra and R., Prassad. 2020. In vitro evaluation of fungicides against *Fusarium oxysporum* f. sp. Wilt of tomato. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 9: 1670–1673.

Turechek, W. W. 2004. Apple diseases and their management. In: *Diseases of Fruits and Vegetables*. Naqvi, S. A. M. H. (Ed.). Kluwer Academic Publishers, Netherlands. pp. 1–108.

Welsh, M. F. 1942. Studies of crown rot of apple trees. Canadian Journal of Research. 20: 457–490.

Williamson–Benavides, B. A., and A., Dhingra. 2021. Understanding Root Rot Disease in Agricultural Crops. Horticulturae. 7: 42–43.

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