دانش بیماری‌شناسی گیاهی (شاپای ا: ۶۲۹۰-۲۵۸۸، شاپای چ: ۹۲۷۰-۲۲۵۱)
سال دهم، جلد ۲، بهار و تابستان ۱۴۰۰
Plant Pathology Science (eISSN:2588-6290, pISSN:2251-9270)
Vol. 10(2), 2021

Research Article

The effect of the mixtures of carbendazim, iprodione and tebuconazole on *Sclerotinia sclerotiorum*

SAMANEH BAHLOOLI, MASOUD ABRINBANA✉, YOUBERT GHOSTA
Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

Received: 09.07.2021 Accepted: 11.28.2021

Bahlooli S, Abrinbana M, Ghosta Y (2021) The effect of the mixtures of carbendazim, iprodione and tebuconazole on *Sclerotinia sclerotiorum*. Plant Pathology Science 10(2):40-49. Doi: 10.2982/PPS.10.2.40.

Abstract

Introduction: Soil-borne fungus *Sclerotinia sclerotiorum* or white mold is the cause of the destructive disease of root and stem rot of many plants. Chemical control due to the lack of highly resistant cultivars is the most important method in the pathogen management program in various plants. However, the repeated use of fungicides leads to the development of resistant strains in pathogen populations. The use of fungicides with different modes of action, especially those with a synergistic effect, is one the most important anti-resistance methods. **Materials and Methods:** In this research, the effect of different mixing ratios in pairs of carbendazim, iprodione, and tebuconazole fungicides and their possible synergistic activity on four *S. sclerotiorum* isolates were investigated in *vitro* conditions. For this purpose, the isolates were cultured on potato dextrose agar, containing different concentrations of fungicides mixtures, and EC_{50} values and the synergy factors were then determined for different mixtures ratios. **Results:** Tebuconazole: carbendazim mixture in 1:7 ratio, with a synergistic activity, inhibited all the isolates growth, and carbendazim: iprodione mixture in 1:9 ratio showed a synergistic effect on three isolates. **Conclusion:** The mixture of tabuconazole: carbendazim in 1:7 ratio had the best synergistic activity, and inhibitory effect on the growth of all the pathogen isolates, so it has the potential to be used in the management program of *S. sclerotiorum*.

Keywords: White mold, Resistance, Fungicide, Synergism

✉ Corresponding author: M.abrinbana@urmia.ac.ir

مقاله پژوهشی

اثر مخلوط قارچ‌کش‌های کاربندازیم، ایپرودیون و تبوکونازول روی *Sclerotinia sclerotiorum*

سمانه بهلولی، مسعود ابرین‌بنا✉، یوبرت قوستا
گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه

دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۱۴ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۰۷

بهلولی ب، ابرین‌بنا م، قوستا ی (۱۴۰۰) اثر مخلوط قارچ‌کش‌های کاربندازیم، ایپرودیون و تبوکونازول روی *Sclerotinia sclerotiorum* دانش بیماری‌شناسی گیاهی ۱۰(۲): ۴۹-۴۰. Doi: 10.2982/PPS.10.2.40.

چکیده

مقدمه: قارچ خاکزی *Sclerotinia sclerotiorum* یا کپک سفید عامل بیماری مخرب پوسیدگی ریشه و ساقه گیاهان بسیاری است. مبارزه شیمیایی با توجه به عدم وجود رقم‌هایی با مقاومت بالا، به عنوان مهم‌ترین روش مدیریت این بیمارگر گیاهی است. امّا استفاده مکرر از قارچ‌کش‌ها منجر به بروز سویه‌های مقاوم در جمعیت بیمارگر می‌شود. استفاده از قارچ‌کش‌هایی با نحوه اثر متفاوت، به خصوص آنهایی که اثر تشدیدکننده دارند، از مهم‌ترین روش‌های ضدمقاومت به قارچ‌کش‌ها است. **مواد و روش‌ها:** اثر نسبت‌های مختلف مخلوط دو به دو قارچ‌کش‌های کاربندازیم، ایپرودیون و تبوکونازول روی رشد پرگنه چهار جدایه *S. sclerotiorum*، و بررسی خاصیت تشدیدکننده احتمالی آنها در شرایط درون‌شیشه‌ای در این پژوهش، مورد آزمایش قرار گرفت. جدایه‌های بیمارگر در محیط کشت سیب‌زمینی- دکستروز- آگار حاوی غلظت‌های مختلف از مخلوط قارچ‌کش‌ها کشت شدند و مقادیر EC_{50} و فاکتور تشدیدکنندگی برای نسبت‌های مختلف مخلوط قارچ‌کش‌ها محاسبه گردید. **یافته‌ها:** مخلوط تبوکونازول: کاربندازیم به نسبت ۷:۱، روی همه جدایه‌ها اثر تشدیدکنندگی و بازدارنده داشت و مخلوط کاربندازیم: ایپرودیون به نسبت ۹:۱روی سه جدایه اثر تشدیدکنندگی و بازدارنده نشان داد. **نتیجه‌گیری:** مخلوط تبوکونازول: کاربندازیم به نسبت ۷:۱، بهترین اثر تشدیدکنندگی و بازدارندگی از رشد تمام جدایه‌های بیمارگر را داشت، بنابراین پتانسیل به کارگیری در برنامه مدیریت *S. sclerotiorum* را دارد.

واژگان کلیدی: کپک سفید، مقاومت، قارچ‌کش، تشدیدکننده

مقدمه Introduction

Sclerotinia sclerotiorum (Lib.) de Bary عامل کپک سفید یا پوسیدگی ریشه، طوقه و ساقه در بیش از ۴۰۰ گونه گیاهی از جمله آفتابگردان و کلزا است. خسارت ناشی از قارچ در محصولات مختلف

✉ مسول مکاتبه:M.abrinbana@urmia.ac.ir

به صورت کاهش عملکرد و نیز به طور غیرمستقیم به دلیل کاهش کیفیت محصول می‌باشد که میزان خسارت آن گاهی به ۱۰۰ درصد محصول هم می‌رسد (Boland and Hall 1994, Saharan and Mehta 2008).

برای مدیریت بیماری ناشی از این بیمارگر در مزرعه، استفاده از روش‌های کاربردی از جمله روش‌های زراعی مانند تناوب زراعی، آفتاب‌دهی خاک، کاشت رقمهای مقاوم، مهار زیستی و مبارزه شیمیایی توصیه شده است (Saharan and Mehta 2008). به دلیل عدم کارآیی روش‌های زراعی در کنترل مؤثر بیماری و عدم وجود رقمهای با مقاومت بالا، در بیشتر موارد مبارزه شیمیایی به عنوان مهم‌ترین روش در مدیریت قارچ در نظر گرفته می‌شود (Saharan and Mehta 2008).

تاکنون قارچ‌کش‌های متعددی از گروه‌های بنزیمیدازول‌ها (Benzimidazoles) مانند کاربندازیم (Carbendazim)، دی‌کربوکسیمیدها (Dicarboximides) مانند ایپرودیون (Iprodione) و بازدارنده دمتیلاسیون استرول یا DMI (Demethylation inhibitors) از جمله تریازول‌ها (Triazoles) مانند تبوکونازول (Tebuconazole) برای مدیریت *S. sclerotiorum* در محصولات مختلف استفاده شده‌اند (Saharan and Mehta 2008, Bradley et al. 2006)؛ اما استفاده مکرّر از آنها موجب بروز سویه‌های مقاوم در جمعیت قارچ می‌شود و در نهایت منجر به عدم کارایی قارچ‌کش‌ها در مهار بیماری می‌گردد (Ma et al. 2009, Saharan and Mehta 2008). برای جلوگیری از بروز مقاومت جمعیت‌های قارچ‌ها نسبت به قارچ‌کش‌ها، روش‌هایی مانند استفاده از دو قارچ‌کش با نحوه اثر متفاوت، به صورت متناوب و به خصوص مخلوط سمها توصیه شده است (Elderfield et al. 2018). امّا برهمکنش قارچ‌کش‌های موجود در یک مخلوط می‌تواند به صورت تشدیدکننده (Synergistic)، افزایشی (Additive) و یا کاهنده باشد که در بین آنها، مخلوط‌هایی با اثر تشدیدکننده، بهترین و مناسب‌ترین ترکیبها در نظر گرفته می‌شوند زیرا در این مخلوط‌ها، مقدار (غلظت) مورد استفاده قارچ‌کش‌ها به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد (Gisi 1996,De Waard 1996). در این حالت علاوه بر مهار موثرتر قارچ، هزینه‌های مبارزه و آلودگی زیست‌محیطی نیز کاهش می‌یابد و خطر بروز سویه‌های مقاوم به قارچ‌کش نیز بسیار کم می‌شود (Ebrahimzadeh and Abrinbana 2019, Grabski and Gisi 1987, Samoucha and Cohen 1984, 1989). بر همین اساس، اثر ترکیب قارچ‌کش‌ها روی قارچ‌ها (Ebrahimzadeh and Abrinbana 2019, Gisi 1996) و شبه‌قارچ‌های (Grabski and Gisi 1987, Samoucha and Cohen 1984, Samoucha and Cohen 1989) مختلف مورد بررسی قرار گرفته است و یافته‌ها بیانگر وجود اثر تشدیدکننده در ترکیب دو یا در مواردی سه قارچ‌کش می‌باشد؛ اما در این زمینه فقط یک مطالعه روی *S. sclerotiorum* گرفته است (Duan et al. 2012).

قارچ *S. sclerotiorum* در ایران از حدود ۲۷ گیاه میزبان مختلف گزارش شده است (Ershad 2009) که به خصوص در برخی محصولات مانند کلزا، آفتابگردان و تعدادی از سبزی‌ها و جالیزها اهمیت بیشتری دارد و خسارت قابل توجهی به آنها وارد می‌کند (Molaei et al. 2020, Mousa Khalifani et al. 2018). با توجه به لزوم مدیریت بیمارگر با استفاده از قارچ‌کش‌ها و فراوانی بالای سویه‌های

مقاوم به برخی قارچ‌کش‌ها در بعضی مناطق کشور (Molaei et al. 2020)، بایستی راهکارهای مناسبی برای مدیریت مؤثر این قارچ و نیز جلوگیری از افزایش فراوانی سویه‌های مقاوم ارائه گردد؛ بنابراین، در پژوهش حاضر تأثیر مخلوط دو به دو قارچ‌کش‌های کاربندازیم، ایپرودیون و تبوکونازول بر رشد رویشی چهار جدایه منتخب از *S. sclerotiorum* در شرایط درون شیشه‌ای مورد بررسی قرار گرفت تا اثر تشدیدکننده احتمالی این سمها و همچنین نسبت اختلاط مناسب آنها برای مدیریت بیمارگر تعیین گردد.

مواد و روش‌ها Materials and Methods

آزمایش اثر چهار قارچ‌کش بر رشد پرگنه چهار جدایه *S. sclerotiorum*

چهار جدایه A5، C5، P1 و P8 از کلکسیون قارچ‌های گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه ارومیه تهیه شد. این جدایه‌ها قبلاً از مزرعه‌های آفتابگردان استان آذربایجان غربی جمع‌آوری شده بودند.

حساسیت این جدایه‌ها نسبت به کاربندازیم (با نام تجاری Carbendazim، شرکت شیمی کشاورز، ایران)، ایپرودیون (با نام تجاری Rovral، شرکت Bayer، آلمان) و تبوکونازول (با نام تجاری Folicur، شرکت Bayer، آلمان) ارزیابی شد تا غلظتی که به میزان ۵۰ درصد از رشد رویشی جدایه‌ها ممانعت می‌کند (EC_{50}: Effective concentration causing 50% mycelia growth inhibition)، به دست آید. بدین منظور حلقه‌هایی از کشت فعال جدایه‌ها به قطر پنج میلی‌متر از حاشیه پرگنه‌های کشت‌های دو روزه هر جدایه به تشتک‌های پتری حاوی محیط کشت PDA (Potato dextrose agar) به همراه غلظت‌های مختلف از هر قارچ‌کش و تیمار شاهد (فاقد قارچ‌کش) انتقال یافت. کاربندازیم در غلظت‌های ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۱،۵، ۵، ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر ماده مؤثره، ایپرودیون در غلظت‌های ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۸ میلی‌گرم بر لیتر ماده مؤثره و تبوکونازول در غلظت‌های ۰/۰۱، ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم بر لیتر ماده مؤثر مورد استفاده قرار گرفت. برای هر تیمار جدایه-غلظت قارچ‌کش، سه تشتک پتری (تکرار) در نظر گرفته شد. تشتک‌ها در انکوباتور با دمای ۲۵ درجه سلسیوس و شرایط تاریکی نگهداری شدند. پس از ۴۸ ساعت، قطر پرگنه‌ها اندازه‌گیری شد و میانگین آنها بعد از کسر ۵ میلی‌متر قطر حلقه، به عنوان میانگین قطر رشد پرگنه به دست آمد. سپس با استفاده از این مقادیر، درصد بازدارندگی از رشد در هر غلظت، با استفاده از فرمول $I=[(C-F)/C] \times 100$ محاسبه گردید که در آن I: درصد بازدارندگی از رشد، C: قطر پرگنه در شاهد و F: قطر پرگنه در تیمار قارچ‌کش بود (Ebrahimzadeh and Abrinbana 2019, Molaei et al. 2020).

آزمایش اثر ترکیب قارچ‌کش‌ها روی رشد پرگنه جدایه‌های *S. sclerotiorum*

برای بررسی برهمکنش قارچ‌کش‌ها و اثر آنها روی چهار جدایه قارچ *S. sclerotiorum*، ترکیب دو به دو قارچ‌کش‌های کاربندازیم، ایپرودیون و تبوکونازول در نسبت‌های ۱:۱، ۳:۱، ۵:۱، ۷:۱ و ۹:۱ به

محیط کشت PDA افزوده شدند و طبق روش قبل میزان بازدارندگی آنها مورد ارزیابی قرار گرفت. پنج غلظت برای هر ترکیب قارچ‌کش در نظر گرفته شد و تیمار شاهد فاقد قارچ‌کش بود. مقادیر EC_{50} با استفاده از داده‌های درصد بازدارندگی و با روش Probit در نرم‌افزار SPSS 19 محاسبه شد (Ebrahimzadeh and Abrinbana 2019, Molaei et al. 2020).

اثر ترکیب دو قارچ‌کش و نسبت‌های مختلف آن‌ها، مقدار EC_{50} مورد انتظار برای همه نسبت‌های مخلوط سمها، طبق روش والدی (Waldey) با فرمول $EC_{50}M_{Exp} = (a+b)/[(a/EC_{50}A)+(b/EC_{50}B)]$ محاسبه شد که در آن $EC_{50}M_{Exp}$: EC_{50} مورد انتظار نسبت M در مخلوط دو قارچ‌کش،a: نسبت قارچ‌کش b،A: نسبت قارچ‌کش EC_{50}A،B: مقدار EC_{50} قارچ‌کش A و EC_{50}B: مقدار EC_{50} قارچ‌کش B است (Kosman and Cohen 1996). در نهایت، با تقسیم EC_{50} مورد انتظار بر EC_{50} مشاهده شده، نسبت تشدیدکننده (Synergy ratio) محاسبه شد. در صورتی که مقدار این نسبت کمتر از ۰/۵ باشد، برهمکنش دو سمّ مورد بررسی از نوع کاهندگی است، در صورتی که نسبت بین ۰/۵ تا ۱/۵ باشد برهمکنش افزایشی و اگر مقدار عددی این نسبت بیش از ۱/۵ باشد، برهمکنش تشدیدکننده است (Gisi 1996, Kosman and Cohen 1996).

یافته‌ها Results

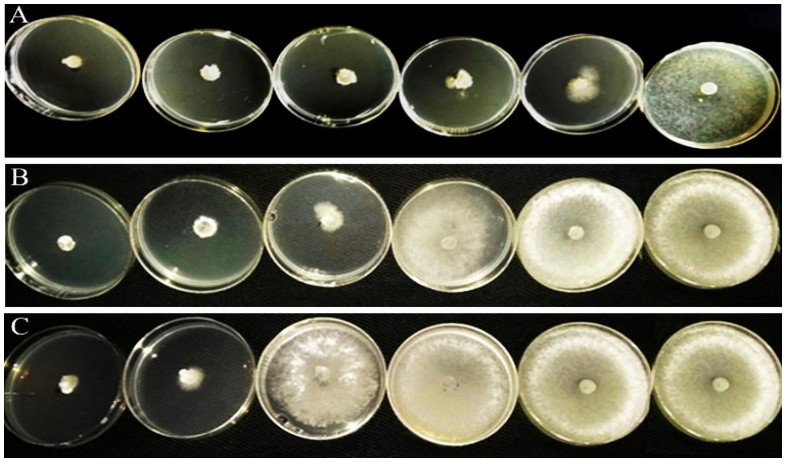
اثر چهار قارچ‌کش بر رشد پرگنه چهار جدایه *S. sclerotiorum*

بررسی حساسیت چهار جدایه نسبت به ایپرودیون نشان داد که مقادیر EC_{50} قارچ‌کش برای دو جدایه A5 و P1 برابر با ۰/۱ میلی‌گرم لیتر و برای جدایه‌های C5 و P8 برابر با ۰/۱۴ میلی‌گرم لیتر بود. همچنین مقادیر EC_{50} کاربندازیم برای A5، C5، P1 و P8 به ترتیب برابر با ۰/۲، ۰/۶۸، ۰/۳۴ و ۰/۴۲ میلی‌گرم بر لیتر و مقادیر EC_{50} تبوکونازول برای دو جدایه P1 و P8 برابر با ۰/۱۴ میلی‌گرم بر لیتر و برای A5 و C5 به ترتیب ۰/۱۱ و ۰/۲۱ میلی‌گرم لیتر برآورد شد.

اثر مخلوط قارچ‌کش‌ها روی رشد پرگنه جدایه‌های *S. sclerotiorum*

در مجموع اثر شش مخلوط دو به دو قارچ‌کش‌ها در پنج نسبت مختلف روی چهار جدایه مورد بررسی قرار گرفت. در اغلب موارد، نسبت‌های مختلف دو قارچ‌کش اثرات متفاوتی روی جدایه‌ها داشتند (شکل ۱). پس از محاسبه EC_{50}، نسبت تشدیدشونگی برای هر مخلوط-نسبت محاسبه گردید (جدول‌های ۱، ۲ و ۳).

اثر مخلوط ایپرودیون: کاربندازیم با نسبت ۹:۱ روی جدایه‌ها ارزیابی نشد ولی یافته‌های بررسی اثر ترکیب ایپرودیون: کاربندازیم با نسبت‌های ۱:۱، ۳:۱، ۵:۱ و ۷:۱ نشان داد که در اغلب موارد برهمکنش دو سمّ از نوع افزایشی بود و فقط نسبت ۳:۱ روی جدایه A5 اثر کاهندگی داشت (جدول ۱). اثر تشدیدکننده در نسبت‌های ۵:۱ روی جدایه P8 و نسبت ۷:۱ روی جدایه‌های C5 و P8 وجود داشت.



شکل ۱. انواع اثرهای مخلوط قارچکشها بر رشد پرگنه قارچ *Sclerotinia sclerotiorum* ، A- تشدیدکننده B- افزایشی،C - کاهندگی مخلوط کاربندازیم: ایپرودیون به ترتیب در نسبت‌های ۷:۱، ۵:۱ و ۳:۱ روی جدایه A5. تشتک‌های پتری از سمت راست به چپ: شاهد و سپس غلظت‌های ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۸ میلی‌گرم بر لیتر.

Figure 1. Types of effects of fungicides mixtures on the growth of *Sclerotinia sclerotiorum*: A-Synergistic, B- Additive, C-antagonistic effects of carbendazim: iprodione at rations 1:7, 1:5 and 1:3, respectively, against the isolate A5. Petri dishes from right to left: control, and then 0.05, 0.1, 0.2, 0.4 and 0.8 mg/liter, respectively.

جدول ۱. مقادیر EC_{50} و فاکتور تشدیدکننده مخلوط ایپرودیون با کاربندازیم و تبوکونازول روی جدایه‌های *Sclerotinia sclerotiorum*

Table 1. EC_{50} values and synergy ratios of mixture of iprodione with carbendazim and tebuconazole on *Sclerotinia sclerotiorum* isolates

Fungicide mixture	Isolate	EC_{50} (mg/ml)					Synergy ration				
		1:1	1:3	1:5	1:7	1:9	1:1	1:3	1:5	1:7	1:9
Iprodione: Carbendazim	A5	0.17	0.44	0.19	0.24	–	0.76	0.36	0.89	0.75	–
	C5	0.24	0.34	0.31	0.30	–	0.96	1.03	1.32	1.53	–
	P1	0.22	0.32	0.27	0.23	–	0.68	0.66	0.89	1.13	–
	P8	0.21	0.30	0.16	0.16	–	1.00	0.93	2.00	2.13	–
Iprodione: Tebuconazole	A5	0.13	0.16	0.16	0.31	0.39	0.77	0.69	0.69	0.35	0.28
	C5	0.30	0.48	0.49	0.35	0.51	0.57	0.40	0.39	0.57	0.39
	P1	0.37	0.36	0.52	0.39	0.43	0.32	0.36	0.25	0.33	0.30
	P8	0.52	0.34	0.52	0.36	0.65	0.27	0.41	0.27	0.39	0.22

بررسی اثر مخلوط ایپرودیون: تبوکونازول با نسبت‌های ۱:۱، ۳:۱، ۵:۱، ۷:۱ و ۹:۱ مشخص نمود که هیچ کدام از نسبت‌ها اثر تشدیدکننده روی جدایه‌ها نداشتند (جدول ۲). برهمکنش مخلوط دو سمّ در اغلب موارد، از نوع کاهشی بود و فقط در چهار مورد روی دو جدایه اثر افزایشی مشاهده شد.

جدول ۲. مقادیر EC_{50} و فاکتور تشدیدکننده مخلوط کاربندازیم با ایپرودیون و تبوکونازول روی جدایه‌های *Sclerotinia sclerotiorum*

Table 2. EC_{50} values and synergy ratios of mixture of carbendazim with and iprodione tebuconazole on *Sclerotinia sclerotiorum* isolates

Fungicide mixture	Isolate	EC_{50} (mg/ml)					Synergy ration				
		1:1	1:3	1:5	1:7	1:9	1:1	1:3	1:5	1:7	1:9
Carbendazim: Iprodione	A5	0.17	0.29	0.17	0.02	0.03	0.76	0.38	0.66	5.24	3.67
	C5	0.24	0.32	0.26	0.14	0.09	0.96	0.53	0.62	1.14	1.67
	P1	0.22	0.31	0.28	0.17	0.11	0.68	0.39	0.39	0.65	1.00
	P8	0.21	0.31	0.31	0.08	0.09	1.00	0.55	0.52	1.88	1.67
Carbendazim: Tebuconazole	A5	0.57	0.47	0.17	0.09	0.15	0.68	0.26	0.71	1.33	0.80
	C5	0.36	0.42	0.24	0.44	0.59	0.89	0.60	1.00	0.52	0.39
	P1	0.53	1.40	0.23	0.35	0.80	0.38	0.11	0.70	0.43	0.17
	P8	0.26	0.35	0.21	0.20	0.25	0.81	0.49	0.76	0.75	0.60

در ترکیب کاربندازیم با نسبت‌های مختلف ایپرودیون نیز در اغلب موارد اثر افزایشی مشاهده شد و نسبت ۳:۱ روی دو جدایه A5 و P1 و نسبت ۵:۱ روی P1 اثر کاهشی داشتند (جدول ۳). نسبت‌های ۷:۱ و ۹:۱ کاربندازیم: ایپرودیون، در بازداری از رشد جدایه‌ها موثرتر بودند به طوری که نسبت ۹:۱ روی جدایه‌های C5،A5 و P8 اثر تشدیدکننده و روی P1 اثر افزایشی داشت. در نسبت ۷:۱ نیز اثر دو قارچ‌کش روی جدایه‌های A5 و P8 تشدیدکننده و روی دو جدایه دیگر افزایشی بود (جدول ۳).

اثر نسبت‌های مختلف مخلوط کاربندازیم: تبوکونازول روی جدایه‌های *S. sclerotiorum* اغلب افزایشی و در مواردی از نوع کاهشی بود (جدول ۳). در هیچ‌کدام از نسبت‌های مخلوط این دو قارچ‌کش اثر تشدیدکننده مشاهده نشد.

مخلوط تبوکونازول: ایپرودیون در همه نسبت‌ها بجز ۹:۱، روی جدایه‌ها اغلب اثر کاهشی و در مواردی اثر افزایشی داشت (جدول ۴). در نسبت ۹:۱، روی دو جدایه A5 و P8 اثر تشدیدکننده مشاهده شد و روی دو جدایه دیگر، اثر از نوع افزایشی بود.

همه نسبت‌های تبوکونازول: کاربندازیم به جز ۱:۱، روی یک تا چهار جدایه اثر تشدیدکننده داشتند که در بین آنها نسبت ۷:۱ روی همه جدایه‌ها این اثر را داشت (جدول ۴). در نسبت ۹:۱ فقط روی جدایه P1 اثر افزایشی مشاهده شد و در سایر جدایه‌ها اثر از نوع تشدیدکننده بود. نسبت ۳:۱ روی دو جدایه C5 و P8 اثر تشدیدکننده داشت در حالی که اثر آن روی دو جدایه دیگر افزایشی بود.

نسبت ۵:۱ نیز فقط روی جدایه C5 اثر تشدیدکننده داشت و روی سه جدایه دیگر اثر از نوع افزایشی مشاهده شد. در بین نسبت‌های مورد بررسی، فقط نسبت ۱:۱ روی P1 اثر کاهندگی نشان داد و اثر ترکیب دو سمّ در این نسبت، روی سه جدایه دیگر افزایشی بود (جدول ۳).

جدول ۳. مقادیر EC_{50} و فاکتور تشدیدکننده مخلوط تبوکونازول با ایپرودیون و کاربندازیم روی جدایه‌های *Sclerotinia sclerotiorum*

Table 3. EC_{50} values and synergy ratios of mixture of tebuconazole with iprodione and carbendazim on *Sclerotinia sclerotiorum* isolates

Fungicide mixture	Isolate	EC_{50} (mg/ml)					Synergy ration				
		1:1	1:3	1:5	1:7	1:9	1:1	1:3	1:5	1:7	1:9
Tebuconazole: Iprodione	A5	0.13	0.21	0.16	0.22	0.02	0.77	0.48	0.63	0.45	5.00
	C5	0.30	0.22	0.24	0.36	0.10	0.57	0.68	0.63	0.42	1.40
	P1	0.37	0.25	0.31	0.37	0.14	0.32	0.44	0.35	0.27	0.71
	P8	0.52	0.21	0.49	0.42	0.07	0.27	0.67	0.29	0.33	2.00
Tebuconazole: Carbendazim	A5	0.57	0.14	0.31	0.08	0.08	0.68	1.21	0.58	2.25	2.25
	C5	0.36	0.27	0.31	0.15	0.18	0.89	1.63	1.61	3.53	3.11
	P1	0.53	0.26	0.37	0.18	0.46	0.38	0.96	0.73	1.61	0.65
	P8	0.26	0.16	0.22	0.12	0.18	0.81	1.75	1.45	2.83	1.94

Discussion بحث

با این که استفاده از ترکیب‌ها و نسبت‌هایی با اثر تشدیدکننده به عنوان بهترین روش به‌کارگیری قارچ‌کش‌ها در نظر گرفته می‌شود (Ebrahimzadeh and Abrinbana 2019, Gisi 1996, Zhang et al. 2007)، با این حال، در این زمینه اطلاعات بسیار محدودی در مورد *S. sclerotiorum* وجود دارد به طوری که قبلاً فقط یک مطالعه روی این بیمارگر مهم انجام گرفته است (Duan et al. 2012)؛ بنابراین، پژوهش حاضر برای دومین بار در جهان روی این قارچ انجام گرفت و مخلوط‌های قارچ‌کشی با اثر تشدیدکننده قابل توجه روی جدایه‌های شناسایی شد.

در بین شش مخلوط قارچ‌کشی مورد استفاده، هیچ کدام از نسبت‌های ایپرودیون: تبوکونازول و کاربندازیم: تبوکونازول اثر تشدیدکننده روی جدایه‌های *S. sclerotiorum* نداشتند و حتی در مخلوط ایپرودیون: تبوکونازول، در اغلب نسبت‌ها اثر کاهندگی مشاهده شد. در سایر مخلوط‌ها، هر سه نوع اثر مشاهده گردید که در بین آنها مخلوط تبوکونازول: ایپرودیون در نسبت‌های ۱:۱ تا ۷:۱، اغلب اثر ضدیت روی جدایه‌ها داشت. با اینکه استفاده از مخلوط دو قارچ‌کش به عنوان بهترین روش برای مدیریت مقاومت به قارچ‌کش‌ها توصیه شده است، اما یافته‌های پژوهش حاضر بار دیگر ضرورت بررسی اثر مخلوط قارچ‌کش‌ها و اطمینان از اثربخشی آن‌ها روی جدایه‌های بیمارگر را مورد تاکید قرار داد.

در بین مخلوط‌ها و نسبت‌های قارچ‌کشی مورد بررسی در این پژوهش، تبوکونازول: کاربندازیم با نسبت ۷:۱ پتانسیل بالایی در بکارگیری در برنامه‌های مدیریت بیماری ناشی از *S. sclerotiorum* دارد زیرا مخلوط دو قارچ‌کش در این نسبت، روی همه جدایه‌ها اثر تشدیدکننده داشت و نسبت تشدیدکننده در جدایه‌ها از ۱/۶۱ تا ۳/۳۵ متغیر بود. در پژوهشی که اثر نسبت‌های مختلف تیرام (Thiram): آزوکسی‌استروبین (Azoxystrobin) روی *S. sclerotiorum* مورد بررسی گرفت، فقط در نسبت ۴:۱ اثر تشدیدکننده با نسبت ۲/۵۴ مشاهده شد (Duan et al., 2012). ارزیابی اثر نسبت ۴:۱ دو قارچ‌کش

مذکور روی نه جدایه دیگر از این بیمارگر نیز مشخص نمود که ترکیب فوق روی هشت جدایه اثر تشدیدکننده با نسبت بین ۱/۸۰ تا ۲/۹۹ بود (Duan et al. 2012). به دلیل تفاوت در جدایه‌های مورد استفاده در پژوهش حاضر و مطالعه قبلی (Duan et al. 2012)، مقایسه دقیق شدت تشدیدکننده قارچ‌کش‌ها در دو مطالعه امکان‌پذیر نیست. اما با توجه به حداکثر مقدار نسبت تشدیدکننده (۳/۳۵) تبوکونازول: کاربندازیم (نسبت ۷:۱) در مقایسه با حداکثر مقدار این نسبت در تیرام: آزوکسی‌استروبین (نسبت ۴:۱)، به نظر می‌رسد که مخلوط مورد استفاده در این پژوهش اثر تشدیدکننده بیشتری داشته باشد ولی اثبات این فرضیه نیازمند بررسی‌های تکمیلی است. همچنین در این پژوهش نسبت-مخلوط‌های دیگری نیز شناسایی شد که در بین آنها، نسبت ۹:۱ مخلوط‌های تبوکونازول: کاربندازیم و کاربندازیم: ایپرودیون که روی سه جدایه اثر تشدیدکننده و روی یک جدید اثر افزایشی داشتند، پتانسیل به کارگیری در برنامه‌های مدیریت *S. sclerotiorum* را دارند. ولی قبل از استفاده عملی در مبارزه با بیماری، بایستی اثر این دو مخلوط و نیز نسبت ۷:۱ مخلوط تبوکونازول: کاربندازیم روی جدایه‌های بیشتر و نیز در شرایط گلخانه و مزرعه نیز مورد بررسی قرار گیرد.

قارچ‌کش‌های گروه DMI و به خصوص تری‌آزول‌ها، از جمله سمهایی هستند که اثر مخلوط آنها با سایر قارچ‌کش‌ها، در اغلب موارد تشدیدکننده گزارش شده است (De Waard 1996, Gisi 1996, Zhang et al. 2007). در این پژوهش، تبوکونازول به صورت مخلوط با دو قارچ‌کش دیگر مورد بررسی قرار گرفت. ولی وقتی نسبت ثابت تبوکونازول با نسبت‌های مختلف دو قارچ‌کش دیگر مخلوط شد، در مواردی اثر تشدیدکننده مشاهده گردید به طوری که نسبت ۷:۱ مخلوط تبوکونازول: کاربندازیم روی همه جدایه این اثر را داشت.

نتیجه‌گیری Conclusion

آزمایش تأثیر مخلوط دو به دو قارچ‌کش‌های کاربندازیم، ایپرودیون و تبوکونازول بر چهار جدایه منتخب *S. sclerotiorum* نشان داد که مخلوط‌ها و نسبت‌های مختلف این سمها، اثرهای متفاوتی بر رشد پرگنه این بیمارگر دارند. در بین آنها، تبوکونازول: کاربندازیم با نسبت ۷:۱ به عنوان بهترین و موثرترین مخلوط شناخته شد که روی همه جدایه‌های بیمارگر اثر تشدیدکننده داشت. پس از آن، تبوکونازول: کاربندازیم و کاربندازیم: ایپرودیون با نسبت ۹:۱ مخلوط‌های مناسبی بودند زیرا روی سه جدایه اثر تشدیدکننده و روی یک جدید اثر افزایشی داشتند. این سه مخلوط دارای پتانسیل به‌کارگیری در برنامه مدیریت *S. sclerotiorum* را دارند.

منابع References

Boland GJ, Hall R (1994) Index of plant hosts of *Sclerotinia sclerotiorum*. Canadian Journal of Plant Pathology 16:93–108.

Bradley CA, Lamey HA, Endres GJ, Henson RA, Hanson BK, Mckay KR, Hakvorson M, LeGare DG, Porter PM (2006) Efficacy of fungicides for control of sclerotinia stem rot of canola. Plant Disease 90:1129–1134.

De Waard M (1996) Synergism and antagonism in fungicide mixtures containing sterol demethylation inhibitors. Phytopathology 86:1280–1282.

Duan Y, Ge C, Liu S, Feng X, Chen C, Zhou M (2012) *In vitro* inhibition of *Sclerotinia sclerotiorum* by mixtures of azoxystrobin, SHAM, and thiram. Pesticide Biochemistry and Physiology 103:101–107.

Ebrahimzadeh F, Abrinbana M (2019) Activity of fungicide mixtures against *Botrytis cinerea* isolates resistant to benzimidazoles, strobilurins and dicarboximides. Annals of Applied Biology 174:301–312.

Elderfield JAD, Lopez-Ruiz FJ, van den Bosch F, Cunniffe NJ (2018) Using epidemiological principles to explain fungicide resistance management tactics: Why do mixtures outperform alternations?. Phytopathology 108:803–817.

Ershad D (2009) Fungi of Iran. Iranian Research Institute of Plant Protection, Iran, 531p.

Gisi U (1996) Synergistic interaction of fungicides in mixtures. Phytopathology 86:1273–1279.

Grabski C, Gisi U (1987) Quantification of synergistic interactions of fungicides against *Plasmopara* and *Phytophthora*. Crop Protection 6:64-71.

Kosman E, Cohen Y (1996) Procedures for calculating and differentiating synergism and antagonism of fungicide mixtures. Phytopathology 86:1263–1272.

Ma HX, Chen Y, Wang JX, Yu WY, Tang ZH, Chen JC, Zhou MG (2009) Activity of carbendazim, dimethachlon, iprodione, procymidone and boscalid against Sclerotinia stem rot in Jiangsu Province of China. Phytoparasitica 37:421–429.

Molaei H, Abrinbana M, Ghosta Y (2020) Baseline sensitivities to azoxystrobin and tebuconazole in *Sclerotinia sclerotiorum* isolates from sunflower in Iran related to sensitivities to carbendazim and iprodione. Journal of Phytopathology 168:353–362.

Mousa Khalifani KH, Darvishzadeh R, Abrinbana M (2018) Aggressiveness diversity of *Sclerotinia sclerotiorum* and *S. minor* isolates in West Azarbaijan province and specific interaction of sunflower lines with the isolates of these pathogens. Journal of Applied Research in Plant Protection, 7:135–150. (In Persian with English Abstract).

Saharan GS, Mehta N (2008) Sclerotinia Disease of Crop Plants: Biology, Ecology and Disease Management. Springer Science + Business Media B.V., Netherlands, 485p.

Samoucha Y, Cohen Y (1984) Synergy between metalaxyl and mancozeb in controlling downy mildew in cucumbers. Phytopathology 74:1434–1437.

Samoucha Y, Cohen Y (1989) Field control of potato late blight by synergistic fungicidal mixtures. Plant Disease 73:751–753.

Zhang CQ, Zhu JW, Wei FL, Liu SY, Zhu GN (2007) Sensitivity of *Botrytis cinerea* from greenhouse vegetables to DMIs and fenhexamid. Phytoparasitica 35:300–313.