تأثیر برخی از قارچ‌کش‌ها روی عامل بیماری پوسیدگی اسکلروتینیایی ساقه‌ی کلزا (*Sclerotinia sclerotiorum*) در استان مازندران

رضاپور مهدی علمدارلو[۱]، محمد سالاری[۲]*، محمدعلی آقاجانی[۳]، ناصر پنجه‌که[۲] و سید کاظم صباغ[۴]

۱ و۲- به ترتیب دانشجوی دکتری تخصصی و دانشیاران گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.
۳- دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، گرگان، ایران.
۴- دانشیار گروه زیست شناسی، مجتمع علوم، دانشگاه یزد، یزد، ایران.
*مسئول مکاتبه: salari21M@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۲/۲۹ تاریخ پذیرش: ۹۷/۷/۱

چکیده

پوسیدگی ساقه، ناشی از قارچ *Sclerotinia sclerotiorum*، یکی از بیماری‌های مهم کلزا می‌باشد و قارچ‌کش‌ها جهت کنترل آن، به کار گرفته می‌شوند. در ایران اغلب از کاربندازیم و تبوکونازول جهت مبارزه‌ی شیمیایی با این بیماری استفاده می‌شود. به‌منظور معرفی سایر قارچ‌کش‌های موثر بر بیماری، اثر هفت قارچ‌کش روی بیمارگر، در شرایط آزمایشگاهی بررسی شده و شش قارچ‌کش برتر در مزرعه به‌کار گرفته شد. در شرایط آزمایشگاهی، غلظت‌های مختلف قارچ‌کش‌های مورد استفاده به‌جز کلروتالونیل (داکونیل)، با داشتن اختلاف معنی‌دار ($P<0.01$) نسبت به شاهد (بدون قارچ‌کش)، سبب بازداری از رشد شعاعی بیمارگر روی محیط کشت سیب‌زمینی دکستروز آگار گردیدند. غلظت موثر ۵۰درصد (EC_{50}) و حداقل غلظت بازدارندگی[۱] (MIC) سایر قارچ‌کش‌های بکار گرفته شده شامل ایپرودیون+ کاربندازیم (رورال‌تی‌اس)، پروپیکونازول (تیلت)، تیوفانات متیل (توپسین‌ام)، تری‌فلوکسی‌استروبین+ تبوکونازول (ناتیوو)، تبوکونازول (فولیکور) و اسپیروکسامین+ تبوکونازول+ تریادیمنول (فالکن) محاسبه شد که مقادیر EC_{50} این قارچ‌کش‌ها به‌ترتیب برابر ۰/۱۰، ۰/۱۱، ۰/۱۲، ۰/۲۲، ۰/۳۶ و ۰/۶۰ PPM و مقادیر MIC نیز به‌ترتیب برابر ۱، ۵، ۱، ۱۰، ۱۰ و ۱۰ PPM بودند. در شرایط مزرعه، همه قارچ‌کش‌ها با داشتن اختلاف معنی‌دار ($P<0.01$) نسبت به شاهد، سبب کاهش میزان آلودگی به بیماری و افزایش عملکرد محصول حدود ۳۰۰ الی ۷۰۰ کیلوگرم در هکتار شدند. ناتیوو موثرترین قارچ‌کش بوده و بقیه قارچ‌کش‌ها در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. در تیمار ناتیوو، دوره‌ی حفاظت از گیاه نیز طولانی‌تر بوده و بروز علایم بیماری بعد از سمپاشی، دیرتر از سایر تیمارها مشاهده شد. بنابراین قارچ‌کش‌های فوق‌الذکر می‌توانند در تناوب با قارچ‌کش‌های رایج مورد استفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: غلظت موثر ۵۰ درصد (EC_{50})، قارچ‌کش، کلزا، *Sclerotinia sclerotiorum*

مقدمه[۱]

کلزا یکی از گیاهان دانه روغنی مهم بعد از سویا و نخل روغنی، جایگاه سوم را در دنیا بخود اختصاص می‌دهد. کشت کلزا در ایران اهمیت ویژه‌ای داشته و در طرح خودکفایی تولید روغن‌نباتی، مورد توجه واقع شده است. پوسیدگی اسکلروتینیایی ساقه ناشی از قارچ *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary، مهم‌ترین بیماری کلزا در ایران به‌خصوص در مناطق مرطوب شمال می‌باشد (صانعی و همکاران ۱۳۸۹). اسکلروتینیا یک بیمارگر گیاهی مهم با پراکنش جهانی و با دامنه وسیع میزبانی می‌باشد که دوام آن در خاک به صورت اندام مقاوم به نام سختینه (اسکلروت) می‌باشد (بولتون و همکاران ۲۰۰۶، ساهاران و مهتا ۲۰۰۸). از جوانه‌زدن سختینه‌ها، یک تا چند پایه حاصل می‌شود که آپوتسیوم‌های قارچ روی آنها تشکیل می‌شود. آسکوسپورهای آزادشده از سطح آپوتسیوم‌ها، سبب ایجاد آلودگی اولیه روی اندام‌های هوایی میزبان‌های

[1] Minimum inhibitory concentration

Archive of SID

www.SID.ir

مختلف مثل کلزا می‌شود (باردین و هوانگ ۲۰۰۱، هجدوس و ریمر ۲۰۰۵). آسکوسپورها جهت جوانه‌زدن و آلوده نمودن بافت‌های زنده، نیاز به منبع تغذیه‌ای غیر زنده دارند که گلبرگ‌های در حال ریزش این نقش را ایفا می‌کنند (پردی ۱۹۵۸). تشکیل آپوتسیوم‌ها در استان مازندران از بهمن‌ماه شروع شده و دوره‌ی اوج ظهور آن‌ها در اغلب سال‌ها از نیمه‌ی اسفند تا آخر فروردین می‌باشد (مهدی‌علمدارلو و همکاران ۱۳۹۱).

در گیاه کلزا آلودگی به بیماری در مرحله‌ی گلدهی رخ می‌دهد. آسکوسپورها ابتدا اندام‌های گل ازجمله گلبرگ‌ها را آلوده نموده، تولید ریسه در آنها می‌کنند و با ریزش اندام‌های گل آلوده روی برگ‌ها، سبب آلودگی آنها از طریق میسلیوم قارچ می‌شوند (جاماکس و همکاران ۱۹۹۵). به علت اینکه قارچ‌کش‌ها اغلب خاصیت محافظت کنندگی دارند، جهت کنترل بیماری بایستی محلول‌پاشی با قارچ‌کش قبل از وقوع آلودگی انجام شود. زمان مصرف قارچ‌کش در مزرعه‌ی کلزا، اوایل دوره‌ی گلدهی و قبل از ریزش گلبرگ‌ها می‌باشد (استیدمن ۱۹۷۹، مورال و دوک ۱۹۸۲). قارچ‌کش‌های مختلفی جهت کنترل این بیماری در دنیا مورد استفاده قرار گرفته که مهمترین آنها بنومیل[1]، کاربندازیم[2]، ایپرودیون[3]، تیوفانات متیل[4]، پروسیمیدون[5]، تبوکونازول[6]، آزوکسی‌استروبین[7]، بوسکالید[8] و وینکلوزولین[9] می‌باشد (دوک و همکاران ۱۹۸۳، تامسون و همکاران ۱۹۸۴، مولر و همکاران ۲۰۰۲ و برادلی و همکاران ۲۰۰۶b). در بررسی آزمایشگاهی، غلظت موثر ۵۰ درصد[10] (EC_{50}) قارچ‌کش‌های وینکلوزولین و تیوفانات متیل در جلوگیری از رشد میسلیومی *S. sclerotiorum* به‌ترتیب ۰/۶ و ۲/۲ PPM (مولر و همکاران ۲۰۰۲) و در بررسی دیگر دامنه‌ی EC_{50} قارچ‌کش‌های ایپرودیون و بوسکالید روی ۱۶۱ جدایه اسکلروتینیا به ترتیب از ۰/۱۱۷ تا ۰/۷۳۴ (میانگین ۰/۴۲۸) و از ۰/۰۰۲ تا ۰/۳۹۱ (میانگین ۰/۰۴۲) PPM بوده است (لیو و همکاران ۲۰۰۹). همچنین دامنه EC_{50} قارچ‌کش فلودیوکسونیل[11] روی ۲۷۰ جدایه‌ی اسکلروتینیا از ۰/۰۰۲۶ تا ۰/۰۳۲۶ (میانگین ۰/۰۱۵) برآورد شده است (داون و همکاران ۲۰۱۳). در تحقیق دیگر دامنه EC_{50} قارچ‌کش‌های پروسیمیدون، فلوآزینام[12] و تیوفانات متیل روی ۲۸۲ جدایه‌ی *S. sclerotiorum*، به‌ترتیب ۰/۱۱-۰/۷۲ (میانگین ۰/۳۵)، ۰/۰۰۳-۰/۰۰۷ (میانگین ۰/۰۰۵) و ۰/۳۸-۲/۲۲ (میانگین ۱/۱۶) PPM بوده است (لهنر و همکاران ۲۰۱۵). در آزمایش دیگری، EC_{50} قارچ‌کش‌های تبوکونازول، پروپیکونازول[13]، سیپروکونازول[14] و رورال‌تی‌اس[15] روی *S. sclerotiorum* به‌ترتیب ۰/۰۰۲۳، ۰/۰۰۳۴، ۰/۰۰۳۹ و ۰/۳۵۱۳ PPM بوده و غلظت یک PPM این قارچ‌کش‌ها سبب بازداری کامل از رشد بیمارگر روی محیط کشت شده است (دلیلی و همکاران ۲۰۱۵). غلظت یک PPM قارچ‌کش‌های بوسکالید، فن‌هگزامید[16]، فلوآزینام، فلودیوکسونیل و وینکلوزولین، سبب کاهش رشد میسلیومی *S. minor* به میزان ۱۰۰-۸۷ درصد و *S. sclerotiorum* به میزان ۱۰۰-۷۷ درصد در آزمایشگاه شدند؛ در شرایط مزرعه‌ای نیز بوسکالید و فلوآزینام بهتر از سایر قارچ‌کش‌ها جلو آلودگی کاهو به *S. minor* را گرفتند (مترون و پورچاس ۲۰۰۴).

استفاده از سیانامید کلسیم به میزان ۳۰ و ۶۰ گرم در متر مربع خاک، سبب کاهش جمعیت آپوتسیوم‌های بیمارگر اسکلروتینیا گردیده است (هوانگ و همکاران ۲۰۰۶). اثر قارچ‌کش‌های فلوازینام و بوسکالید در کنترل سوختگی اسکلروتینیایی بادام زمینی بررسی شده است که بوسکالید موثرتر بوده و بهترین زمان سمپاشی نیز قبل از مایه‌زنی تا حداکثر دو روز بعد از آن بوده است (اسمیت ۲۰۰۸). اثر قارچ‌کش جدید بنزوتیواستروبین[17] از

[1] Benomyl
[2] Carbendazim
[3] Iprodione
[4] Thiophanate-methyl
[5] Procymidone
[6] Tebuconazole
[7] Azoxystrobin
[8] Boscalid
[9] Vinclozolin
[10] Effective concentration 50%
[11] Fludioxonil
[12] Fluazinam
[13] Propiconazole
[14] Cyproconazole
[15] Rovral TS®
[16] Fenhexamid
[17] Benzothiostrobin

Archive of SID

www.SID.ir

گروه استروبیلورین[1] روی این قارچ بررسی و تایید شده است که EC_{50} آن نیز ۰/۰۲۲ بوده است (زو و همکاران ۲۰۱۴). در بررسی انجام‌شده در استان مازندران یک الی دو نوبت سمپاشی با قارچ‌کش‌های تبوکونازول و کاربندازیم، در کنترل بیماری پوسیدگی اسکلروتینیایی کلزا موثر بوده و دوره‌ی محافظت کاربندازیم طولانی‌تر از تبوکونازول بوده است (مهدی علمدارلو و همکاران ۲۰۰۹). تاثیر قارچ‌کش‌های مختلف و زمان مصرف آنها در کنترل بیماری پوسیدگی اسکلروتینیایی کلزا بررسی شده است که رورال تی- اس و کانکر[2] (کاربندازیم + وینکلوزولین) در کنترل بیماری موثر بوده، به‌طوری‌که یک بار محلول‌پاشی در اوایل گلدهی و یا دو بار محلول‌پاشی (یکی در اوایل و دیگری در اواخر گلدهی) نتیجه خوبی در کاهش میزان بیماری و افزایش عملکرد محصول داشته است (دلیلی و همکاران ۱۳۸۹).

هدف از انجام این تحقیق، ارزیابی تاثیر قارچ‌کش‌های متنوع از گروه‌های مختلف روی بیماری پوسیدگی اسکلروتینیایی کلزا بوده تا بتوان جایگزین‌های مناسبی برای قارچ‌کش‌های رایج معرفی نمود که از این طریق هم کنترل بیماری موثرتر واقع می‌شود و هم از ایجاد مقاومت به بیمارگر جلوگیری می‌شود.

مواد و روش‌ها

قارچ‌کش‌های مورد استفاده و میزان مصرف آنها در شرایط آزمایشگاه و مزرعه

در این تحقیق اثر قارچ‌کش‌های مختلف به شرح زیر روی قارچ *S. sclerotiorum* (عامل بیماری پوسیدگی اسکلروتینیایی کلزا)، در شرایط آزمایشگاه و مزرعه بررسی گردید (جدول۱). غلظت‌های مختلف قارچ‌کش‌ها بر اساس نتایج مطالعات قبلی و همچنین بررسی‌های اولیه که با غلظت‌های پایین وبالای هر کدام از قارچ‌کش‌ها روی بیمارگر فوق در آزمایشگاه انجام شد، انتخاب گردید.

بررسی‌های آزمایشگاهی

بررسی‌های آزمایشگاهی در محل آزمایشگاه تشخیص آفات و بیماری‌های گیاهی مرکز تحقیقات کاربردی شرکت دانه‌های روغنی واقع در ساری انجام شد. جهت بررسی اثر تیمارهای مختلف قارچ‌کش روی قارچ اسکلروتینیا، ابتدا محیط کشت سیب‌زمینی دکستروز آگار (PDA) آماده و سترون شده و در دمای حدود ۵۰-۴۵ درجه‌ی سانتی‌گراد، غلظت‌های تعیین‌شده از قارچ‌کش‌های یادشده (جدول۱) بر اساس ماده موثره آنها به محیط کشت اضافه شد (در تیمار شاهد قارچ‌کش استفاده نشد). برای اضافه کردن قارچ‌کش‌ها به محیط کشت ابتدا جرم مشخصی از آنها را در حجم مشخصی از آب مقطر استریل حل نموده و محلول اولیه تهیه شد. سپس بر اساس غلظت مورد نیاز، حجم مشخصی از محلول قارچ‌کش به ارلن حاوی محیط کشت اضافه گردید (پورتر و فیپس ۱۹۸۵). پس از ریختن محیط کشت در تشتک‌های پتری هشت سانتی‌متری و جامد شدن آن، قرص‌های پنج میلی‌متری از حاشیه‌ی پرگنه‌ی در حال رشد بیمارگر *S. sclerotiorum* برداشته شده و در شرایط سترون روی محیط کشت در مرکز تشتک‌های پتری قرار داده شد. تشتک‌های پتری در انکوباتور با دمای حدود ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد نگهداری شده و میزان رشد شعاعی قارچ روی محیط کشت به‌طور روزانه و تا زمان کامل شدن رشد قارچ در تیمار شاهد، یادداشت شد (مولر و همکاران ۲۰۰۲). آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار انجام شده و برای هر تیمار در هر کدام از تکرارها سه تشتک پتری در نظر گرفته شد. درصد بازدارندگی از رشد قارچ بیمارگر (I) در غلظت‌های مختلف تیمارهای قارچ‌کش به کمک رابطه:

$$I = [(C - T) / C] \times 100$$

محاسبه گردید که در آن C میزان رشد شعاعی میسلیوم بیمارگر در شاهد و T میزان رشد شعاعی میسلیوم بیمارگر در تیمار با قارچ‌کش می‌باشد (دلیلی و همکاران ۲۰۱۵). مقادیر غلظت موثر ۵۰ درصد (EC_{50}) (غلظتی از قارچ‌کش که ۵۰ درصد از رشد میسلیومی قارچ جلوگیری می‌کند) و حداقل غلظت بازدارندگی[3] (MIC) (حداقل غلظتی از قارچ‌کش که به طور کامل از رشد میسلیومی قارچ جلوگیری می‌کند) هر کدام از

[1] Strobilurin
[2] Konker®
[3] Minimum inhibitory concentration

Archive of SID

www.SID.ir

قارچ‌کش‌ها محاسبه گردید (حسین نژاد و همکاران ۱۳۸۷).

جدول۱- مشخصات قارچ‌کش‌های مورد بررسی برای کنترل عامل بیماری پوسیدگی اسکلروتینیایی کلزا در شرایط آزمایشگاه و مزرعه (برخی خصوصیات قارچ‌کش‌ها برگرفته از شیخی گرجان و همکاران، ۱۳۹۴).

ردیف	نام عمومی قارچ‌کش	نام تجاری و فرمولاسیون قارچ‌کش	شرکت تولید کننده	گروه قارچ‌کش	غلظت‌های مصرفی در آزمایشگاه (PPM)	غلظت مصرفی در مزرعه
۱	ایپرودیون+ کاربندازیم	رورال‌تی‌اس ۵۲/۵٪ WP	مشکفام	دی‌کربوکسامید+ بنزیمیدازول	۰، ۰/۰۱، ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۵ و ۱	یک کیلو در هکتار
۲	پروپیکونازول	تیلت[1] ۲۵٪EC	سینوکم نینگبو چین	تری‌آزول	۰، ۰/۰۱، ۰/۰۵، ۰/۱، ۱ و ۵	۰/۵ لیتر درهکتار
۳	تیوفانات متیل	توپسین‌ام[2] ۷۰٪ WP	کریشی هند	تیوفانات	۰، ۰/۰۱، ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۵ و ۱	یک کیلو در هکتار
۴	تری‌فلوکسی استروبین[3] + تبوکونازول	ناتیوو[4] ۷۵٪ WG	بایر کراپ ساینس	استروبیلورین+ تری‌آزول	۰، ۰/۱، ۰/۵، ۱، ۵ و ۱۰	۱۶۰ گرم در هکتار
۵	تبوکونازول	فولیکور[5] ۲۵٪ EW	گل‌سم	تری‌آزول	۰، ۰/۱، ۰/۵، ۱، ۵ و ۱۰	یک لیتر درهکتار
۶	اسپیروکسامین[6]+ تبوکونازول+ تریادیمنول[7]	فالکن[8] ۴۶٪ EC	بایر کراپ ساینس	اسپیروکسامید+ تری‌آزول+ تری‌آزول	۰، ۰/۱، ۰/۵، ۱، ۵ و ۱۰	۰/۶ لیتر درهکتار
۷	کلروتالونیل[9]	داکونیل[10] ۷۵٪ WP	مشکفام	کلرونیتریل	۰، ۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۵۰ و ۵۰۰	---

جدول ۲- تجزیه‌ی واریانس داده‌های مربوط به غلظت موثر ۵۰ درصد (EC_{50}) قارچ‌کش‌های مختلف روی بیمارگر *Sclerotinia sclerotiorum* در شرایط آزمایشگاه.

منابع تغییرات	درجه ی آزادی	میانگین مربعات
تیمار	۵	۰/۱۱۴۸ **
تکرار	۲	۰/۰۱۱
خطای آزمایش	۱۰	۰/۰۰۲۸۳
CV	٪ ۲۱/۱۷	

** به مفهوم معنی دار بودن اختلاف بین تیمارها در سطح احتمال یک درصد می باشد.

[1] Tilt®
[2] Topsin M®
[3] Trifloxystrobin
[4] Nativo®
[5] Folicure®
[6] Spiroxamine
[7] Triadimenol
[8] Falcon®
[9] Chlorothalonil
[10] Daconil®

Archive of SID

www.SID.ir

بررسی‌های مزرعه‌ای

یک مزرعه کلزا در شهرستان جویبار و در محل مرکز خدمات جهاد کشاورزی ۲۲ بهمن، که سابقه آلودگی به بیماری پوسیدگی اسکلروتینیایی ساقه در چند سال گذشته را داشته و در بازدیدهای انجام شده در طی فصل زراعی نیز با توجه به تشکیل آپوتسیوم‌های قارچ بیمارگر و رشد رویشی زیاد بوته‌های کلزا، احتمال آلودگی بالا به بیماری را داشت، انتخاب گردید. انجام آزمایش با شش تیمار (قارچ‌کش) (جدول۱) و یک شاهد (محلول‌پاشی با آب) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار انجام گرفت و برای هر تیمار، کرت‌های ۵۰ متر مربعی (۱۰ × ۵ متر) در نظر گرفته شد. سمپاشی با قارچ‌کش‌ها با غلظت‌های تعیین‌شده (جدول۱) در مرحله‌ی ۳۰ درصد گلدهی کلزا صورت گرفته و در تیمار شاهد نیز تنها محلول‌پاشی با آب انجام گردید. بعد از انجام سمپاشی، بازدید از مزرعه در دوره‌های دو الی سه روزه انجام شده و جهت تعیین دوره‌ی محافظت قارچ‌کش‌ها از گیاه در برابر بیمارگر، زمان شروع اولین علایم بیماری در هر کدام از تیمارها تعیین گردید. میانگین شدت متوسط آلودگی به بیماری در هر تیمار نیز با انتخاب تصادفی ۱۰۰ بوته در هر کرت، یک هفته قبل از برداشت تعیین شد. جهت تعیین شدت متوسط بیماری، ابتدا شدت بیماری در هر گیاه بر مبنای مقیاس «۵-صفر» به شرح زیر برآورد شد: صفر= فقدان علایم بیماری، ۱= لکه‌های سطحی یا آلودگی شاخه‌های کوچک، ۲= آلودگی شاخه‌های بزرگ، ۳= حداقل ۵۰ درصد از ساقه اصلی توسط پوسیدگی احاطه شده است، ۴= احاطه شدن کامل ساقه اصلی توسط پوسیدگی اما گیاه محصول نسبی تولید می‌کند و ۵= احاطه کامل پوسیدگی دور ساقه اصلی و کاهش شدید محصول (برادلی و همکاران ۲۰۰۶a، آقاجانی و همکاران ۲۰۱۳). شدت متوسط (MS)[1] بیماری برای هر تیمار نیز از رابطه:

$$MS = \sum(x_i n_i) / N$$

به‌دست آمد که در این معادله x_i بیانگر درجه شدت بیماری، n_i بیانگر تعداد بوته‌های بیمار در درجه i ام بیماری و N تعداد کل بوته‌های ارزیابی شده می‌باشد (کاردوسو و همکاران ۲۰۰۴). در زمان برداشت نیز با انتخاب ۱۰ کادر یک متر مربعی در هر کرت، محصول آن برداشت شده و میزان عملکرد محصول در هر تیمار تعیین گردید.

تجزیه و تحلیل آماری

آماده‌سازی داده‌های مربوط به مطالعات آزمایشگاهی و مزرعه‌ای و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Microsoft Excel 2013 و تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها به کمک نرم‌افزار Stat Graphics Centurion XV, Version 15.2 انجام شد. غلظت موثر ۵۰ درصد (EC_{50}) قارچ‌کش‌ها در بازداری از رشد میسلیومی قارچ، با استفاده از نرم‌افزار Probit Analysis (POLO-PC) محاسبه گردید. مقایسه میانگین تیمارها نیز با استفاده از آزمون دانکن صورت گرفت.

نتایج

بررسی‌های آزمایشگاهی

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌های مربوط به بررسی اثر قارچ‌کش‌های مختلف روی رشد قارچ *S. sclerotiorum* در شرایط آزمایشگاهی نشان داد که از لحاظ غلظت موثر ۵۰ درصد (EC_{50}) بین تیمارهای مختلف قارچ‌کش اختلاف معنی‌دار ($P<0.01$) وجود دارد (جدول۲). کم‌ترین EC_{50}، مربوط به سموم رورال‌تی‌اس، تیلت و توپسین‌ام بوده و بقیه سموم در رتبه‌های بالاتر قرار داشتند (شکل۱). قارچ‌کش داکونیل تاثیر چندانی روی بیمارگر در شرایط آزمایشگاه نداشت و EC_{50} برای آن محاسبه نشد. از لحاظ درصد بازدارندگی از رشد نیز بین غلظت‌های مختلف قارچ‌کش‌های استفاده شده اختلاف معنی‌دار ($P<0.01$) وجود داشت (جدول۳).

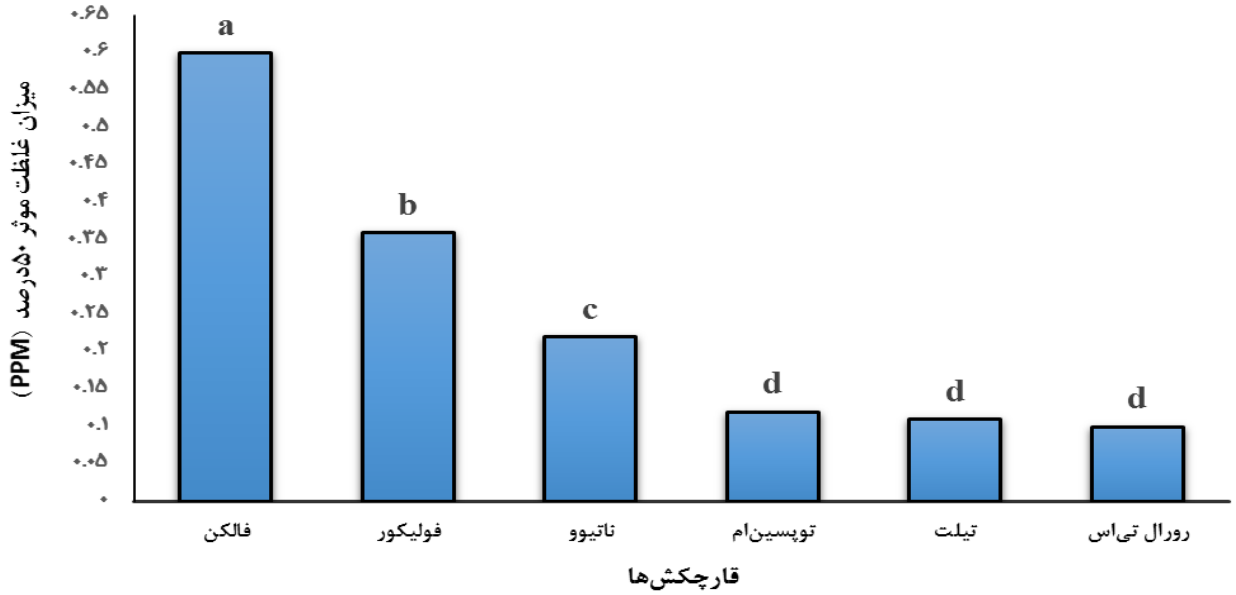
حداقل غلظت بازدارندگی (MIC) قارچ‌کش‌های رورال‌تی‌اس، تیلت، توپسین‌ام، ناتیوو، فولیکور و فالکن به ترتیب ۱، ۵، ۱، ۱۰، ۱۰ و ۱۰ PPM بود. کم‌ترین تاثیر مربوط به قارچ‌کش داکونیل بود که غلظت ۵۰۰ PPM آن هم سبب بازداری کامل از رشد بیمارگر نگردید و در بررسی‌های تکمیلی در غلظت ۱۰۰۰ PPM مقداری رشد

[1] Mean severity

Archive of SID

www.SID.ir

قارچ با تاخیر همراه بـود ولـی بـه عنـوان حـداقل غلظـت بازدارنگی برای آن نبود (شکل۲).



شکل۱-مقایسه میانگین غلظت موثر ۵۰ درصد (EC_{50}) قارچ‌کش‌های مختلف در بازداری از رشد میسلیوم قارچ بیمارگر *Sclerotinia sclerotiorum* در شرایط آزمایشگاه (بر اساس آزمون دانکن). تیمارهای دارای حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد می‌باشند.

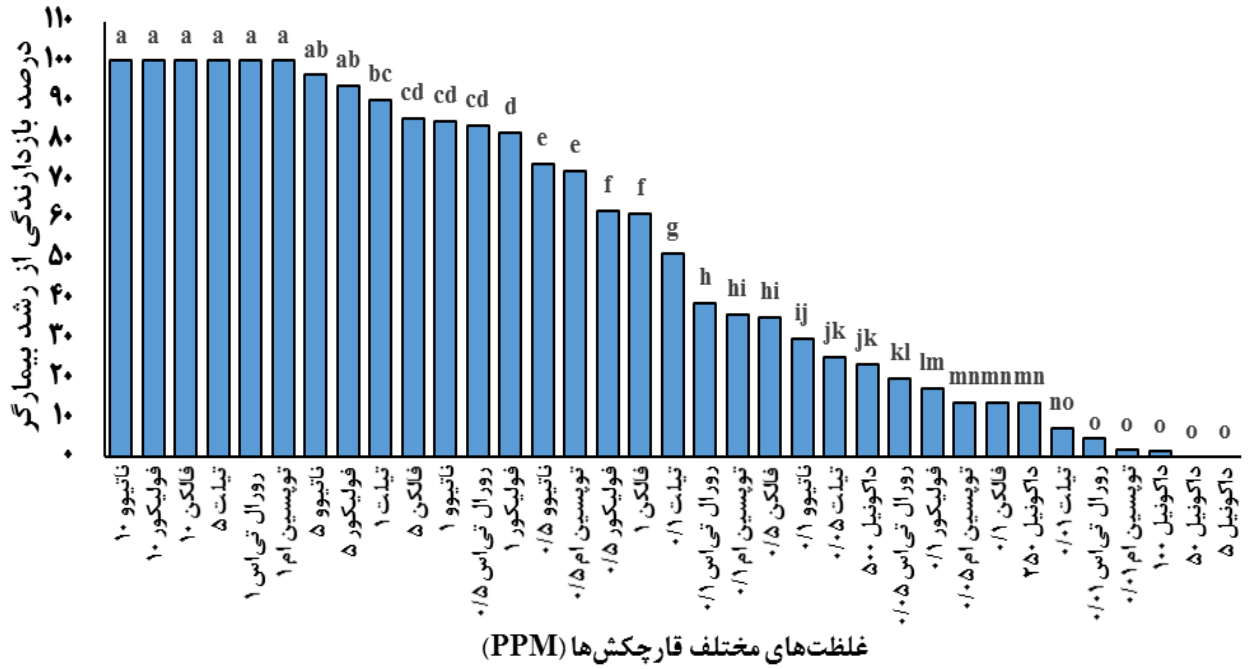
جدول ۳- تجزیه‌ی واریانس داده‌های مربوط به درصد بازدارندگی از رشد غلظت‌های مختلف قارچ‌کش‌ها روی بیمارگر *Sclerotinia sclerotiorum* در شرایط آزمایشگاه.

منابع تغییرات	درجه ی آزادی	میانگین مربعات
تیمار	۳۴	۴۲۶۸/۳۹ **
خطای آزمایش	۷۰	۲۰/۰۱۹
کل	۱۰۴	
CV	٪ ۸/۶۲	

** به مفهوم معنی دار بودن اختلاف تیمارها در سطح احتمال یک درصد می باشد.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲- مقایسه میانگین درصد بازدارندگی از رشد قارچ بیمارگر *Sclerotinia sclerotiorum* به‌وسیله غلظت‌های مختلف قارچ‌کش‌ها در شرایط آزمایشگاهی (بر اساس آزمون دانکن). تیمارهای دارای حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد می‌باشند.

بررسی‌های مزرعه‌ای

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) و مقایسه میانگین متغیرهای اندازه‌گیری شده در شرایط مزرعه‌ای نشان داد که تمام قارچ‌کش‌های استفاده شده با داشتن اختلاف معنی‌دار ($P<0.01$) نسبت به شاهد (جدول ۵)، سبب کاهش میزان آلودگی به بیماری و افزایش عملکرد محصول می‌شوند که تیمار مربوط به قارچ‌کش ناتیوو، کم‌ترین میزان آلودگی به بیماری و بیش‌ترین میزان عملکرد را دارا بوده و به عنوان موثرترین قارچ‌کش شناخته شد و بقیه‌ی قارچ‌کش‌ها در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. در تیمار ناتیوو، دوره حفاظت از گیاه نیز طولانی‌تر بوده و بروز علایم بیماری بعد از سمپاشی، دیرتر از سایر تیمارها بوده است (جدول۵). بنابراین همه‌ی قارچ‌کش‌های استفاده‌شده در مزرعه در کنترل بیماری موثر بوده (کمترین میزان کنترل بیماری مربوط به توپسین ام و حدود ۵۰ درصد بود) و باعث افزایش عملکرد محصول از حدود ۳۰۰ الی ۷۰۰ کیلوگرم در هکتار گردیدند. در بین قارچ‌کش‌های مورد استفاده، ناتیوو کمترین میزان شدت بیماری را نشان داده و با داشتن اختلاف معنی‌دار از نظر عملکرد و دوره محافظت از گیاه نسبت به شاهد و نیز سایر قارچ‌کش‌ها، موثرترین تیمار بود.

ارتباطی بین EC_{50} قارچ‌کش‌ها در شرایط آزمایشگاه با میزان کارآیی آنها در کنترل بیماری وجود نداشت. به‌عنوان نمونه، روورال‌تی‌اس که کمترین EC_{50} را در آزمایشگاه دارا بود (۰/۱ PPM)، در شرایط مزرعه با میزان مصرف یک کیلو در هکتار، کارآیی کمتری نسبت به قارچ‌کش‌های ناتیوو و فالکن به ترتیب با میزان مصرف ۱۶۰ گرم در هکتار و ۰/۶ لیتر در هکتار داشت (جداول ۱و ۵، و شکل۱).

بحث

پوسیدگی اسکلروتینیایی ساقه از بیماری‌های شایع کلزا در مناطق مختلف دنیا می‌باشد که در مدیریت این بیماری، استفاده به‌هنگام از قارچ‌کش‌ها دارای اهمیت زیادی می‌باشد و با توجه به اینکه شروع آلودگی به بیماری در گیاه کلزا در مرحله‌ی گلدهی و پس از ریزش گلبرگ‌های آلوده به آسکوسپورهای قارچ بیمارگر روی

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴- تجزیه‌ی واریانس داده‌های مربوط به شدت متوسط بیماری پوسیدگی اسکلروتینیایی ساقه، عملکرد محصول کلزا و دوره محافظت از گیاه در اثر قارچ‌کش‌های بکارگرفته شده در شرایط مزرعه‌ای.

منابع تغییرات	درجه‌ی آزادی	میانگین مربعات		
		شدت متوسط بیماری (درصد)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	دوره محافظت از گیاه (روز)
تیمار	۶	۵۶۵/۶۰۳ **	۱۲۴۰۹۴ **	۱۲۸/۷۶۲ **
تکرار	۲	۱/۳۳۳۳ ns	۵۵۱۹/۰۵ ns	۱/۷۱۴۳ ns
خطای آزمایش	۱۲	۱۱/۰۵۶	۳۸۴۱/۲۷	۲/۳۸۱
CV		٪ ۱۵/۷۹	٪ ۲/۵۵	٪ ۹/۰۰۱

** و ns به ترتیب به مفهوم معنی دار بودن اختلاف میانگین تیمارها در سطح احتمال یک درصد و غیر معنی دار بودن می باشند.

جدول ۵- نتایج مقایسه میانگین داده‌های مربوط به شدت متوسط بیماری پوسیدگی اسکلروتینیایی ساقه، عملکرد محصول و دوره محافظت از گیاه در اثر قارچ‌کش‌های بکارگرفته شده در شرایط مزرعه‌ای

تیمارها	شدت متوسط بیماری (درصد)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	دوره محافظت از گیاه (روز)
ناتیوو	۸d	۲۷۴۵a	۲۷a
رورال تی‌اس	۱۴cd	۲۵۰۰b	۱۹b
تیلت	۱۶cd	۲۴۸۵b	۱۷b
فالکن	۱۵cd	۲۴۶۵b	۱۹b
فولیکور	۲۰bc	۲۳۸۰b	۱۷b
توپسین‌ام	۲۴b	۲۳۵۰b	۱۶b
شاهد	۵۱a	۲۰۷۰c	۵c

- تیمارهای دارای حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد می باشند

برگ‌ها صورت می‌گیرد (جاماکس و همکاران ۱۹۹۵)، سمپاشی با قارچ‌کش باید قبل از شروع آلودگی صورت گیرد. در این تحقیق نیز مزرعه مورد بررسی از چند هفته قبل از زمان سمپاشی تحت نظر بوده و زمان تشکیل آپوتسیوم‌ها و آزادسازی آسکوسپورهای قارچ بیمارگر تعیین‌شده و با شروع ریزش گلبرگ‌های کلزا اقدام به سمپاشی با قارچ‌کش‌ها گردید. پدیده‌ی بروز مقاومت به قارچ‌کش‌ها، یکی از نگرانی‌های مصرف مداوم یک نوع قارچ‌کش یا یک گروه از قارچ‌کش‌ها علیه یک نوع بیمارگر می‌باشد و در موارد زیادی ایجاد مقاومت در گونه‌هایی از بیمارگر اسکلروتینیا به قارچ‌کش‌های مختلف مانند کاربندازیم، تیوفانات‌متیل، بنومیل، فلودیوکسونیل، وینکلوزولین، ایپرودیون و غیره گزارش گردیده است (گوسن و همکاران ۲۰۰۱، مولر و همکاران ۲۰۰۲، ما و همکاران ۲۰۰۹، کانگ و همکاران ۲۰۱۱، ونگ و همکاران ۲۰۱۴). جهت جلوگیری از بروز مقاومت، استفاده متناوب از قارچ‌کش‌های متعلق به گروه‌های مختلف که نقطه‌ی اثر متفاوتی دارند، سودمند است و همچنین استفاده از قارچ‌کش‌های ترکیبی که دارای دو یا چند نوع ماده موثره هستند، بروز مقاومت به قارچ‌کش را کاهش می‌دهد. در این تحقیق، قارچ‌کش‌هایی از گروه‌های مختلف مورد آزمایش قرار گرفتند که در سه مورد نیز قارچ‌کش‌ها ترکیبی بودند. هر شش قارچ‌کش استفاده شده در شرایط مزرعه‌ای، قابلیت کنترل بیماری پوسیدگی اسکلروتینیایی کلزا را دارا بودند، به طوریکه در تیمار شاهد شدت متوسط آلودگی به بیماری ۵۱ درصد ، برای قارچ‌کش ناتیوو تنها هشت درصد و برای سایر قارچ‌کش‌ها ۱۴ الی ۲۴ درصد بود (جدول۵). بنابراین، امکان دسترسی به قارچ‌کش‌های مناسب دیگر جهت مدیریت این بیماری به‌وجود آمد. قارچ‌کش ناتیوو

Archive of SID

www.SID.ir

که در این تحقیق موثرترین تیمار علیه بیماری پوسیدگی اسکلروتینیایی کلزا بود، ترکیبی از دو قارچ‌کش تری‌فلوکسی استروبین (فلینت) از گروه استروبیلورین‌ها و تبوکونازول از گروه تری‌آزول‌ها بوده و در ایران برای کنترل بیماری بلاست برنج به ثبت رسیده و در دنیا نیز برای بسیاری از بیماری‌های قارچی ناشی از آسکومیست‌ها و بازیدیومیست‌ها کاربرد دارد (شیخی گرجان و همکاران ۱۳۹۴) که از جمله می‌توان به بیماری‌های سوختگی غلاف برنج، لکه قهوه‌ای برنج، بلایت فوزاریومی سنبله گندم، لکه سیاه سیب، سفیدک پودری و زنگ در میزبان‌های مختلف اشاره کرد (عظیمی و همکاران ۱۳۹۵، هونجان و همکاران ۲۰۱۱). نتایج تحقیقات انجام‌شده بیانگر این است که هر دو ترکیب موجود در این قارچ‌کش روی بیمارگر *S. sclerotiorum* موثر بوده است (برادلی و همکاران ۲۰۰۶b). نکته‌ی دیگر در رابطه با ناتیوو، دوره‌ی محافظت طولانی‌تر آن نسبت به سایر قارچ‌کش‌ها می‌باشد؛ علایم آلودگی به بیماری حدود ۲۷ روز بعد از کاربرد این قارچ‌کش ظاهر شده، درصورتیکه در سایر قارچ‌کش‌ها ۱۹-۱۶ روز بعد بوده است (جدول۵). با توجه به اینکه در زراعت کلزا آلودگی به بیماری در مرحله‌ی گلدهی رخ می‌دهد و هر اندازه وقوع بیماری به تاخیر افتد، معمولا شدت نهایی بیماری کمتر بوده و خسارت آن نیز کاهش می‌یابد (شارما و همکاران ۲۰۱۵)، بنابراین استفاده از این قارچ‌کش در شرایطی که احتمال خطر بیماری بیشتر باشد، اهمیت زیادی پیدا می‌کند. با توجه به نتایج بررسی آزمایشگاهی، میزان EC_{50} ناتیوو از قارچ‌کش‌های رورال‌تی‌اس، تیلت و توپسین‌ام بیشتر بوده (یعنی قدرت بازدارندگی از رشد کمتری داشته است) (شکل۱)، ولی در شرایط مزرعه‌ای موثرتر از این قارچ‌کش‌ها بود (جدول۵) که یکی از دلایل برتری آن می‌تواند طولانی‌تر بودن دوره‌ی محافظت آن باشد. این قارچکش دارای دو ماده موثره با نحوه‌ی تاثیر متفاوت می باشد؛ اولی تبوکونازول است که از سنتز استرول جلوگیری نموده و دارای خاصیت محافظتی و معالجه‌کننده می باشد و دومی تری‌فلوکسی‌استروبین می‌باشد که خاصیت مزواستمیک داشته و توسط لایه واکسی گیاه جذب شده و به سایر قسمت‌هایی که در تماس با سم قرار نگرفته‌اند، بازپخش شده و کنترل موثرتر بیماری را به دنبال دارد (دوتا و همکاران ۲۰۱۲). در این تحقیق همچنین ارتباط مستقیمی بین EC_{50} قارچ‌کش‌ها در شرایط آزمایشگاهی با میزان مصرف آنها در مزرعه وجود نداشت و در تحقیقات انجام شده نیز این ارتباط بین قارچ‌کش‌هایی از گروه‌های بنزیمیدازول، کاربامات و تریازول روی قارچ‌های مختلف بررسی شده و ارتباطی بین EC_{50} قارچ‌کش‌ها با میزان مصرف آنها در مزرعه پیدا نشده است (ریس و همکاران ۲۰۱۵).

قارچ‌کش کلروتالونیل که در بررسی‌های آزمایشگاهی تاثیر کمی در ممانعت از رشد شعاعی بیمارگر *S. sclerotiorum* داشت، در بررسی‌های سایر محققان نیز تاثیر آن در بازداری از رشد برخی قارچ‌ها از جمله *Sclerotinia* spp. و *Alternaria* spp. در شرایط آزمایشگاهی، ضعیف گزارش شده و در شرایط مزرعه‌ای نیز قادر به کنترل بیماری سوختگی اسکلروتینیایی بادام زمینی ناشی از *S. minor* نبوده و در مواردی نیز سبب افزایش این بیماری گردیده است (حمیدی و همکاران ۱۳۹۴، پورتر ۱۹۸۰، پورتر و لنکو ۱۹۸۱، هاو و بوت ۱۹۸۳). این قارچکش در ایران بیشتر برای مهار بیماری‌های بادزدگی ناشی از *Phytophthora infestans* و لکه موجی آلترناریایی در مزارع سیب‌زمینی و گوجه فرنگی استفاده می‌شود و در دنیا نیز جهت کنترل سفیدک‌های داخلی، زنگ‌ها، آنتراکنوز و لکه‌برگی‌های ناشی از آلترناریا، سرکوسپورا و سپتوریا به‌کار گرفته می‌شود (عظیمی۱۳۹۳و شیخی گرجان و همکاران ۱۳۹۴). در بررسی‌های آزمایشگاهی انجام‌شده توسط محققین مختلف، غلظت موثر ۵۰ درصد قارچ‌کش‌های مختلف روی بیمارگر اسکلروتینیا بررسی شده که اختلافاتی بین نتایج حاصله وجود داشته و واکنش جدایه‌های مختلف این بیمارگر نیز مقداری متفاوت بوده است، به‌عنوان مثال، غلظت موثر ۵۰ درصد تیوفانات متیل در یک بررسی ۲/۲ PPM گزارش شده (مولر و همکاران ۲۰۰۲) و در بررسی دیگر روی ۲۸۲ جدایه اسکلروتینیا از ۰/۳۸ تا ۲/۲۳ (میانگین ۱/۱۶) PPM گزارش گردیده است (لهنر وهمکاران ۲۰۱۵). در این

Archive of SID

www.SID.ir

تحقیق نیز غلظت موثر ۵۰ درصد تعدادی از قارچ‌کش‌ها روی جدایه‌ای از بیمارگر اسکلروتینیا بین ۰/۱ تا ۰/۶ PPM اندازه گیری گردید (شکل ۱) که با برخی از نتایج قبلی هماهنگی داشته (دلیلی و همکاران ۲۰۱۵) و در مواردی نیز تفاوت داشت (لهنر وهمکاران ۲۰۱۵). بنابراین غلظت موثر ۵۰ درصد قارچ‌کش‌ها در جدایه‌های مختلف یک گونه‌ی قارچی نیز تفاوت دارد و در مواردی که جدایه‌ای از قارچ در برابر قارچ‌کش مورد استفاده مقاوم شده باشد، اختلاف بسیار بارزی بین آن و جدایه غیر مقاوم وجود دارد. به‌عنوان مثال، در شرایطی که غلظت موثر ۵۰درصد تیوفانات متیل روی جدایه‌های اسکلروتینیای حساس به قارچ‌کش از ۰/۳۸ تا ۲/۲۳ PPM بوده، میزان آن در جدایه مقاوم به قارچ‌کش بالاتر از ۱۰۰ PPM بوده است (لهنر و همکاران ۲۰۱۵).

در مجموع، نتایج این تحقیق نشان داد هر شش قارچ‌کش استفاده شده در مزرعه قدرت کنترل بیماری پوسیدگی اسکلروتینیایی کلزا را دارند که از بین آنها ناتیوو موثرتر از بقیه بوده و دوره‌ی تاثیر طولانی‌تری دارد، بنابراین قارچ‌کش‌های یاد شده (جدول۱) می‌توانند جایگزین سموم رایج شده و یا در تناوب با آنها به‌کار گرفته شود تا از بروز مقاومت به قارچ‌کش خاص توسط این بیمارگر ممانعت شود. از قارچ‌کش کلروتالونیل (داکونیل) که در بررسی‌های آزمایشگاهی تا غلظت ۱۰۰ PPM آن تاثیر چندانی در بازداری از رشد قارچ *S. sclerotiorum* روی محیط کشت نداشت، می‌توان در تهیه محیط کشت انتخابی این قارچ استفاده نمود.

منابع

حسین نژاد ع، ظفری د و پاداشت دهکایی ف، ۱۳۸۷. بررسی حساسیت جدایه‌های فوزاریوم عامل پوسیدگی طوقه برنج به قارچکش تیوفانات متیل تیرام در استان گیلان. پژوهش کشاورزی: آب، خاک و گیاه در کشاورزی، جلد ۸: صفحه‌های ۲۴۵ تا ۲۵۶.

حمیدی س، مرادزاده اسکندری م، افضلی ح و پیرنیا م، ۱۳۹۴. بررسی کارآیی ترکیبات مختلف در کنترل *Alternaria solani* و *A. alternata* عوامل بیماری لکه موجی سیب‌زمینی. پژوهش‌های کاربردی در گیاه‌پزشکی، جلد ۴: صفحه‌های ۵۷ تا ۶۶.

دلیلی ع، افشاری آزاد ه و براری ح، ۱۳۸۹. بررسی تاثیر قارچکشهای مختلف و زمان مصرف آنها در کنترل بیماری پوسیدگی اسکلروتینیایی ساقه کلزا. خلاصه مقالات نوزدهمین کنگره گیاهپزشکی ایران (جلد ۲)، تهران، ص ۸۳۵.

شیخی گرجان ع، نجفی ح، عباسی س، مرادی م، صابر ف و رشید م، ۱۳۹۴. راهنمای آفت کشهای ایران. انتشارات کتاب پایتخت. ۴۱۲ صفحه.

صانعی ج، قدیری راد س، باقرانی ن، نوری نیا ع و رضوی س ا، ۱۳۸۹. آسیب شناسی کلزا. نشر پیک ریحان. ۲۷۲ صفحه.

عظیمی ح، ۱۳۹۳. اثر کلروتالونیل و فاموکسادون + سیموکسانیل در کنترل بیماری لکه موجی گوجه فرنگی در شرایط مزرعه. پژوهش‌های کاربردی در گیاه‌پزشکی، جلد ۳: صفحه‌های ۳۵ تا ۴۸.

عظیمی ح، جعفری ح و کربلایی خیاوی ح، ۱۳۹۵. اثر قارچکش تریفلوکسی استروبین + تبوکونازول (ناتیو®) در کنترل بیماری لکه سیاه سیب. پژوهش‌های کاربردی در گیاه‌پزشکی، جلد ۵: صفحه‌های ۱ تا ۱۵.

مهدی علمدارلو ر، آقاجانی مع، مهدیان صع و براری ح، ۱۳۹۱. بررسی وضعیت آلودگی به بیماری پوسیدگی اسکلروتینیایی ساقه کلزا در مناطق مختلف استان مازندران. بیماری‌های گیاهی، جلد ۴۸: صفحه‌های ۲۳۷ تا ۲۴۷.

Aghajani MA, Safaei N and Alizadeh A, 2013. Yield loss assessment of *Sclerotinia* stem rot of canola in Iran. Journal of Crop Protection 2: 229-240.

Archive of SID

www.SID.ir

Bardin SD and Huang HC, 2001. Research on biology and control of *sclerotinia* disease in Canada. Canadian Journal of Plant Pathology 23: 88-89.

Bolton MD, Thomma BPHJ and Nelson BD, 2006. *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) deBary: biology and molecular traits of a cosmopolitan pathogen. Molecular Plant Pathology 7: 1-16.

Bradley CA, Henson RA, Porter PM, LeGare DG, del Río LE and Khot SD, 2006a. Response of canola cultivars to *Sclerotinia sclerotiorum* in controlled and field environments. Plant Disease 90: 215-219.

Bradley CA, Lamey HA, Endres GJ, Henson RA, Hanson BK, McKay KR, HalvorsonM, LeGare DG and Porter, PM, 2006b. Efficacy of fungicides for control of *Sclerotinia* stem rot of canola. Plant Disease 90: 1129-1134.

Cardoso JE, Santos AA, Rossetti AG and Vidal JC, 2004. Relationship between incidence and severity of cashew gummosis in semiarid north-eastern Brazil. Plant Pathology 53: 363-367.

Dalili A, Bakhtiari S, Barari H and Aldaghi M, 2015. Effect of some fungicides against the growth inhibition of *Sclerotinia sclerotiorum* mycelial compatibility groups. Journal of Plant Protection Research 55: 354-361.

Duan YB, Ge CY, Liu SM, Chen CJ and Zhou MG, 2013. Effect of phenylpyrrole fungicide fludioxonil on morphological and physiological characteristics of *Sclerotinia sclerotiorum*. Pesticide Biochemistry and Physiology 106: 61–67.

Dueck J, Morrall RAA and McKenzie DI, 1983. Control of *Sclerotitiia sclerotiorum* in rapeseed with fungicides. Canadian Journal of Plant Pathology 5: 289-293.

Dutta D, Saha S, Ray D P and Bag MK, 2012. Effect of different active fungicides molecules on the management of rice blast disease. International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology 5: 247-251.

Gossen BD, Rimmer SR and Holley JD, 2001. First report of resistance to benomyl fungicide in *Sclerotinia sclerotiorum*. Plant Disease 85: 1206.

Hau FC and Beute MK, 1983. Effects of chlorothalonil on the virulence and physiology of a nontargeted pathogen, *Sclerotinia minor*. Phytopathology 73: 475–479.

Hegedus DD and Rimmer SR, 2005. *Sclerotinia sclerotiorum*: When ‘‘to be or not to be’’ a pathogen? Microbiology Letters 251: 177–184.

Huang HC, Erickson RS, Phillippe LM, Mueller CA, Sun SK and Huang JW, 2006. Control of apothecia of *Sclerotinia sclerotiorum* by soil amendment with S–H mixture or Perlka in bean, canola and wheat fields. Soil Biology and Biochemistry 38: 1348–1352.

Hunjan MS, Lore JS, Pannu PPS and Thind TS, 2011. Performance of some new fungicides against sheath blight and brown spot of rice. Plant Disease Research 26: 61-67.

Jamaux I, Gelie B and Lamarque *C*, 1995. Early stages of infection of rapeseed petals and leaves by *Sclerotinia sclerotiorum* revealed by scanning electron microscopy. Plant Pathology 44: 22-30

Kuang J, Hou YP, Wang JX and Zhou MG, 2011. Sensitivity *of Sclerotinia sclerotiorum* to fludioxonil: in vitro determination of baseline sensitivity and resistance risk. Crop Protection 30: 876–882.

Lehner MS, Paula J´unior TJ, Silva RA, Vieira RF, Carneiro JES, Schnabel G and Mizubuti ESG, 2015. Fungicide sensitivity of *Sclerotinia sclerotiorum*: A thorough assessment using discriminatory dose, EC_{50}, high-resolution melting analysis, and description of new point mutation associated with thiophanate-methyl resistance. Plant Disease 99: 1537-1543.

Liu X, Yin YN, Yan LY, Michailides TJ and Ma NH, 2009. Sensitivity to iprodione and boscalid of *Sclerotinia sclerotiorum* isolates collected from rapeseed in China. Pesticide Biochemistry and Physiology 95: 106–112.

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

Archive of SID

www.SID.ir

Matheron ME and Porchas M, 2004. Activity of boscalid, fenhexamid, fluazinam, fludioxonil, and vinclozolin on growth of *Sclerotinia minor* and *S. sclerotiorum* and development of lettuce drop. Plant Disease 88: 665-668.

Mehdi Alamdarlou R, Zaman Mirabadi A, Esmaailifar A and Foroozan K, 2009. Study on the effect of number of spraying with fungicides on rapeseed *sclerotinia* stem rot control. 17th APPS CONGERESS, P.226

Morrall RAA and Dueck J, 1982. Epidemiology of *sclerotinia* stem rot of rapeseed in Saskatchewan. Canadian Journal of Plant Pathology 4: 161–168.

Mueller DS, Dorrance AE, Derksen RC, Ozkan E, Kurle JE, Grau CR, Gaska JM, Hartman GL, Bradley CA and Pedersen WL, 2002. Efficacy of fungicides on *Sclerotinia sclerotiorum* and their potential for control of Sclerotinia stem rot on soybean. Plant Disease 86: 26-31.

Porter DM, 1980. Increased severity of *Sclerotinia* blight in peanuts treated with captafol and chlorothalonil. Plant Disease 64: 394–395.

Porter DM and Lankow RK, 1981. Growth of *Sclerotinia minor* on media containing chlorothalonil and benomil. Plant Disease 65:591-594.

Porter, DM and Phipps PM, 1985. Effects of three fungicides on mycelial growth, sclerotium production, and development of fungicide-tolerant isolates of *Sclerotinia minor*. Plant Disease 69:143-146.

Purdy LH, 1958. Some factors affecting penetration and infection by *Sclerotinia sclerotiorum*. Phytopathology 48: 605-609.

Reis EM, Zanatta M, Carmona M and Menten JOM, 2015. Relationship between IC50 determined *in vitro/in vivo* and the fungicide rate used in the field. Summa Phytopathologica 41(1): 49-53.

Saharan GS and Mehta N, 2008. *Sclerotinia* disease of crop plants: Biology, ecology and disease management. Springer Science+Business Media B.V. 531pp.

Sharma P, Meena PD, Verma PR, Saharan GS, Mehta N, Singh D and Kumar A, 2015. *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary causing *Sclerotinia* rot in oilseed Brassicas: A Review Journal of Oilseed Brassica 6: 1-44.

Smith DL, Garrison MC, Hollowell JE, Isleib TG and Shew BB, 2008. Evaluation of application timing and efficacy of the fungicides fluazinam and boscalid for control of *Sclerotinia* blight of peanut. Crop Protection 27: 823–833.

Steadman JR, 1979. Control of plant diseases caused by *Sclerotinia* species. Phytopathology 69: 904-907.

Thomson JR, Thomas PM and Evans JR, 1984. Efficacy of aerial application of benomyl and iprodione for the control of *sclerotinia* stem rot of canola (rapeseed) in central Alberta. Canadian Journal of Plant Pathology 6: 75–77.

Wang Y, Hou YP, Chen CJ and Zhou MG, 2014. Detection of resistance in *Sclerotinia sclerotiorum* to carbendazim and dimethachlon in Jiangsu Province of China. Australasian Plant Pathology 43: 307–312.

Xu C, Hou Y, Wang J, Yang G, Liang X. and Zhou M, 2014. Activity of a novel strobilurin fungicide benzothiostrobin against Sclerotinia sclerotiorum. Pesticide Biochemistry and Physiology 115: 32–38.

Archive of SID

www.SID.ir

Effect of Some Fungicides on Causal Agent of *Sclerotinia* Stem Rot Disease of Rapeseed in Mazandaran Province.

R Mehdi Alamdarlou[1], M Salari[2*], M A Aghajani[3], N panjekeh[2] and S K Sabbagh[4]

[1,2]PhD Student and Associate Professors Respectively, Department of Plant Protection, College of Agriculture, Zabol University, Zabol, Iran.
[3]Research Associate Professor, Department of Plant Protection, Research, Agricultural and Natural Resources Research Center of Golestan Province, Gorgan, Iran.
[4]Associate Professor, Department of Biology, Campus of Science, Yazd University, Yazd, Iran.
*Corresponding author: salari21M@yahoo.com
Receive: 20 March 2018 Acceptance: 23 September 2018

Abstract

Stem rot caused by *Sclerotinia sclerotiorum*, is one of the important diseases of rapeseed, and fungicides are applied for its control. In Iran, carbendazim and tebuconazole are often used for chemical control of the disease. In order to introduce other effective fungicides against the disease, seven fungicides were studied in laboratory conditions and then six of them were applied in the field. In the laboratory conditions, different concentrations of the fungicides showed significant differences ($P<0.01$) with control (without fungicide) and caused inhibition of pathogen radial growth on potato dextrose agar medium except chlorothalonil (Daconil®). Effective concentration (EC_{50}) and minimum inhibitory concentration (MIC) of the fungicides including iprodione + carbendazim (Rovral TS®), propiconazole (Tilt®), thiophanate methyle (Topsin M®), trifloxystrobin+ tebuconazole (Nativo®), tebuconazole (Folicure®) and spiroxamine+ tebuconazole+ triadimenol (Falcon®) was calculated. The EC_{50} values of these fungicides were 0.10, 0.11, 0.12, 0.22, 0.36 and 0.60 ppm, and MIC values were 1, 5, 1, 10, 10 and 10 ppm respectively. In the field conditions, all fungicides, had significant difference ($P<0.01$) with control and decreased the rate of the disease infection and increased the crop yield about 300 to 700 Kg/ha. Nativo® was the most effective fungicide. The duration of plant protection in Nativo® treatment was longer and occurrence of disease symptoms after spraying was later than other treatments. Therefore, these fungicides can be used in rotation with common fungicides.

Keywords: Effective concentration 50% (EC_{50}), Fungicide, Rapeseed, *Sclerotinia sclerotiorum.*

Archive of SID

www.SID.ir