

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

گزارش فنی تحقیقاتی
(خاص)

ارزیابی کارایی سوسپانسون پلی سولفید کلسیم
علیه *Golovinomyces cichoracearum*
عامل بیماری سفیدک پودری خیار

مجری مسئول:

حسین عظیمی

عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور

۱۳۹۹



وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور

گزارش فنی تحقیقاتی
(خاص)

ارزیابی کارایی سوسپانسیون پلی سولفید کلسیم
علیه *Golovinomyces cichoracearum*
عامل بیماری سفیدک پودری خیار

مجری مسئول:

حسین عظیمی

عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور

شماره فروست:

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور

عنوان طرح: ارزیابی کارایی سوسپانسیون پلی سولفید کلسیم علیه *Golovinomyces cichoracearum*، عامل بیماری سفیدک پودری خیار

نام و نام خانوادگی مجری مسئول: حسین عظیمی

نام و نام خانوادگی مجربان: حسین عظیمی

نام و نام خانوادگی همکاران اصلی:

نام و نام خانوادگی همکاران: نجیبه محمدی رهنما

نام و نام خانوادگی ناظر:

نام و نام خانوادگی مشاوران:

محل اجرا: استان تهران شهرستان های ورامین و پیشوا

تاریخ شروع: فروردین ۹۹

مدت اجرا: یک سال

فهرست مندرجات

۱.....	چکیده.....
۱.....	واژه‌های کلیدی.....
۲.....	مقدمه.....
۲.....	سابقه.....
۵.....	مواد و روش‌ها.....
۶.....	ارزیابی تیمارها.....
۷.....	محاسبه سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری.....
۷.....	محاسبه درصد توسعه روزانه سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری.....
۷.....	تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها.....
۷.....	محاسبه اثربخشی.....
۷.....	نتایج.....
۷.....	تجزیه واریانس مرکب مکان اجرا.....
۹.....	آزمایش ورامین.....
۱۳.....	آزمایش پیشوا.....
۱۹.....	بحث.....
۲۰.....	نتیجه‌گیری نهایی.....
۲۰.....	پیشنهادها.....
۲۲.....	منابع مورد استفاده.....
۲۵.....	چکیده انگلیسی.....

چکیده

به منظور بررسی اثر سوسپانسون پلی سولفید کلسیم تولید شرکت اکسیر صنعت سبز اندیش در پیش گیری از وقوع بیماری سفیدک پودری خیار با عامل *Golovinomyces cichoracearum* آزمایشاتی در استان تهران در شهرستان های ورامین و پیشوا در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با هشت تیمار و چهار تکرار در شرایط گلخانه اجرا شد. تیمارها شامل سوسپانسون پلی-سولفید کلسیم با غلظت های ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ در هزار (بازه درخواستی شرکت متقاضی ۵-۳ در هزار) به عنوان قارچ کش هدف، قارچ کش های تتراکونازول EC 10% (دومارک®) با غلظت ۰/۴ در هزار و تری فلوکسی استروبین WG 50% (فلینت®) با غلظت ۰/۲ در هزار به عنوان قارچ کش های مرجع همراه با شاهد بدون محلول پاشی بودند. محلول پاشی کرت های آزمایشی، با مشاهده اولین علائم بیماری آغاز و تا رسیدن تیمار شاهد بدون محلول پاشی به حداکثر آلودگی ممکن (گروه ۷ در روش هورسفال و بارات) با فاصله ۱۰-۵ روز ادامه یافت. ارزیابی کرت های آزمایشی قبل از هر نوبت محلول پاشی و ۱۴ روز بعد از آخرین محلول پاشی با تعیین شاخص شدت بیماری (DSI) برای هر بوته انتخابی به طریق تصادفی، با توجه به درصد سطح پوشش بوته توسط بیماری (PFCD) به روش هورسفال و بارات و با اختصاص یکی از نمره های ۱-۷ انجام شد. شدت بیماری در هر بوته با استفاده از میانه کلاس ها تعیین و سطح زیر منحنی پیشرفت شدت بیماری (AUDPC) و توسعه روزانه آن (DDAUDPC) برای هر کرت محاسبه شد. داده های آزمایش در نرم افزار SAS تجزیه واریانس مرکب و به دلیل معنی دار بودن اثر مکان در تیمار در ارزیابی های سوم، چهارم، پنجم و سطح زیر منحنی پیشرفت شدت بیماری، تجزیه واریانس هر مکان آزمایش به صورت جدا نیز انجام شد. میانگین ها با آزمون چند دامنه ای دانکن مقایسه شدند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در ارزیابی های دوم، سوم، چهارم و پنجم و همچنین در مساحت زیر منحنی پیشرفت بیماری در هر دو مکان اجراء، بین تیمارها اختلاف معنی داری در سطح ۱٪ وجود دارد. مقایسه میانگین های مساحت زیر منحنی پیشرفت بیماری در آزمایش ورامین نشان داد که پلی سولفید کلسیم با غلظت های ۱ و ۲ در هزار با کاهش ۴۴/۷ و ۵۰ درصدی مساحت زیر منحنی پیشرفت بیماری نسبت به شاهد بدون محلول پاشی، در گروه آماری b و غلظت های ۳، ۴ و ۵ در هزار پلی سولفید کلسیم با کاهش ۷۰، ۷۳/۹ و ۷۸/۱ درصدی مساحت زیر منحنی پیشرفت بیماری به ترتیب در گروه های آماری c، cd و d قرار گرفتند. در این مقایسه قارچ کش های دومارک و فلینت به ترتیب سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری را ۸۹ و ۸۷/۵ درصد نسبت به شاهد بدون محلول پاشی کاهش داده و در گروه آماری e قرار گرفتند. مقایسه میانگین های مساحت زیر منحنی پیشرفت بیماری در آزمایش پیشوا نشان داد که پلی سولفید کلسیم با غلظت های ۱، ۲ و ۳ در هزار به ترتیب با کاهش ۱۵/۶، ۴۸/۷ و ۷۴ درصدی مساحت زیر منحنی پیشرفت بیماری نسبت به شاهد بدون محلول پاشی، به ترتیب در گروه های آماری b، c و d و غلظت های ۴ و ۵ در هزار پلی سولفید کلسیم به همراه قارچ کش های دومارک و فلینت به ترتیب سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری را ۸۲، ۸۴/۵، ۸۹/۴ و ۸۹/۲ درصد نسبت به شاهد بدون محلول پاشی کاهش دادند و در گروه آماری مشترک e قرار گرفتند. نتایج اجرای آزمایش ها در دو مکان نشان داد که غلظت های ۳ و ۴ در هزار از پلی سولفید کلسیم غلظت قابل اطمینانی در کنترل بیماری سفیدک پودری خیار، برای استفاده در فواصل محلول پاشی ۷ تا ۱۴ روزه است.

واژه های کلیدی: تتراکونازول، تری فلوکسی استروبین، جالیز، سفیدک پودری، سولفور، کلسیم، کنترل شیمیایی

مقدمه

یکی از مهم‌ترین گروه‌های گیاهی که توسط بشر به‌عنوان غذا مورد استفاده قرار می‌گیرند، گیاهان تیره‌ی کدوئیان هستند (Zohary *et al.*, 2012). خیار بیش از ۵۰۰۰ سال است که به‌عنوان غذا مورد استفاده بشر بوده (Robinson and Decker, 1997) و پس از گوجه‌فرنگی، کلم و پیاز، از نظر سطح زیر کشت، رتبه‌ی چهارم را در بین سبزیجات دارد (Tatlioglu, 1993). خیار گلخانه‌ای در بین پنجاه محصول کشاورزی که بیش‌ترین مقدار تولید را در جهان دارند، با تولید ۸۳/۷ میلیون تن، در رتبه بیست و چهارم قرار دارد. در بین کشورهای تولیدکننده خیار گلخانه‌ای، چین با بیش از ۶۴/۸ میلیون تن مقام اول و ایران با ۱/۹۸ میلیون تن مقام دوم را دارا هستند (Anonymous, 2019). بیماری سفیدک پودری انتشار جهانی داشته (Braun *et al.*, 2002) و اغلب به محصول خیار در مزرعه و گلخانه خسارت اقتصادی قابل توجهی وارد می‌کند (Jarvis *et al.*, 2002). مدیریت بیماری سفیدک پودری خیار به روش‌های تلفیقی و تشخیص به‌موقع بیماری متکی است. کاربرد قارچ‌کش‌ها، که از اجزای اصلی مدیریت بیماری سفیدک پودری جالب‌هستند، همواره با مشکل بروز مقاومت در عامل بیماری نسبت به قارچ‌کش‌های مورد استفاده همراه بوده است که باید در ارائه روش‌های مدیریت بیماری قبل از بروز مقاومت‌ها مورد توجه قرار گیرد (McGrath, 2005a). برداشت روزانه محصول خیار و مصرف آن به‌صورت تازه‌خوری، اهمیت باقیمانده سموم آفت‌کش و از جمله قارچ‌کش‌ها را در این محصول برجسته می‌سازد و ضرورت استفاده از قارچ‌کش‌های مؤثر کم‌مصرف، کم‌خطر و جایگزینی آن‌ها با قارچ‌کش‌های متداول را اجتناب‌ناپذیر می‌سازد. دسترسی تولیدکنندگان به قارچ‌کش‌های مؤثر از گروه‌های شیمیایی متنوع، ضمن کمک به کشاورزان در جهت کاهش خسارت اقتصادی ناشی از بیماری، امکان بروز مقاومت در بیمارگر به قارچ‌کش‌ها را کاهش می‌دهد. نتایج تحقیق حاضر با معرفی سوسپانسیون پلی‌سولفید کلسیم تولید شرکت اکسیر صنعت سبز اندیش به‌عنوان قارچ‌کشی مؤثر در مدیریت بیماری سفیدک پودری کدوئیان می‌تواند با ایجاد تنوع در قارچ‌کش‌های سازگار با محیط زیست در دسترس کشاورزان، در ارتقای سطح سلامت غذایی کدوئیان که مصرف تازه‌خوری دارند مفید باشد.

سابقه

یکی از مهم‌ترین بیماری‌های خیار سفیدک پودری است که در اکثر نقاط دنیا از اهمیت بالایی برخوردار است (Larson *et al.*, 2014). اسفندیاری برای نخستین بار در سال ۱۳۲۶ این بیماری را از ایران گزارش نمود (Esfandiari, 1947). بیماری سفیدک پودری خیار از طریق کاهش تعداد و اندازه میوه‌ها و همچنین کوتاه نمودن دوره برداشت، باعث بروز خسارت می‌شود (Mossler and Nesheim, 2005). میوه‌های بوته‌های آلوده به بیماری سفیدک پودری، بد شکل بوده، کیفیت و بازار پسنندی قابل قبولی ندارند (McGrath, 1997). دیک و آلباجه (Dik and Albajes, 1999) رابطه خطی منفی را بین شدت آلودگی بوته-

ها و میزان محصول تولیدشده به دست آوردند. گونه‌های *Erysiphe* و *Sphaerotheca fuliginea* (Schltl.) Pollacci به عنوان عوامل بیماری سفیدک پودری کدوئیان شناخته شده‌اند (Jahn *et al.*, 2002). پیشرفت‌های انجام شده در سیستماتیک مولکولی قارچ‌ها، به تغییر نام دو گونه مذکور، به ترتیب به *Podosphaera fuliginea* (Schltl.) U. و *Golovinomyces cichoracearum* (DC.) V.P. Heluta و Braun & S. Takam. (Braun *et al.*, 2002). بررسی‌ها نشان داده است که *P. fuliginea* در مناطق استوایی و نیمه استوایی و گلخانه‌ها گسترش بیشتری دارد، در حالی که پراکنش گونه‌ی *G. cichoracearum* در مناطق سرد و خنک و همچنین در مزارع بیشتر است (Kriskova and Sedlakova, 2009). علاوه بر این، نژادهای فراوانی از گونه‌های عامل بیماری گزارش شده‌اند که در صورت وجود شرایط مساعد محیطی، توانایی ایجاد بیماری در بسیاری از ارقام مقاوم و متحمل کدوئیان را دارند (Jahn *et al.*, 2002). بهداد (Behdad, 1980) گونه غالب مولد سفیدک پودری خیار را در ایران *S. fuliginea* معرفی نمود، در حالی که بابایی‌اگری و همکاران (Babai Ahari *et al.*, 2012) گونه‌ی غالب مولد این بیماری را در استان آذربایجان شرقی *G. cichoracearum* معرفی کرده‌اند.

روش‌های مدیریت بیماری سفیدک پودری جالیز برای گونه‌های عامل بیماری و نژادهای مختلف آن‌ها مشابه و متکی به روش‌های تلفیقی و تشخیص به موقع بیماری است. انجام برخی از عملیات زراعی، نظیر برقراری تناوب زراعی، به دلیل قابلیت بالای انتشار کنیدیوم‌های عوامل بیماری و تندش آن‌ها در رطوبت نسبی پایین، کارایی چندانی در کنترل بیماری ندارد و یا بی‌اثر است (McGrath, 1997). استفاده از ارقام متحمل و مقاوم به بیماری، کاربرد ترکیبات غیرسمی برای میزبان، مانند روغن‌های طبیعی و معدنی، سیلیکون، نمک‌های سدیم، آمونیم و پتاسیم (Bélanger and Labbe, 2002)، قارچ‌کش‌ها، عوامل کنترل زیستی و ترکیبات شیمیایی که موجب برانگیختن مقاومت اکتسابی سیستمیک¹ (SAR) در گیاهان می‌شوند، اجزای اصلی مدیریت بیماری سفیدک پودری جالیز را تشکیل می‌دهند (Hector *et al.*, 2006).

کاربرد قارچ‌کش‌ها که از اجزای اصلی مدیریت بیماری سفیدک پودری جالیز هستند، همواره با مشکل بروز مقاومت در عامل بیماری نسبت به قارچ‌کش‌های مورد استفاده همراه است (McGrath, 2005b). قارچ‌کش‌های متنوعی برای مهار بیماری سفیدک پودری جالیز معرفی و ثبت شده‌اند. با توجه به این که بیماری سفیدک پودری در هر دو سطح رویی و زیرین برگ‌های میزبان گسترش می‌یابد، به منظور پیش‌گیری از بروز مقاومت، کنترل بیماری در سطح زیرین برگ‌ها و به خصوص در برگ‌های پایینی ضروری است (McGrath, 2005a). قارچ‌کش‌های تماسی و غیرسیستمیک از این قابلیت برخوردار نیستند و راه‌کار مؤثر

1 Systemic Acquired Resistance

در مدیریت بیماری، استفاده از قارچ‌کش‌های سیستمیک و قارچ‌کش‌هایی است که از ویژگی حرکت بین سلولی برخوردارند (McGrath, 2005a).

قارچ‌کش‌هایی نظیر میکروتیول^۲ و میکروسولف^۳ از گروه قارچ‌کش‌های گوگردی، آرمیکارب^۴ (بیکربنات پتاسیم)، پتاسم فسفات مثل نوترول^۵، روغن‌های معدنی مثل جی‌ام‌اس استایلت-ویل^۶ و سان‌اسپری^۷ و مواد بیولوژیک مثل AQ10^۸ که دارای سازوکارهای تأثیر چندگانه هستند، برای کنترل بیماری سفیدک پودری جالیز به ثبت رسیده‌اند (McGrath and Zitter, 2000). براساس مطالعه‌های انجام شده، قارچ‌کش‌های اسینزولار-اس-متیل^۸ (داکونیل^۹)، هگزاکونازول^{۱۰} (آنویل^{۱۱})، پنکونازول^{۱۲} (توپاس^{۱۳})، تتراکونازول^{۱۴} (دومارک^{۱۵}) و تریادیمفون^{۱۶} (بایلتون^{۱۷}) از گروه تریازول^{۱۸}، کروزوکسیم متیل^{۱۹} (استروبی^{۲۰})، بیکربنات پتاسیم (کالیبان^{۲۱}) و تریفلوکسی استروبین^{۲۱} (فلینت^{۲۲}) از گروه استروبیلورین، سولفور با نام‌های تجاری تیوویت^{۲۳}، کومولوس^{۲۴} و سولفولاک^{۲۵} از قارچ‌کش‌های گوگردی، برای کنترل سفیدک پودری خیار به‌عنوان قارچ‌کش‌های موثر در ایران ثبت و معرفی شده‌اند (Azimi, 2012; Azimi and Shakeri, 2010; Azimi *et al.*, 2008a; Azimi *et al.*, 2008b; Jamali-Zavareh *et al.*, 2004).

سهولت دسترسی و روش‌های آماده‌سازی آسان پلی‌سولفید کلسیم و نیز ارجحیت‌های اقتصادی آن، پلی‌سولفید کلسیم را به عنوان یک ماده شیمیایی غیر آلی بسیار مفید برای استفاده در حوزه‌های کشاورزی و صنایع تبدیل کرده است. قابلیت سم-زدایی پلی‌سولفید کلسیم از محیط زیست آن را به ماده‌ای دوستدار محیط زیست نیز تبدیل نموده است (Dahlawi and Siddiqui, 2016). پلی‌سولفید کلسیم (CaS) که تحت نام سولفید کلسیم (CaS) و لایم سولفور نیز شناخته می‌شود، به صورت

-
- 2 - Microthiol
 - 3 - Micro Sulf
 - 4 - Armicarb
 - 5 - Nutrol
 - 6 - JMS Stylet-oil
 - 7 - SunSpray
 - 8 - acibenzolar-s-methyl
 - 9 - Daconil
 - 10 - hexaconazole
 - 11 - Anvil
 - 12 - penconazole
 - 13 - Topas
 - 14 - tetraconazole
 - 15 - Domark
 - 16 - triadimefon
 - 17 - Bayleton
 - 18 - triazole
 - 19 - kresoxim-methyl
 - 20 - Strobil
 - 21 - trifloxystrobin
 - 22 - Flint
 - 23 - Tiovit
 - 24 - Kumulus
 - 25 - Solfulac

گچ در طبیعت وجود دارد (Knauf et al., 1973, Klein et al., 1985). در تولید صنعتی می‌توان آن را با اکسید کردن سولفید هیدروژن و اکسید کلسیم به دست آورد (Borgwardt, 1984). لوچنکو و همکاران (Levchenko et al., 2015) روش نیمه صنعتی را برای تهیه CaSx با اختلاط کلسیم و گوگرد به نسبت ۱۰ به ۲۳/۲ در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد ارائه کرده‌اند. پلی‌سولفید کلسیم ۲۹٪ تحت نام تجاری TIGER-90 Xtra به عنوان قارچ‌کش به بازار عرضه شده است. شرکت اکسیر صنعت سبز اندیش پلی‌سولفید کلسیم را بصورت سوسپانسیون غلیظ با پایه آب و به عنوان قارچ‌کش برای استفاده در مدیریت بیماری سفیدک‌های پودری تولید کرده است. در این تحقیق کارایی این قارچ‌کش در پیش‌گیری از بیماری سفیدک پودری خیار بررسی شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی کارایی پلی‌سولفید کلسیم، آزمایش‌هایی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هشت تیمار و چهار تکرار در شهرستان‌های ورامین و پیشوا در استان‌های تهران در شرایط گلخانه اجرا شد. هر کرت آزمایشی به طول ۱۰ متر شامل ۲ ردیف کاشت با فاصله ردیف ۱/۵ متر و فاصله بوته روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بذور خیار رقم آلفرد که به بیماری سفیدک پودری حساس است (مشاهدات و تجربیات مجری)، درون سینی‌های نشا کشت شد. نشاها در مرحله برگ کوتیلدون تا دو برگی به زمین اصلی منتقل شدند و مراقبت‌های لازم شامل آبیاری و تغذیه انجام شد. در هر کرت ۱۰ بوته به‌صورت تصادفی انتخاب و علامت‌گذاری شدند. ارزیابی بوته‌ها از نظر علائم بیماری و محلول‌پاشی کرت‌های آزمایشی با تیمارهای آزمایش (جدول ۱)، با مشاهده اولین علائم بیماری سفیدک پودری با استفاده از سم‌پاش پستی برقی ۲۰ لیتری و پس از کالیبراسیون مقدار آب مصرفی برای هر کرت به مقدار ۵ لیتر آغاز و در فواصل زمانی ۵، ۷ و ۱۰ روزه تکرار شد. انجام محلول‌پاشی تا رسیدن تیمارهای شاهد بدون محلول‌پاشی به حداکثر آلودگی ممکن (گروه ۷ در روش گروه‌بندی هورسفال و بارات) ادامه یافت. ارزیابی نهایی شدت بیماری، ۱۴ روز پس از آخرین محلول‌پاشی صورت گرفت.

جدول ۱: تیمارهای آزمایش

شماره	تیمار
۱	پلی‌سولفید کلسیم با غلظت ۱ در هزار
۲	پلی‌سولفید کلسیم با غلظت ۲ در هزار
۳	پلی‌سولفید کلسیم با غلظت ۳ در هزار*
۴	پلی‌سولفید کلسیم با غلظت ۴ در هزار*
۵	پلی‌سولفید کلسیم با غلظت ۵ در هزار*
۶	تتراکونازول EC 10% (دومارک®) با غلظت ۰/۴ در هزار (به‌عنوان قارچ‌کش مرجع)

۷	تری فلوکسی استروبین WG 50% (فلینت) با غلظت ۰/۲ در هزار (به عنوان قارچ کش مرجع)
۸	شاهد بدون محلول پاشی

* دوز درخواستی شرکت متقاضی

ارزیابی تیمارها: ارزیابی کرت‌های آزمایشی قبل از هر نوبت محلول پاشی و نیز ۱۴ روز بعد از آخرین محلول پاشی با تخمین سطح آلوده برگ (برگ واقع در ثلث بالایی بوته و واجد بیشترین سطح آلودگی) هر بوته‌ی شماره گذاری شده انجام شد. در هر ارزیابی، شاخص شدت بیماری (۲۶ DSI) برای هر نمونه با توجه به درصد سطح پوشش توسط بیماری (۲۷ PFCD) با اختصاص نمره ۱-۷ تخمین زده شد و میانگین شدت بیماری برای هر سطح در هر نوبت ارزیابی به روش هورسفال و بارات (Horsfal and Barrat, 1945) مشخص گردید (جدول ۲). از اعداد میانه گروه به عنوان داده‌های آزمایش استفاده شد. میانگین حسابی ده بوته در هر کرت محاسبه شد و ماتریس مربوطه برای استفاده در نرم افزار SAS تشکیل گردید.

جدول ۲. روش گروه بندی هورسفال و بارات

گروه	درصد سطح پوشش بوته توسط بیماری	میانگین گروه
۱	$FIP = 0$	۰
۲	$0 < FIP \leq 5$	۲/۵
۳	$5 < FIP \leq 10$	۷/۵
۴	$10 < FIP \leq 25$	۱۷/۵
۵	$25 < FIP \leq 50$	۳۷/۵
۶	$50 < FIP \leq 75$	۶۲/۵
۷	$75 < FIP \leq 100$	۸۷/۵

ارزیابی اول که قبل از شروع سم پاشی‌ها انجام گرفت به منظور تعیین شدت بیماری در شروع سم پاشی‌ها بوده و از آن صرفاً در محاسبه سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری و رسم منحنی‌های مربوطه استفاده شده است. بدیهی است نتایج این ارزیابی، در سنجش تأثیر تیمارها فاقد ارزش است.

محاسبه سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری: برای تفسیر نقش تیمارها در گسترش بیماری، سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (۲۸ AUDPC) با استفاده از میانگین شدت بیماری در ارزیابی‌های متوالی طبق فرمول کمپل و مدن (Campbell and Madden, 1990) محاسبه شد.

26- Disease Severity Index

27- Percent Foliage Covered by Disease

28 -Area Under the Disease Progress Curve

$$AUDPC = \sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{y_i + y_{i+1}}{2} \right) (t_{i+1} - t_i)$$

در این فرمول n تعداد دفعات ارزیابی، i نوبت ارزیابی، y_i و t_i به ترتیب میانگین شدت بیماری و زمان در ارزیابی قبلی، y_{i+1} و t_{i+1} به ترتیب میانگین شدت بیماری و زمان در ارزیابی حاضر هستند.

محاسبه درصد توسعه روزانه سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری: درصد توسعه روزانه سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (DDAUDPC²⁹) با استفاده از فرمول اصلاح شده کمپل و مدن برآورد شد.

$$DDAUDPC = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{y_i + y_{i+1}}{2} \right) (t_{i+1} - t_i)}{D * 100}$$

در این فرمول D تعداد روزهای بین اولین و آخرین ارزیابی شدت بیماری است.

تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها: داده‌های حاصل از هر نوبت ارزیابی متوالی، سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری با استفاده از نرم افزار SAS تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

محاسبه اثربخشی³⁰ تیمارها: اثربخشی تیمارها در کاهش بیماری در مقایسه با شاهد بدون محلول پاشی با استفاده از فرمول زیر برای میانگین‌ها محاسبه شد (Azimi, 2014).

$$ef = 100 - \left(\frac{\bar{x}_t}{\bar{x}_c} \times 100 \right)$$

در این فرمول ef اثربخشی تیمار، \bar{x}_t میانگین تیمار و \bar{x}_c میانگین شاهد است.

نتایج

تجزیه واریانس مرکب مکان اجرا

تجزیه مرکب داده‌های حاصل از ارزیابی درصد شدت بیماری در نوبت‌های مختلف و نیز نتایج حاصل از محاسبه درصد توسعه سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (AUDPC) در طول دوره شروع بیماری تا گسترش حداکثری آن در تیمار شاهد بدون

29 -Daily Development of the Area Under the Disease Progress Curve

30 -Efficacy

محلول پاشی و درصد توسعه روزانه آن (DDAUDPC) در مکان‌های اجرا، شامل شهرستان‌های ورامین و پیشوا در استان تهران، نشان داد که در تمامی ارزیابی‌ها بین تیمارهای آزمایش اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد وجود دارد. تقابل بین تیمار و محل اجرا در ارزیابی دوم معنی‌دار نیست، در حالی که در ارزیابی‌های سوم، چهارم و پنجم و همچنین در مقادیر AUDPC معنی‌دار است (جدول ۳). با استناد به این نتایج، تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اجرای آزمایشات در دو مکان به صورت جداگانه انجام شد.

جدول ۳. تجزیه واریانس مرکب درصد شدت بیماری سفیدک پودری خیار در نوبت‌های مختلف ارزیابی و درصد توسعه سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (AUDPC) در آزمایشات ورامین و پیشوا

AUDPC	نوبت‌های ارزیابی										df	منبع تغییرات	
	پنجم		چهارم		سوم		دوم		اول				
	F	MS	F	MS	F	MS	F	MS	F	MS			
۹/۳**	۶۸۸۱۷۹۱۳	۷۳/۹**	۵۲۹/۰	۲۷/۳ ^{ns}	۱۹۵/۱۳	۴۹/۰۳**	۱۵۵/۵	۳/۸ ^{ns}	۲/۹۵	۱۳/۱**	۴/۱۳	۱	محل
۲/۳ ^{ns}	۱۶۸۲۹۲۶۰	۲/۵*	۱۸/۲۴	۱/۹۹ ^{ns}	۱۴/۱۹	۰/۷۹ ^{ns}	۲/۵۱	۲/۶*	۲/۰۱	۳/۸**	۱/۱۹	۶	بلوک (محل)
۳۲۳/۹**	۲۳۹۴۰۲۶۳۰۰	۴۹۱/۴**	۳۵۱۴/۷	۳۳۳/۱**	۲۳۷۹/۲	۳۱۵/۶**	۱۰۰۰/۹	۱۰۵/۸**	۸۲/۷۸	۰/۷ ^{ns}	۰/۲۲	۷	تیمار
۱۳/۱**	۹۶۷۷۳۲۳۰۵	۲۰/۶۹**	۱۴۷/۹۶	۱۹/۱۷**	۱۳۶/۹۵	۲۷/۹**	۸۸/۵۰	۱/۷ ^{ns}	۱/۳۵	۰/۵۲ ^{ns}	۰/۱۶	۷	تیمار × محل
-	۷۳۹۰۶۱۸	-	۷/۱۵	-	۷/۱۴	-	۳/۱۷	-	۰/۷۸	-	۰/۳۱	۴۲	اشتباه
۱۲/۹۵		۱۱/۱۲		۱۴/۱۰		۱۵/۷۱		۲۳/۴۶		۶۲/۸۳		ضریب تغییرات %	

* اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ وجود دارد.

** اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ وجود دارد.

ns اختلاف معنی‌دار وجود ندارد.

آزمایش ورامین: تجزیه واریانس داده‌های حاصل از ارزیابی اول نشان داد که بین تیمارها تفاوت آماری معنی‌داری در سطح پنج درصد وجود ندارد. این نتیجه نشان می‌دهد که در شروع ارزیابی‌ها آلودگی یکنواختی در کرت‌های آزمایشی وجود داشته است. این ارزیابی که قبل از شروع محلول‌پاشی‌ها انجام گرفته است، به‌منظور تعیین مقدار بیماری در شروع محلول‌پاشی‌ها بوده است و از آن صرفاً در محاسبه سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری و رسم منحنی‌های مربوطه استفاده شد. مسلماً نتایج این ارزیابی، ارزشی برای سنجش تأثیر تیمارها ندارند. تجزیه واریانس داده‌های حاصل از ارزیابی‌های دوم، سوم، چهارم، پنجم و نیز داده‌های حاصل از محاسبه مساحت زیر منحنی پیشرفت بیماری نشان داد که بین بلوک‌ها اختلاف آماری معنی‌دار وجود ندارد، ولی بین تیمارها اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد (جدول ۴).

مقایسه میانگین‌های درصد شدت بیماری در ارزیابی اول، تمام تیمارها را در یک گروه آماری قرار داد. این نتیجه نشانگر وجود یکنواختی در کرت‌های آزمایشی قبل از شروع محلول‌پاشی‌ها است (جدول ۵). بدیهی است که این مقایسه صرفاً برای اندازه‌گیری درصد شدت بیماری در کرت‌های آزمایشی در شروع محلول‌پاشی‌ها است و از نتایج آن برای رسم منحنی‌های پیشرفت بیماری و هم‌چنین محاسبه مساحت زیر منحنی پیشرفت بیماری استفاده شده است. در ارزیابی دوم که پنج روز بعد از محلول‌پاشی اول انجام گرفت، قارچ‌کش پلی‌سولفید کلسیم با غلظت‌های ۱ و ۲ در هزار به ترتیب با میانگین شدت بیماری ۵/۵ و ۴/۹ درصد کمترین اثر را در بین تیمارهای قارچ‌کش در پیش‌گیری و کنترل بیماری داشته و به لحاظ میانگین شدت بیماری در بالاترین گروه آماری (گروه b) بعد از تیمار شاهد قرار گرفتند. این تیمارها توانستند به ترتیب ۴۳/۶ و ۵۰ درصد شدت بیماری را نسبت به شاهد بدون محلول‌پاشی کاهش دهند. در این مقایسه، پلی‌سولفید کلسیم با غلظت ۳ در هزار با میانگین شدت بیماری ۲/۶ درصد توانست شدت بیماری را ۷۳/۱ درصد نسبت به شاهد بدون محلول‌پاشی کاهش داده و در گروه آماری c قرار گیرد. در حالی که پلی‌سولفید کلسیم با غلظت‌های ۴ و ۵ در هزار با میانگین شدت بیماری ۲ و ۱/۷۵ درصد به ترتیب شدت بیماری را ۷۹/۵ و ۸۲ درصد نسبت به شاهد بدون محلول‌پاشی کاهش داده و در گروه آماری مشترک cd قرار گرفتند. قارچ‌کش‌های مرجع دومارک و فلینت در این ارزیابی به ترتیب با میانگین شدت بیماری ۰/۹۴ و ۱ درصد بیشترین کارایی را داشته و توانستند به ترتیب شدت بیماری را نسبت به شاهد بدون محلول‌پاشی ۹۰/۴ و ۸۹/۷ درصد کاهش دهند. این تیمارها در گروه آماری d قرار گرفتند. در ارزیابی سوم که با فاصله ۷ روز از سم‌پاشی دوم صورت گرفت، پلی‌سولفید کلسیم با غلظت‌های ۱ و ۲ در هزار به ترتیب با میانگین شدت بیماری ۱۳/۵ و ۱۱/۷ درصد کمترین اثر را در بین تیمارهای قارچ‌کش در پیش‌گیری و کنترل بیماری داشته و در بالاترین گروه آماری (گروه b) به لحاظ میانگین شدت بیماری بعد از تیمار شاهد قرار گرفتند. این تیمارها توانستند به ترتیب ۵۵/۹ و ۶۱/۶ درصد شدت بیماری را نسبت به شاهد بدون محلول‌پاشی کاهش دهند.

در این مقایسه پلی‌سولفید کلسیم با غلظت‌های ۳، ۴ و ۵ در هزار به ترتیب با میانگین شدت بیماری ۷/۶، ۵/۷ و ۵/۲ درصد توانست شدت بیماری را ۷۵/۱، ۸۱/۲ و ۸۲/۸ درصد نسبت به شاهد بدون محلول‌پاشی کاهش داده و در گروه آماری c قرار گیرد. قارچ‌کش‌های مرجع دومارک و فلینت در این ارزیابی به ترتیب با میانگین شدت بیماری ۱/۵۶ و ۲/۱۲ درصد بیشترین کارایی را داشته و توانستند به ترتیب شدت بیماری را نسبت به شاهد بدون محلول‌پاشی ۹۴/۹ و ۹۳/۱ درصد کاهش دهند. این تیمارها در گروه آماری d قرار گرفتند. در ارزیابی چهارم که ۱۰ روز بعد از سم‌پاشی سوم انجام گرفت، پلی‌سولفید کلسیم با غلظت ۱ و ۲ در هزار با میانگین شدت بیماری ۲۵/۲ و ۲۰/۲ درصد و با اثربخشی ۴۸/۹ و ۵۹ درصد در گروه‌های آماری b و c قرار گرفتند. در این ارزیابی، پلی‌سولفید کلسیم با غلظت‌های ۳، ۴ و ۵ در هزار به ترتیب با میانگین شدت بیماری ۱۴/۲، ۱۱ و ۱۰/۴ درصد در گروه آماری d قرار گرفتند. این تیمارها میانگین شدت بیماری را به ترتیب ۷۱/۱، ۷۷/۷ و ۷۹ درصد نسبت به شاهد بدون محلول‌پاشی کاهش دادند. در این مقایسه قارچ‌کش‌های مرجع دومارک و فلینت به ترتیب با میانگین شدت بیماری ۳/۱ و ۴/۱ درصد و اثربخشی ۹۳/۸ و ۹۱/۸ درصد در گروه آماری e قرار گرفتند. در ارزیابی پنجم که ۱۴ روز بعد از سم‌پاشی چهارم انجام گرفت، پلی‌سولفید کلسیم با غلظت ۱ و ۲ در هزار با میانگین شدت بیماری ۳۱/۲ و ۲۴/۲ درصد و با اثربخشی ۴۸/۹ و ۵۹ درصد در گروه‌های آماری b و c قرار گرفتند. پلی‌سولفید کلسیم با غلظت‌های ۳، ۴ و ۵ در هزار در این ارزیابی، به ترتیب با میانگین شدت بیماری ۱۳/۹، ۱۳/۵ و ۱۲/۵ درصد در گروه آماری d قرار گرفتند. این تیمارها میانگین شدت بیماری را به ترتیب ۷۸/۲، ۷۸/۸ و ۸۰/۴ درصد نسبت به شاهد بدون محلول‌پاشی کاهش دادند. قارچ‌کش‌های مرجع دومارک و فلینت نیز به ترتیب با میانگین شدت بیماری ۲/۴ و ۷/۹ درصد و اثربخشی ۹۶/۲ و ۸۷/۶ درصد به ترتیب در گروه‌های آماری e و f قرار گرفتند. در ارزیابی مقادیر مساحت زیر منحنی پیشرفت بیماری (AUDPC) و توسعه روزانه آن (DDAUDPC) که تأثیر تیمارها را در یک دوره ۳۶ روزه از مشاهده اولین علائم بیماری تا توسعه حداکثری آن در تیمار شاهد بدون محلول‌پاشی و نیز مقدار توسعه بیماری را در هر روز نشان می‌دهند، پلی‌سولفید کلسیم با غلظت‌های ۱ و ۲ در هزار به ترتیب سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری را ۴۴/۷ و ۵۰ درصد نسبت به شاهد بدون محلول‌پاشی کاهش داده و در گروه آماری b قرار گرفتند. در همین مقایسه پلی‌سولفید کلسیم با غلظت‌های ۳، ۴ و ۵ در هزار با اثربخشی به ترتیب ۷۰، ۷۳/۹ و ۸۷/۱ درصد در گروه‌های آماری c، cd و d قرار گرفتند. قارچ‌کش‌های مرجع دومارک و فلینت نیز به ترتیب سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری را ۸۹ و ۸۷/۵ درصد نسبت به شاهد بدون محلول‌پاشی کاهش دادند و در گروه آماری e قرار گرفتند (جداول ۵ و ۶).

جدول ۴. تجزیه واریانس درصد شدت بیماری سفیدک پودری خیار در نوبت‌های مختلف ارزیابی و درصد توسعه سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (AUDPC) در آزمایش ورامین

AUDPC		نوبت‌های ارزیابی										df	منبع تغییرات
		پنجم		چهارم		سوم		دوم		اول			
F	MS	F	MS	F	MS	F	MS	F	MS	F	MS		
۱/۳ ^{ns}	۸۵۷۸۱۴۷	۲/۹ ^{ns}	۲۱/۴۹	۳/۰ ^{ns}	۱۹/۰۱	۰/۳۶ ^{ns}	۱/۱۴	۰/۵۷ ^{ns}	۰/۴۳	۱۳/۵ ^{**}	۲/۳۰	۳	بلوک
۱۴۶/۲ ^{**}	۹۴۹۴۶۸۸۱۹	۲۰۴/۴ ^{**}	۱۵۰۸/۰۱	۱۴۲/۱ ^{**}	۹۰۰/۳	۱۱۰/۹۱ ^{**}	۳۵۴/۱۵	۴۸/۲۶ ^{**}	۳۶/۴۷	۱/۶ ^{ns}	۰/۲۸	۷	تیمار
-	۶۴۹۵۹۰۳	-	۷/۳۸	-	۶/۳۴	-	۳/۱۹	-	۰/۷۶	-	۰/۱۷	۲۱	اشتباه
۱۲/۷۷		۱۲/۸۲		۱۴/۶۳		۱۸/۲۸		۲۴/۴۵		۳۶/۰۳		ضریب تغییرات %	

**اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ وجود دارد.

ns اختلاف معنی‌دار وجود ندارد.

جدول ۵. مقایسه میانگین درصد شدت بیماری سفیدک پودری خیار در نوبت‌های مختلف ارزیابی، مقادیر AUDPC و DDAUDPC و گروه‌بندی آن‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در آزمایش ورامین

درصد میانگین تیمارها و گروه‌بندی آن‌ها*												تیمار		
DDAUDPC		AUDPC		ارزیابی پنجم		ارزیابی چهارم		ارزیابی سوم		ارزیابی دوم			ارزیابی اول	
۸۰۰	b	۲۸۸۰۲	b	۳۱/۲	b	۲۵/۲	b	۱۳/۵۰	b	۵/۵۰	b	۱/۲۹	a	پلی سولفید کلسیم با غلظت ۱ در هزار
۷۲۲	b	۲۶۰۱۰	b	۲۴/۲	c	۲۰/۲	c	۱۱/۷۵	b	۴/۸۷	b	۱/۴۷	a	پلی سولفید کلسیم با غلظت ۲ در هزار
۴۳۴	c	۱۵۶۳۲	c	۱۳/۹	d	۱۴/۲	d	۷/۶۲	c	۲/۶۲	c	۱/۱۰	a	پلی سولفید کلسیم با غلظت ۳ در هزار
۳۷۷	cd	۱۳۵۶۳	cd	۱۳/۵	d	۱۱/۰	d	۵/۷۵	c	۲/۰۰	cd	۱/۵۴	a	پلی سولفید کلسیم با غلظت ۴ در هزار
۳۱۷	d	۱۱۴۲۱	d	۱۲/۵	d	۱۰/۴	d	۵/۲۵	c	۱/۷۵	cd	۱/۱۰	a	پلی سولفید کلسیم با غلظت ۵ در هزار
۱۵۹	e	۵۷۲۲	e	۲/۴	f	۳/۱	e	۱/۵۶	d	۰/۹۴	d	۰/۸۵	a	دومارک با دوز ۰/۴ در هزار ***
۱۸۰	e	۶۴۸۹	e	۷/۹	e	۴/۱	e	۲/۱۲	d	۱/۰۰	d	۰/۹۱	a	فلینت با غلظت ۰/۲ در هزار ***
۱۴۴۶	a	۵۲۰۵۴	a	۶۳/۷	a	۴۹/۴	a	۳۰/۶۲	a	۹/۷۵	a	۰/۹۱	a	شاهد بدون محلول پاشی

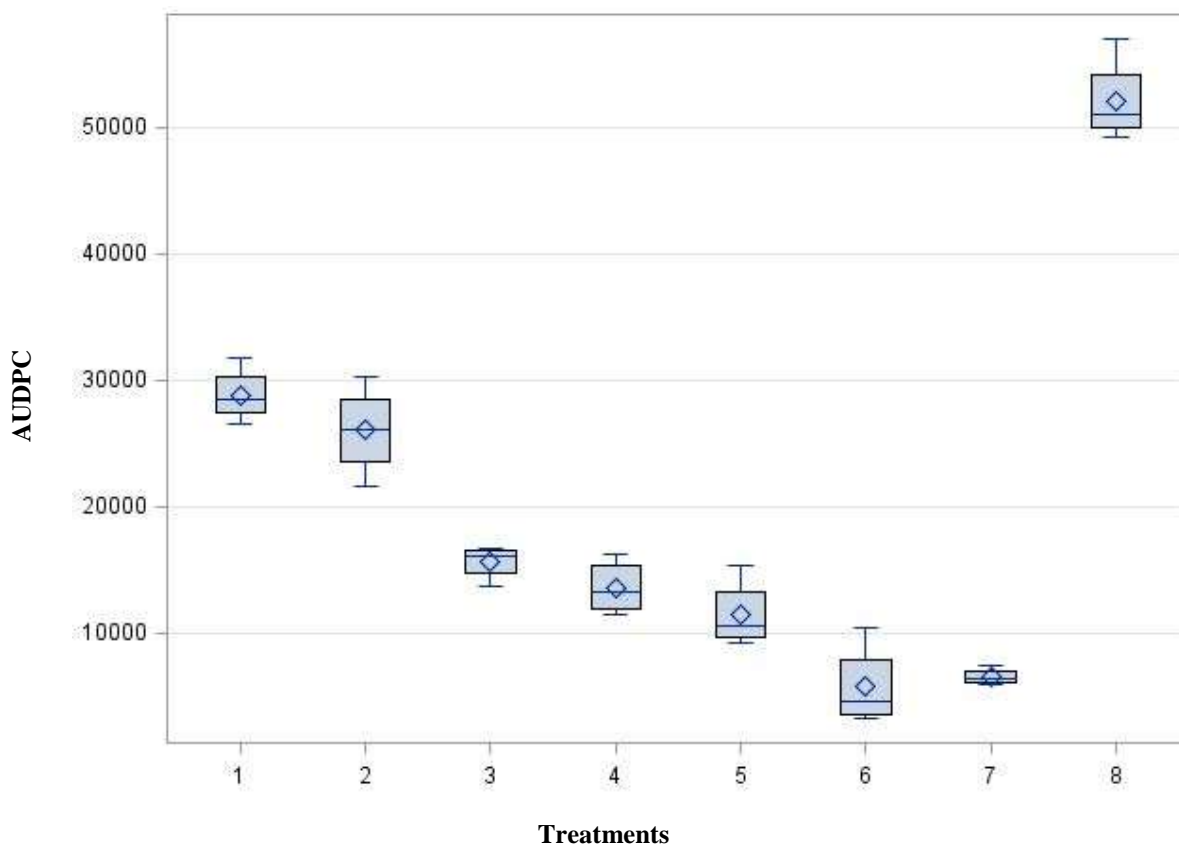
* میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی‌داری ندارند (آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد).

** به‌عنوان قارچ کش مرجع

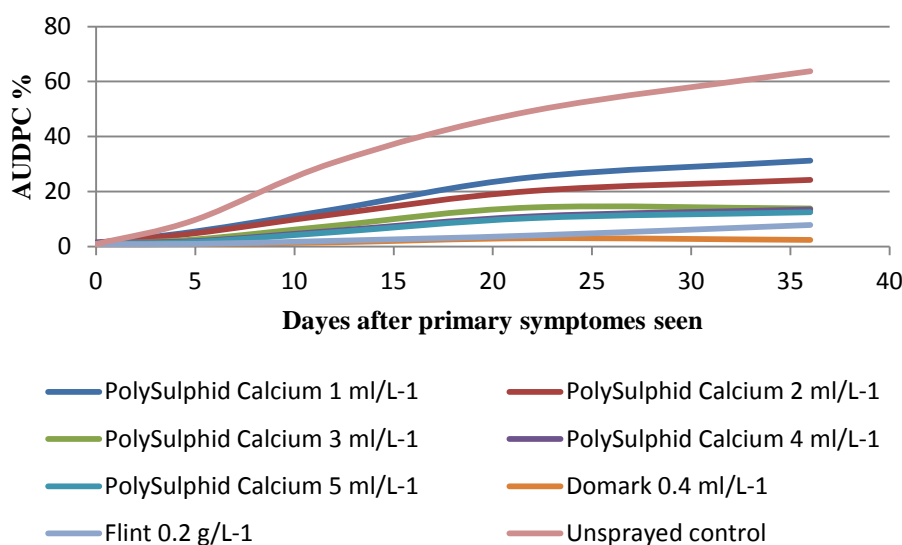
جدول ۶. اثربخشی تیمارها در نوبت‌های مختلف ارزیابی و مقادیر AUDPC نسبت به شاهد بدون محلول پاشی در آزمایش ورامین

AUDPC	نوبت‌های ارزیابی				تیمار
	پنجم	چهارم	سوم	دوم	
۴۴/۷	۵۸/۸	۴۸/۹	۵۵/۹	۴۳/۶	پلی سولفید کلسیم با غلظت ۱ در هزار
۵۰/۰	۶۲/۰	۵۹/۰	۶۱/۶	۵۰/۰	پلی سولفید کلسیم با غلظت ۲ در هزار
۷۰/۰	۷۸/۲	۷۱/۱	۷۵/۱	۷۳/۱	پلی سولفید کلسیم با غلظت ۳ در هزار
۷۳/۹	۷۸/۸	۷۷/۷	۸۱/۲	۷۹/۵	پلی سولفید کلسیم با غلظت ۴ در هزار
۷۸/۱	۸۰/۴	۷۹/۰	۸۲/۸	۸۲/۰	پلی سولفید کلسیم با غلظت ۵ در هزار
۸۹/۰	۹۶/۲	۹۳/۸	۹۴/۹	۹۰/۴	دومارک با دوز ۰/۴ در هزار**
۸۷/۵	۸۷/۶	۹۱/۸	۹۳/۱	۸۹/۷	فلینت با غلظت ۰/۲ در هزار**

** به‌عنوان قارچ کش مرجع



شکل ۱. مساحت زیر منحنی پیشرفت بیماری در یک دوره ۳۶ روزه از مشاهده اولین علائم بیماری و شروع سم‌پاشی‌ها تا وقوع حداکثر شدت بیماری در تیمار شاهد بدون محلول پاشی در آزمایش ورامین، تیمارها: ۱- پلی سولفید کلسیم با غلظت ۱ در هزار ، ۲- پلی سولفید کلسیم با غلظت ۲ در هزار ، ۳- پلی سولفید کلسیم با غلظت ۳ در هزار ، ۴- پلی سولفید کلسیم با غلظت ۴ در هزار ۵- پلی سولفید کلسیم با غلظت ۵ در هزار، ۶- دومارک ۰/۴ در هزار، ۷- فلینت ۰/۲ در هزار، ۸- شاهد بدون محلول پاشی



شکل ۲. منحنی پیشرفت بیماری در یک دوره ۳۶ روزه از مشاهده اولین علائم بیماری و شروع سم‌پاشی‌ها تا وقوع حداکثر شدت بیماری در تیمار شاهد بدون محلولپاشی در آزمایش ورامین

آزمایش پیشوا: تجزیه واریانس داده‌های حاصل از ارزیابی اول نشان داد که بین تیمارها و نیز بین بلوک‌ها تفاوت آماری معنی‌داری در سطح پنج درصد وجود ندارد. این نتیجه نشان می‌دهد که در شروع ارزیابی‌ها آلودگی یکنواختی در کرت‌های آزمایشی وجود داشته است. تجزیه واریانس داده‌های حاصل از ارزیابی‌های دوم، سوم، چهارم، پنجم و نیز داده‌های حاصل از محاسبه مساحت زیر منحنی پیشرفت بیماری نشان داد بین تیمارها اختلاف آماری معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد (جدول ۷).

مقایسه میانگین‌های درصد شدت بیماری در ارزیابی اول تمام تیمارها را در یک گروه آماری قرار داد. این نتیجه نشانگر وجود یکنواختی در کرت‌های آزمایشی قبل از شروع محلول‌پاشی‌ها است (جدول ۸). بدیهی است که این مقایسه صرفاً برای اندازه‌گیری درصد شدت بیماری در کرت‌های آزمایشی در شروع محلول‌پاشی‌ها است و از نتایج آن برای رسم منحنی‌های پیشرفت بیماری و هم‌چنین محاسبه مساحت زیر منحنی پیشرفت بیماری استفاده شده است. در ارزیابی دوم که پنج روز بعد از محلول‌پاشی اول انجام گرفت، پلی‌سولفید کلسیم با غلظت‌های ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ در هزار به ترتیب با میانگین بیماری ۷/۷، ۵/۶، ۲/۹، ۱/۷ و ۱/۴ درصد به ترتیب در گروه‌های آماری a، b، c، d، e و de قرار گرفتند. این تیمارها میانگین شدت بیماری را نسبت به شاهد بدون محلول‌پاشی به ترتیب ۲۳/۴، ۴۴/۵، ۷۰/۹، ۸۳/۳ و ۸۶/۵ درصد کاهش دادند. قارچ‌کش‌های دومارک و فلینت نیز هر دو با میانگین شدت بیماری ۱/۲ درصد و اثربخشی ۸۸/۲ درصد در گروه آماری e قرار گرفتند. در ارزیابی سوم که با فاصله ۷ روز از سم‌پاشی دوم صورت گرفت، پلی‌سولفید کلسیم با غلظت‌های ۱ و ۲ در هزار با میانگین شدت بیماری ۳۲/۲ و

۱۵/۵ درصد و اثربخشی ۸/۲ و ۵۵/۹ درصد به ترتیب در گروه‌های آماری b و c قرار گرفتند. در این ارزیابی پلی‌سولفید کلسیم با غلظت ۳ و ۴ در هزار به ترتیب با میانگین شدت بیماری ۶/۹ و ۵/۴ درصد دارای تاثیر آماری یکسان بوده و در گروه آماری d قرار گرفتند. این تیمارها به ترتیب میانگین شدت بیماری را ۸۰/۲ و ۸۴/۷ درصد نسبت به شاهد بدون محلول‌پاشی کاهش دادند در حالی که پلی‌سولفید کلسیم با غلظت ۵ در هزار با میانگین شدت بیماری ۴/۲ درصد و اثربخشی ۸۷/۹ درصد در گروه آماری بینابین de قرار گرفت. قارچ‌کش‌های دومارک و فلینت نیز به ترتیب با میانگین بیماری ۱/۶ و ۲/۱ درصد دارای تاثیر آماری یکسان در کنترل بیماری بودند و در یک گروه آماری (گروه e) قرار گرفتند. این تیمارها به ترتیب میانگین شدت بیماری را ۹۵/۴ و ۹۴/۱ درصد نسبت به شاهد بدون محلول‌پاشی کاهش دادند. در ارزیابی چهارم که ۱۰ روز بعد از سم‌پاشی سوم انجام گرفت، تیمارها رفتاری مشابه ارزیابی سوم داشتند به طوری که پلی‌سولفید کلسیم با غلظت‌های ۱ و ۲ در هزار با میانگین شدت بیماری ۴۷/۱ و ۲۶/۶ درصد و اثربخشی ۱۴/۳ و ۵۱/۷ درصد به ترتیب در گروه‌های آماری b و c قرار گرفتند. در این ارزیابی پلی‌سولفید کلسیم با غلظت ۳ و ۴ در هزار به ترتیب با میانگین شدت بیماری ۱۰/۲ و ۹/۹ درصد دارای تاثیر آماری یکسان بوده و در گروه آماری d قرار گرفتند. این تیمارها به ترتیب میانگین شدت بیماری را ۸۱/۵ و ۸۱/۹ درصد نسبت به شاهد بدون محلول‌پاشی کاهش دادند در حالی که پلی‌سولفید کلسیم با غلظت ۵ در هزار با میانگین شدت بیماری ۷/۷ درصد و اثربخشی ۸۶/۰ درصد در گروه آماری بینابین de قرار گرفت. قارچ‌کش‌های دومارک و فلینت نیز به ترتیب با میانگین بیماری ۴/۳ و ۴/۷ درصد دارای تاثیر آماری یکسان در کنترل بیماری بودند و در یک گروه آماری (گروه e) قرار گرفتند. این تیمارها به ترتیب میانگین شدت بیماری را ۹۲/۲ و ۹۱/۴ درصد نسبت به شاهد بدون محلول‌پاشی کاهش دادند. در ارزیابی پنجم که ۱۴ روز بعد از سم‌پاشی چهارم انجام گرفت، پلی‌سولفید کلسیم با غلظت‌های ۱ و ۲ در هزار با میانگین شدت بیماری ۵۵/۹ و ۳۳/۶ درصد و اثربخشی ۱۸/۰ و ۵۰/۷ درصد به ترتیب در گروه‌های آماری b و c قرار گرفتند. در این ارزیابی پلی‌سولفید کلسیم با غلظت‌های ۳، ۴ و ۵ در هزار به همراه قارچ‌کش‌های دومارک و فلینت به ترتیب با میانگین بیماری ۱۴/۱، ۱۱/۴، ۱۱/۷، ۹/۹ و ۱۰/۶ درصد دارای تاثیر آماری یکسان در کنترل بیماری بودند و در یک گروه آماری (گروه d) قرار گرفتند. این تیمارها به ترتیب میانگین شدت بیماری را ۷۹/۳، ۸۳/۳، ۸۲/۷، ۸۵/۴ و ۸۴/۴ درصد نسبت به شاهد بدون محلول‌پاشی کاهش دادند. در ارزیابی مقادیر مساحت زیر منحنی پیشرفت بیماری (AUDPC) و توسعه روزانه آن (DDAUDPC) که تاثیر تیمارها را در یک دوره ۳۶ روزه از مشاهده اولین علائم بیماری تا توسعه حداکثری آن در تیمار شاهد بدون محلول‌پاشی و نیز مقدار توسعه بیماری را در هر روز نشان می‌دهد، پلی‌سولفید کلسیم با غلظت‌های ۱، ۲ و ۳ در هزار به ترتیب سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری را ۱۵/۶، ۴۸/۷ و ۷۴/۰ درصد نسبت به شاهد بدون محلول‌پاشی کاهش داده و به ترتیب در گروه‌های آماری b، c و d قرار گرفتند. در این ارزیابی غلظت‌های ۴ و ۵ در هزار پلی‌سولفید کلسیم همراه با قارچ‌کش‌های مرجع دومارک و فلینت به

ترتیب سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری را $۸۲/۰$ ، $۸۴/۵$ ، $۸۹/۴$ و $۸۹/۲$ درصد نسبت به شاهد بدون محلول پاشی کاهش دادند و همگی در یک گروه آماری (گروه e) قرار گرفتند (جدول ۸ و ۹).

جدول ۷. تجزیه واریانس درصد شدت بیماری سفیدک پودری خیار در نوبت‌های مختلف ارزیابی و درصد توسعه سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (AUDPC) در آزمایش پیشوا

AUDPC	نوبت‌های ارزیابی											df	منبع تغییرات	
	پنجم		چهارم		سوم		دوم		اول					
	F	MS	F	MS	F	MS	F	MS	F	MS				
	۳/۰۳ ^{ns}	۲۵۰۸۰۳۷۳	۲/۱۶ ^{ns}	۱۴/۹۹	۱/۱۸ ^{ns}	۹/۴	۱/۲۳ ^{ns}	۳/۹	۴/۴۳*	۳/۶	۰/۱۹ ^{ns}	۰/۰۸	۳	بلوک
	۱۸۶/۰۳**	۱۵۴۱۲۸۹۷۸۵	۳۱۱/۱**	۲۱۵۴/۶	۲۰۳/۳**	۶۱۵/۹	۲۳۳/۵**	۷۳۵/۳	۵۸/۹**	۴۷/۷	۰/۲۳ ^{ns}	۰/۱۱	۷	تیمار
	-	۸۲۸۵۳۳۲	-	۶/۹۳	-	۷/۹۵	-	۳/۱۵	-	۰/۸۰	-	۰/۴۶	۲۱	اشتباه
	۱۳/۰۶		۹/۷۷		۱۳/۶۲		۱۳/۷۷		۲۲/۵۸		۱۰۵/۹۹			ضریب تغییرات %

**اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ وجود دارد.

ns اختلاف معنی‌دار وجود ندارد.

جدول ۸. مقایسه میانگین درصد شدت بیماری سفیدک پودری خیار در نوبت‌های مختلف ارزیابی، مقادیر AUDPC و DDAUDPC و گروه‌بندی آن‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در آزمایش پیشوا

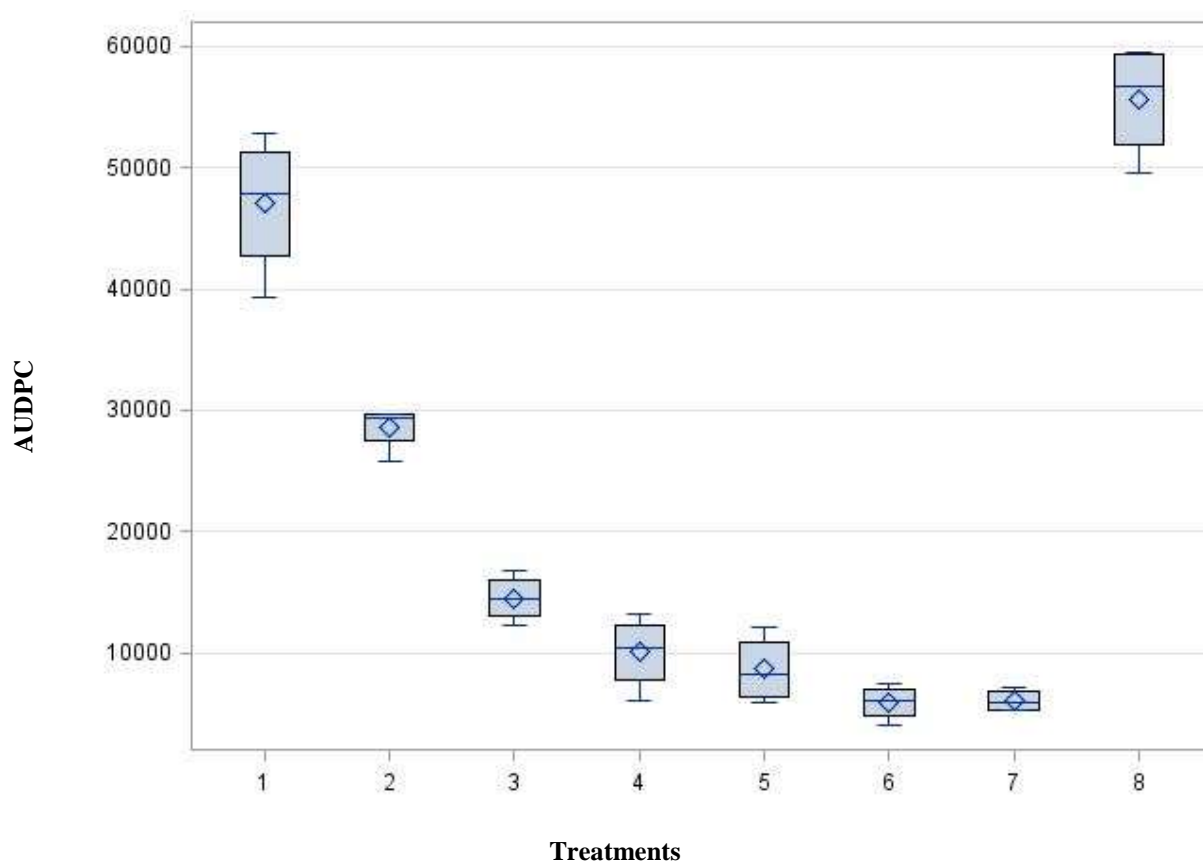
درصد میانگین تیمارها و گروه‌بندی آن‌ها*													تیمار	
DDAUDPC	AUDPC	ارزیابی پنجم		ارزیابی چهارم		ارزیابی سوم		ارزیابی دوم		ارزیابی اول				
۱۳۰۶	b	۴۷۰۰۹	b	۵۵/۹	b	۴۷/۱	b	۳۲/۲	b	۷/۷۵	b	۰/۹۷	a	پلی سولفید کلسیم با غلظت ۱ درهزار
۷۹۴	c	۲۸۵۷۰	c	۳۳/۶	c	۲۶/۶	c	۱۵/۵	c	۵/۶۲	c	۰/۵۴	a	پلی سولفید کلسیم با غلظت ۲ درهزار
۴۰۲	d	۱۴۴۷۶	d	۱۴/۱	d	۱۰/۲	d	۶/۹۴	d	۲/۹۴	d	۰/۵۴	a	پلی سولفید کلسیم با غلظت ۳ درهزار
۲۷۹	e	۱۰۰۴۱	e	۱۱/۴	d	۹/۹۴	d	۵/۳۷	d	۱/۶۹	de	۰/۶۰	a	پلی سولفید کلسیم با غلظت ۴ درهزار
۲۴۰	e	۸۶۲۸	e	۱۱/۷	d	۷/۶۹	de	۴/۲۵	de	۱/۳۷	de	۰/۷۲	a	پلی سولفید کلسیم با غلظت ۵ درهزار
۱۶۳	e	۵۸۷۵	e	۹/۹۴	d	۴/۳۱	e	۱/۶۲	e	۱/۱۹	e	۰/۵۴	a	دومارک با دوز ۰/۴ درهزار**
۱۶۷	e	۶۰۰۵	e	۱۰/۶	d	۴/۷۵	e	۲/۰۶	e	۱/۱۹	e	۰/۴۷	a	فلینت با غلظت ۰/۲ درهزار**
۱۵۴۷	a	۵۵۶۸۱	a	۶۸/۱	a	۵۵/۰	a	۳۵/۱	a	۱۰/۱۲	a	۰/۷۲	a	شاهد بدون محلول پاشی

* میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی‌داری ندارند (آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد)، ** به‌عنوان قارچ کش مرجع

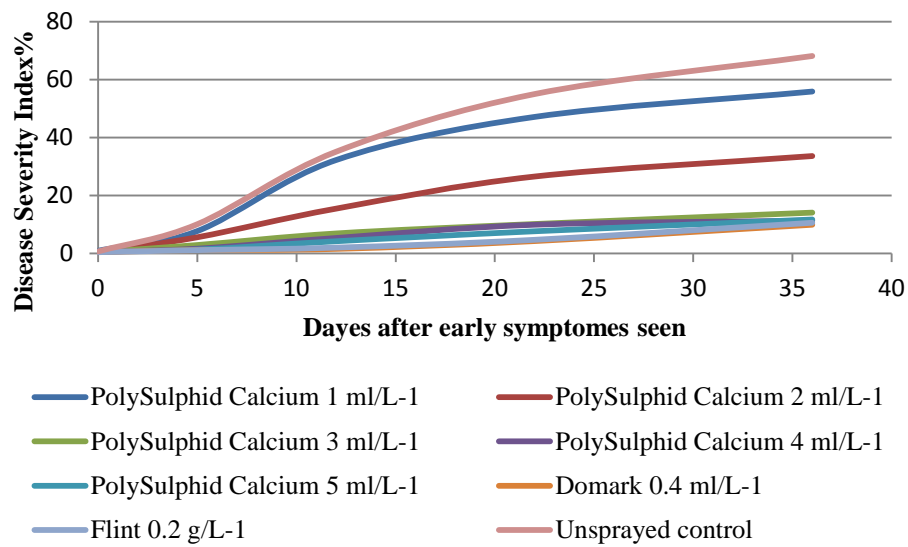
جدول ۹. اثربخشی تیمارها در نوبت‌های مختلف ارزیابی و مقادیر AUDPC نسبت به شاهد بدون محلول‌پاشی در آزمایش پیشوا

AUDPC	نوبت‌های ارزیابی				تیمار
	پنجم	چهارم	سوم	دوم	
۱۵/۶	۱۸/۰	۱۴/۳	۸/۲	۲۳/۴	پلی‌سولفید کلسیم با غلظت ۱ در هزار
۴۸/۷	۵۰/۷	۵۱/۷	۵۵/۹	۴۴/۵	پلی‌سولفید کلسیم با غلظت ۲ در هزار
۷۴/۰	۷۹/۳	۸۱/۵	۸۰/۲	۷۰/۹	پلی‌سولفید کلسیم با غلظت ۳ در هزار
۸۲/۰	۸۳/۳	۸۱/۹	۸۴/۷	۸۳/۳	پلی‌سولفید کلسیم با غلظت ۴ در هزار
۸۴/۵	۸۲/۷	۸۶/۰	۸۷/۹	۸۶/۵	پلی‌سولفید کلسیم با غلظت ۵ در هزار
۸۹/۴	۸۵/۴	۹۲/۲	۹۵/۴	۸۸/۲	دومارک با دوز ۰/۴ در هزار**
۸۹/۲	۸۴/۴	۹۱/۴	۹۴/۱	۸۸/۲	فلینت با غلظت ۰/۲ در هزار**

** به‌عنوان قارچ کش مرجع



شکل ۳. مساحت زیر منحنی پیشرفت بیماری در یک دوره ۳۶ روزه از مشاهده اولین علائم بیماری و شروع سم‌پاشی‌ها تا وقوع حداکثر شدت بیماری در تیمار شاهد بدون محلول‌پاشی در آزمایش پیشوا، تیمارها: ۱- پلی‌سولفید کلسیم با غلظت ۱ در هزار ، ۲- پلی‌سولفید کلسیم با غلظت ۲ در هزار ، ۳- پلی‌سولفید کلسیم با غلظت ۳ در هزار ، ۴- پلی‌سولفید کلسیم با غلظت ۴ در هزار ۵- پلی‌سولفید کلسیم با غلظت ۵ در هزار، ۶- دومارک ۰/۴ در هزار، ۷- فلینت ۰/۲ در هزار، ۸- شاهد بدون محلول‌پاشی



شکل ۴. منحنی پیشرفت بیماری سفیدک پودری خیار در یک دوره ۳۶ روزه از مشاهده اولین علائم بیماری و شروع سم‌پاشی‌ها تا وقوع حداکثر شدت بیماری در تیمار شاهد بدون محلول‌پاشی در آزمایش پیشوا

بحث

بیماری سفیدک پودری از بیماری‌های مهم خیار در اکثر مناطق کشور محسوب می‌شود، به طوری که در هر دو محل اجرای آزمایش، آلودگی گسترده به این بیماری در گلخانه‌ها مشاهده گردید. جداول مقایسه میانگین در دو مکان اجرا نشان داد که در تحقیق حاضر در آغاز محلول‌پاشی‌ها با شروع علائم اولیه بیماری سفیدک پودری، آلودگی یکنواختی در کرت‌های آزمایشی در هر دو منطقه اجرا وجود داشته است. در آزمایش‌های ورامین و پیشوا در استان تهران، مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در ارزیابی‌های دوم، سوم، چهارم و پنجم که تأثیر تیمارها را در فواصل محلول‌پاشی ۵، ۷، ۱۰ و ۱۴ روزه نشان می‌دهند و نیز مقایسه میانگین‌های مساحت زیر منحنی پیشرفت بیماری، نشان داد پلی‌سولفید کلسیم در پیش‌گیری از بیماری سفیدک پودری خیار موثر است و غلظت ۳ تا ۴ در هزار آن غلظتی مطمئن برای استفاده در فواصل محلول‌پاشی ۷ تا ۱۴ روزه است.

پلی‌سولفید کلسیم از طرف شرکت اکسیر صنعت سبز اندیش بصورت سوسپانسیون غلیظ با پایه آب و به عنوان قارچ‌کش برای استفاده در مدیریت بیماری سفیدک‌های پودری تولید شده است. سهولت دسترسی و روش‌های آماده‌سازی و نیز ارجحیت‌های اقتصادی، پلی‌سولفید کلسیم را به عنوان یک ماده شیمیایی غیر آلی مفید برای استفاده در کشاورزی و صنایع تبدیل کرده است. بعلاوه قابلیت سم‌زدایی پلی‌سولفید کلسیم از محیط زیست آن را به ماده‌ای دوستدار محیط زیست تبدیل نموده است (Dahlawi and Siddiqui, 2017). پلی‌سولفید کلسیم ۲۹٪ تحت نام تجاری TIGER-90 Xtra بعنوان قارچ‌کش به بازار عرضه شده است. مطالعات (Gadoury *et al.*, 1994) نشان داد که استفاده از پلی‌سولفید کلسیم سبب مرگ ۶۶-۷۲ درصدی آسکوسپوره‌های خارج شده از کلیستوتسیوم قارچ *Burrill Uncinula necator* (Schwein.) عامل بیماری سفیدک پودری انگور می‌شود. در تحقیق دیگری پلی‌سولفید کلسیم در کنترل بیماری سفیدک پودری روی درخت زینتی توری (Crape myrtle) با نام علمی *Lagerstroemia indica* با عامل بیمارگر *Erysiphe lagerstroemiae* E. West موثر معرفی شده است (West, 1933). هاشیوکو و موریهاشی در مطالعات خود در ژاپن استفاده از پلی‌سولفید کلسیم را در کنترل بیماری سفیدک پودری غلات موثر معرفی کرده‌اند (Hashioka and Morihashi, 1952). بررسی منابع نشان می‌دهند که استفاده از پلی‌سولفید کلسیم سابقه‌ای دیرینه در مدیریت سفیدک‌های پودری در دنیا دارد. نتایج تحقیق حاضر نیز که کارایی پلی‌سولفید کلسیم را در کنترل و پیش‌گیری از بیماری سفیدک پودری خیار تایید می‌کند در انطباق با نتایج سایر محققین است.

یکی از نکات مهمی که باید در استفاده از قارچ‌کش‌ها در مدیریت بیماری‌ها به‌خصوص سفیدک‌های پودری در نظر گرفت، محلول‌پاشی به‌موقع با قارچ‌کش‌های مؤثر برای نیل به اثرات کنترل‌کنندگی حداکثری قارچ‌کش مورد استفاده است. این مسئله در خصوص پلی‌سولفید کلسیم با توجه به نقش محافظتی آن می‌تواند بسیار مهم باشد.

منحنی‌های مربوط به تیمارها در هر دو آزمایش ورامین و پیشوا نشان می‌دهند که شروع سم‌پاشی‌ها زمانی آغاز شده است که بیماری در مراحل آغازین خود بوده است. روند پیشرفت بیماری نشان می‌دهد که غلظت‌های ۳، ۴، و ۵ در هزار پلی‌سولفید کلسیم به عنوان قارچ‌کش هدف همراه با قارچ‌کش‌های مرجع دارای روند ثابت و نزدیک به هم در طول بازه زمانی مشاهده اولین علائم بیماری تا وقوع حداکثری شدت بیماری در تیمار شاهد بدون محلول‌پاشی هستند (شکل ۴). این روند نشان می‌دهد چنانچه زمان آغاز محلول‌پاشی با قارچ‌کش‌های مؤثر، متکی بر اطلاعات پیش‌آگاهی بیماری و رصد دقیق بیماری باشد، غلظت‌های ۳ و ۴ در هزار پلی‌سولفید کلسیم کنترل کاملی از بیماری را در بازه زمانی مشاهده اولین علائم بیماری تا توسعه حداکثری شدت بیماری در تیمار شاهد بدون محلول‌پاشی فراهم خواهند ساخت.

نتیجه‌گیری نهایی:

نتایج حاصل از اجرای پروژه نشان داد که استفاده پلی‌سولفید کلسیم با غلظت ۳ تا ۴ در هزار برای فواصل سم‌پاشی ۷ تا ۱۴ روز، کنترل مناسبی از بیماری سفیدک پودری خیار را به همراه دارد. همچنین نتایج اجرای پروژه نشان داد که قارچ‌کش تری‌فلوکسی استروبین (فلینت®) و تتراکونازول (دومارک®) که در گروه‌بندی کمیته گروه‌بندی قارچ‌کش‌ها (FRAC) به ترتیب در گروه ۱۱ (با ریسک بالا در پیدایش جمعیت‌های مقاوم) و گروه ۳ (با ریسک متوسط در پیدایش جمعیت‌های مقاوم) قرار دارند، پس از گذشت چندین سال از استفاده از آنها در کنترل بیماری سفیدک پودری کدوئیان در کشور و به‌خصوص در مناطق اجرای آزمایشات این تحقیق، هنوز کارایی بالا در کنترل بیماری را دارند. با توجه به سوابق گزارش مقاومت بیمارگران سفیدک پودری به‌خصوص نسبت به قارچ‌کش تری‌فلوکسی استروبین (فلینت®) در دنیا و در کوتاه مدت، عدم مشاهده مقاومت به این قارچ‌کش در عوامل مولد سفیدک پودری کدوئیان را می‌توان به عدم تولیدمثل جنسی این بیمارگرها در این مناطق، ثبت غلظت مناسب و تأکید بر عدم استفاده بیش از یک نوبت در یک فصل زراعی نسبت داد.

پیشنهادها:

۱- بیماری سفیدک پودری خیار همواره در کشت‌های مزرعه‌ای و گلخانه‌ای شیوع می‌یابد. لذا توصیه می‌شود در زمان شروع گلدهی با بازدیدهای مرتب از مزارع با مشاهده اولین علائم بیماری محلول‌پاشی مزارع را با قارچ‌کش‌های ثبت

شده در کشور و با مقدار مصرف توصیه شده به صورت متناوب انجام و حسب سرعت گسترش بیماری هر ۷ الی ۱۴ روز تا توقف گسترش بیماری تکرار کرد.

۲- از پلی سولفید کلسیم در مدیریت بیماری سفیدک پودری خیار و سایر گیاهان جالیزی با غلظت ۳ تا ۴ در هزار در فواصل سم پاشی ۷ الی ۱۴ روز استفاده شود.

۳- چنانچه فرصت محلول پاشی در مراحل آغازین بیماری فراهم نشود و سم پاشی زمانی آغاز شود که بیماری مراحل استیلا را گذرانده باشد، در سم پاشی اول از قارچ کش های آلی ثبت شده در کشور استفاده و در نوبت های بعدی سم- پاشی از پلی سولفید کلسیم با غلظت توصیه شده استفاده شود.

۴- برای اخذ نتیجه مطلوب در مدیریت بیماری سفیدک پودری خیار، حداقل انجام چهار نوبت سم پاشی با قارچ کش های مؤثر به صورت متناوب توصیه می شود.

۵- با توجه به ضرورت تکرار سم پاشی در نوبت های متعدد در مدیریت بیماری سفیدک پودری گیاهان جالیزی، برای کاهش مصرف قارچ کش های آلی، در ارائه برنامه های سم پاشی تلفیق قارچ کش های آلی با قارچ کش های سالم ثبت شده در کشور از ترکیبات معدنی و بیولوژیک مثل پلی سولفید کلسیم، بیکربنات پتاسیم و میلدیو کیور (CG3) که بر پایه مواد گیاهی است مهم بوده و به تولید سالم تر این محصولات کمک خواهد کرد.

۶- تاکید به هشدار در لیبل قارچ کش مبنی بر ممنوعیت استفاده از هر گونه آفت کش با فرمولاسیون SC به مدت ۵ روز بعد از آخرین محلول پاشی با پلی سولفید کلسیم به منظور اجتناب از بروز گیاهسوزی ضروری است.

۷- نتایج حاصل از انجام این آزمایشات علاوه بر خیار برای سایر کدوئیان در گلخانه و فضای باز قابل تعمیم است.

- Anonymous. 2019.** List of countries by cucumber production. From Wikipedia, the free encyclopedia, Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_cucumber_production[Accessed on March 14, 2020]
- Azimi, H.** 2014. Effect of chlorothalonil and famoxadone + cymoxanil in control of early blight disease of tomato under field conditions. *Applied Research in Plant Protection* 3 (1): 35-48. (in Persian with English abstract)
- Azimi H.** 2012. Effect of kresoxim methyl and tetraconazole fungicides in combination with potassium bicarbonate for controlling powdery mildew disease of cucurbits under greenhouse conditions. *Applied Research in Plant Protection* 1 (1): 57-65. (in Persian with English abstract)
- Azimi H., Safaei D., Fagihi M.** 2008a. Effects of Stroby on powdery mildew of cucurbits. *Proceeding of 18th Iranian Plant Protection Congress*. 24-27 August. Vol. 2, P. 266.
- Azimi H., and Shakeri M.** 2010. Investigation on effects of some new fungicides on cucumber powdery mildew. *Proceeding of 19th Iranian Plant Protection Congress* 31 July-3 August 2010. Vol. 2, P. 879.
- Azimi H., Shakeri M., and Safaei D.** 2008b. Effects of Bicarbonate-potassium and spraying intervals on powdery mildew of cucurbits. *Proceeding of 18th Iranian Plant Protection Congress*. 24-27 August. Vol. 2, P. 275.
- Babai Ahari, A., Khoshkalam, N. and Valizadeh, M.** 2012. Identification of cucumber powdery mildew agents and determination of their race in East Azarbaijan province. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*, 35 (1): 55-68. (in Persian with English abstract)
- Behdad, E.** 1980. *Field crop disease of Iran*. Neshat ed. Esfahan, 424 pp. (In Persian).
- Bélanger, R., and Labbe, C. 2002.** Control of powdery mildew without chemicals: prophylactic & biological alternatives for horticultural crops. pp. 256-267. In: Belanger, R., Bushnell, W.R., Dik, A.J., Carver, T.L.W. (eds.) *The Powdery Mildews*. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, USA.
- Borgwardt, R. H., Roache, N. F. and Bruce, K. R. 1984.** Surface area of calcium oxide and kinetics of calcium sulfide formation, *Environmental Progress* 3 (2): 129-135.
- Braun, U. Cook, T.A., Inman, A.J., and Shin, H. D.** 2002. The taxonomy of the powdery mildew fungi. In: Bélanger RR, Bushnell WR, Dik AJ, Carver TLW, eds. *The Powdery Mildews: A Comprehensive Treatise*. St. Paul, MN, USA: APS Press, 13–55.
- Campbell, C. L. and Madden, L. V.** 1990. *Introduction to Plant Disease Epidemiology*. John Wiley & Sons. New York. USA. 532 pp.
- Dahlawi, S. M. and Siddiqui, S. 2017.** Calcium polysulphide, its applications and emerging risk of environmental pollution. *Environmental Science and Pollution Research* 24: 92-102.
- Dik, A., and Albajes, R. 1999.** Principles of epidemiology, population biology, damage relationships & integrated control of diseases & pests. pp. 69-81. In: Albajes, R., Gullino, L., van Lenteren, J., Elad, Y. (eds.) *Integrated pest and disease management in greenhouse crops*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands.
- Esfandiari, E.** 1947. *Field crop and fruit trees diseases in subtropical regions of north of Iran*. Pest and disease research institute (ed.) 5: 1-21. (in Persian)
- Gadoury, D. M., Pearson, R. C., Riegel, D. G., Seem, R. C., Becker, C. M. and Pscheidt, J. W. 1994.** Reduction of powdery mildew and other diseases by over-the-trellis applications of lime sulfur to dormant grapevines. *Plant Disease* 78 (1): 83-87.
- Hashioka, Y. and Morihashi, T. 1952.** Application of Dithane Z-78 to the Rusts and. Powdery Mildew of Cereals. *Contri. Hokuriku agric. Exp. Stn.* 7 pp.
- Hector, G., Palenius, N., Hopkins D. and Daniel, J. C.** 2006. Powdery mildew of Cucurbits in Florida. U.S.A Department of Agriculture, Cooperative Extension Service, University of Florida, IFAS, Florida A. & M. University Cooperative Extension Program, & Boards of County Commissioners Cooperating.

- Horsfall, J. G. and Barratt, R. W. 1945.** An improved grading system for measuring plant Disease. *Phytopathology* 35: 655. (Abstract)
- Jahn, M., Munger, H. M., and McCreight, J. D. 2002.** Breeding Cucurbit Crops for Powdery Mildew Resistance. pp. 239-248. In: Bélanger, R., Bushnell, W.R., Dik, A.J., Carver, T.L.W. (eds.) *The Powdery Mildews*. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, USA.
- Jamali-Zavareh, A. H., Shafifi-Tehrani, A., Hedjaroude, G. H. A., Zad, J., Mohammadi, M. and Talebi-Jahromi, KH. 2004.** Investigation on the effectiveness of Acibenzolar-S-methyl for the control of cucumber powdery mildew. *Iranian Journal of Agricultural Science*. 35(2): 285–292 (in Persian with English summary).
- Jarvis, W. R., Gubler, W. D. and Grove, G. G. 2002.** Epidemiology of powdery mildews in agricultural pathosystems. In: Bélanger, R.R., Bushnell, W.R., Dik, A. J., Carver, T. L. W. eds. *The Powdery Mildews: A Comprehensive Treatise*. St. Paul, MN, USA: APS, Press, 169–99.
- Klein, C. and Hurlbut, C. S. 1985.** *Manual of mineralogy* (20th edn.), John Wiley, pp. 352–353, ISBN 0–471–80580-7
- Knauf, A., Hartmann, P., Schmidt, A. and Wirsching, F. 1973.** Process for treating plaster of paris. US patent Publication number: US3770468 A, Washington DC.
- Kriskova, E. and Sedlakova B. 2009.** Species spectra, distribution and host range of cucurbit powdery mildews in Czech Republic, and in some other European and Middle Eastern contries. *Phytoparasitica*, 37: 337-350.
- Larson, B. C., Mossler, M. A. and Nesheim, O. N. 2014.** Florida Crop/Pest Management Profiles: Cucumbers. Electronic Data Information Source of UF/IFAS Extension (EDIS), CIR 1255. Available from URL: <http://edis.ifas.ufl.edu/>. (Accessed 26-October-2014).
- Levchenko, L. M., Galitskii, A. A., Kosenko, V. V., Sagidullin, A. K. 2015.** Development of semi-industrial synthesis of calcium polysulfide solution and determination of the content of sulfide ions in solution. *Russian J. Appl. Chem* 88 (9): 1403–1408
- McGrath, M.T. 1997.** Powdery Mildew of Cucurbits Fact Sheet Page Department of Plant Pathology, Long Island Horticultural Research and Extension Center, Cornell University. Pp. 730-732.
- McGrath, M.T. 2005a.** Guidelines for Managing Cucurbit Powdery Mildew with Fungicides. Department of Plant Pathology, Cornell University. Long Island Horticultural Research and Extension Center, Riverhead, USA. http://vegetablemdonline.ppath.cornell.edu/NewsArticles/Cuc_PM_Update.htm [Accessed on 14 February 2015].
- McGrath, M.T. 2005b.** Botanical oils and other products for managing powdery mildew in organically-produced cucurbits. *Phytopathology* 95 S 6 (Abstract).
- McGrath, M.T., and Zitter, A. 2000.** Guidelines for Managing Powdery Mildew and Other Diseases of Cucurbits. Department of Plant Pathology, Long Island Horticultural Research and Extension Center, Cornell University, Riverhead, USA. <http://vegetablemdonline.ppath.cornell.edu/NewsArticles/PMCucurbits.htm> [Accessed on 14 February 2015].
- Mossler, M.A., and Nesheim, O.N. 2005.** Florida Crop/Pest Management Profile: Squash Electronic Data Information Source of UF/IFAS Extension (EDIS). CIR 1265. <http://edis.ifas.ufl.edu/pi046> [Accessed on 14 February 2015].
- Robinson, R. W. and Decker-Walters, D. S. 1997.** Cucurbits. CAB International, NY. Page 226. [accessed on January 24, 2020]
- Tatlioglu, T. 1993.** Cucumbers, Genetic Improvement of Vegetable Crops. in Kalloo, G. and Bergh, B. O. eds. Pergamon Press, New South Wales, Australia.
- West, E. 1933.** Powdery mildew of Crape Myrtle caused by *Erysiphe lagerstroemiae*, n.sp. *Phytopathology* 23 (10): 814-819.

Zohary, D., Hopf, M. and Weiss, E. 2012. Domestication of Plants in the Old World. Published to Oxford Scholarship Online: May 2015. DOI:10.1093/acprof:osobl/9780199549061.001.0001 [accessed on January 24, 2020]

Abstract

To study the efficacy of calcium polysulphide SC produced by ESSA to control of cucumber powdery mildew disease caused by *Golovinomyces cichoracearum*, experiments were carried out in Varamin and Pishva of Tehran province in a Randomized Complete Block Design (RCBD) with 8 treatments and 4 replications under glasshouse conditions. Treatments included 1, 2, 3, 4 and 5 ml/L⁻¹ of calcium polysulphide as target fungicide, tetraconazole EC 10% (Domark[®] 0.4 ml/L⁻¹ and trifloxystrobin WG 50% (Flint) 0.2 g/L⁻¹ as standard fungicides along with unspraying control. Foliar applications of treatments started once after early symptoms appearance and followed up at 5-10 days intervals until symptoms expressed in untreated plants in a maximum level due to Horsfall and Barrat scale (group 7). The results were expressed before each spraying and 14 days after last spraying as the Disease Severity Index (DSI) for each plant, labeled as randomized, based on Percentage of Foliage Covered by Disease (PFCD). Disease severity was classified from 0-7 using the Horsfall and Barrat scale. Mid-point of disease severity calculated using the Horsfall and Barrat scale for each plant. Development of the Area Under the Disease Progressive Curve (AUDPC) and Daily Development of the Area Under the Disease Progressive Curve (DDAUDPC) calculated by using all samplings data at disease cycle period. Samplings data, were analyzed by SAS software, and means were compared using Duncan's Multiple Range Test ($P = 5\%$). As the analysis of variance (ANOVA) indicated significant difference resulted from interaction between fungicide treatments and locations, so the analysis of variance (ANOVA) made for each location as a separate case too. The analysis of variance (ANOVA) resulted to significant difference between treatments at 2nd, 3rd, 4th, 5th samplings and AUDPC in both locations. In Varamin trial, comparison of the efficacy of treatments based on AUDPC which displays cumulative percentage of disease during a 36 days period, revealed that calcium polysulphide 1 and 2 ml/L⁻¹ by the 44.7 and 50% decreasing the AUDPC due to unsprayed control respectively, and located at the b statistical group. This comparison also revealed that calcium polysulphide 3, 4 and 5 ml/L⁻¹ by the 70, 73.9 and 87.5% decreasing the AUDPC due to unsprayed control respectively, and located at the c, cd and d statistical groups respectively. In this comparison Domark[®] and Flint[®] by the 89 and 87.5% decreasing the AUDPC due to unsprayed control respectively, and located at the e statistical group. Comparison of the efficacy of treatments based on AUDPC in Pishva showed that, calcium polysulphide 1, 2 and 3 ml/L⁻¹ decreased AUDPC as 15.6, 48.7 and 74% due to unsprayed control and located at b, c and d statistical groups respectively. This comparison also revealed that calcium polysulphide 4 and 5 ml/L⁻¹ along with Domark[®] and Flint[®] by the 82, 84.5, 89.4 and 89.2 decreasing the AUDPC due to unsprayed control respectively, and located at the same statistical group (e). Based on the results gained from this research in both locations, the doses 3 and 4 ml/L⁻¹ of calcium polysulphide are the most trusted dose recommended for 7 to 14-days intervals to control cucumber powdery mildew disease.

Keywords: calcium, chemical control, cucurbit, powdery mildew, sulphide, tetraconazole, trifloxystrobin

**Ministry of jihad-e- Agriculture
Agriculture Research and Education Organization
Iranian Research Institute of Plant Protection**

Title: Evaluation of the efficacy calcium polysulphide SC against *Golovinomyces cichoracearum*, causal agent of cucumber powdery mildew disease

Author: Hossein Azimi

Responsible conductors: Hossein Azimi

Other conductors: Hossein Azimi

Colleagues: Najibeh Mohamadi Rahnama

Experiment sites: Tehran (Varamin and Pishva)

Starting Date: April 2010

Experiment Duration: 1 year

Publisher: Iranian Research Institute of Plant Protection, Tehran

Number of copies: 30

Date of publication: 2020

**Ministry of Jihad-e- Agriculture
Agriculture Research, Education and Extension Organization
Iranian Research Institute of Plant Protection**

**Technical Report of Research Proposal
(Special)**

**Evaluation of the efficacy calcium polysulphide SC
against *Golovinomyces cichoracearum*, causal agent of
cucumber powdery mildew disease**

By:

Hossein Azimi

2020

Registered No:

Ministry of Jihad-e- Agriculture
Agriculture Research, Education and Extension Organization

Technical Report of Research Proposal
(Special)

Evaluation of the efficacy calcium polysulphide SC
against *Golovinomyces cichoracearum*, causal agent of
cucumber powdery mildew disease

Hossein Azimi

2020

