بررسی کارآیی قارچ‌کش فلوکساپیروکساد (SC, 26.5%) در مدیریت بیماری سفیدک پودری مو

بنفشه صفایی فراهانی*[۱]، محمود رضا کریمی شهری[۲]، اعظم شکاری اسفهلان[۳]، حسین خبازجلفائی[۳]

۱. بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران. ۲. بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران. ۳. بخش تحقیقات بیماری‌های گیاهان، موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۷

چکیده:

بیماری سفیدک پودری مو ناشی از قارچ *Erysiphe necator* Schwein، یکی از مهم‌ترین بیماری‌های مو در ایران است. در این پژوهش کارآیی قارچ‌کش جدید سرکادیس® (فلوکساپیروکساد؛ ٪۲۶/۵ ,SC) با دوزهای ۰/۱، ۰/۱۵ و ۰/۳ در هزار در مقایسه با قارچ‌کش‌های بلکیوت® (ایمینوکتادین تریس؛ ٪۴۰ ,WP)، توپاس® (پنکونازول؛ ٪۲۰ ,EW)، استروبی® (کرزوکسیم-متیل؛ ٪۵۰ ,WG) و سولفور (گوگرد؛ ٪۸۰ ,SC) در کنترل بیماری سفیدک پودری مو بررسی شد. آزمایش در سال ۱۳۹۸ در استان‌های خراسان رضوی و فارس اجرا شد. در هر استان، یک باغ انگور با رقم عسگری دارای سابقه‌ی بیماری انتخاب و آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با نه تیمار و هر تیمار مشتمل بر چهار تکرار انجام شد. هر تکرار شامل یک درختچه انگور بارور شش ساله بود. سم‌پاشی در چهار نوبت انجام شد. زمان اولین سم‌پاشی مصادف با تورم جوانه‌ها بود. سم‌پاشی دوم مصادف با ریزش گل‌های خوشه‌ی انگور، سم‌پاشی سوم در مرحله تشکیل غوره و سم‌پاشی چهارم در مرحله‌ی ترش و شیرین شدن میوه‌ی انگور انجام شد. پانزده روز پس از سم‌پاشی چهارم، برای ارزیابی تأثیر تیمارها از هر درخت ۱۰۰ برگ و هشت خوشه به‌طور تصادفی انتخاب و به آزمایشگاه منتقل شد. پس از محاسبه‌ی میزان درصد وقوع و درصد شدت بیماری، مقادیر مربوطه در برنامه آماری SAS تجزیه آماری (واریانس و مقایسه میانگین) شد. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین تیمارها در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشته و قارچ‌کش سرکادیس® با دوز ۰/۱۵ و ۰/۳ در هزار به ترتیب با کاهش حداقل ۷۲/۷۹ و ۸۲/۹۱ درصد در شدت سفیدک پودری روی برگ و میوه‌ی مو نسبت به شاهد می‌تواند به طور کارآمدی برای مدیریت سفیدک پودری مو در کشور مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: انگور، تاکستان، شدت بیماری، کنترل شیمیایی، وقوع بیماری.

* **مسئول مکاتبات:** بنفشه صفایی فراهانی، Banafshesafaie@gmail.com

مقدمه:

انگور یکی از مهم‌ترین محصولات باغی در ایران است که کاربردهای اقتصادی زیادی مثل تازه‌خوری، تولید کشمش، مویز، آب‌میوه و استفاده در صنایع تخمیری دارد (Rombough 2002; Dolati Baneh 2016). مطابق آمار وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۳۹۸ بیش از سه میلیون تن انگور در کشور تولید شده است. آفات و بیماری‌های مختلفی با حمله به گیاه مو سبب بروز خسارت اقتصادی و کاهش تولید انگور می‌شوند. یکی از مهم‌ترین بیماری‌های مو، سفیدک پودری ناشی از قارچ *Erysiphe necator* Schwein است که در صورت فراهم شدن شرایط محیطی مناسب، بیش از هر بیماری دیگری به مو خسارت وارد کرده و سبب کاهش کمیت و کیفیت محصول و افزایش خطر سرمازدگی می‌شود (Pearson and Gadoury, 1992; Wilcox *et al.*, 2010). اقدامات به‌باغی مانند هرس درختان و حذف شاخه‌های آلوده، آبیاری و کوددهی مناسب و پرهیز از مصرف بی‌رویه‌ی کودهای ازته در کاهش خسارت ناشی از سفیدک پودری مو مؤثر است؛ اما مدیریت بیماری در اغلب موارد نیاز به استفاده از قارچ کش دارد (Ficke *et al.*, 2002; Wilcox *et al.*, 2010). تاکنون قارچ‌کش‌های متفاوتی برای مدیریت سفیدک پودری مو در مناطق مختلف جهان به‌کار رفته است. نخستین قارچ‌کشی که برای مدیریت این بیماری توصیه شده گوگرد است (Bulit and Lafon, 1978). اگرچه گوگرد هم‌چنان در مناطق مختلف جهان استفاده می‌شود، معایبی مانند ناپایداری در شرایط محیطی نامطلوب و سوختگی گیاهان در دماهای بالا (Bulit and Lafon, 1978)، آلودگی‌های زیست‌محیطی و ایجاد حساسیت‌های تنفسی در افراد حساس (Halleen and Holz, 2001)، کاربرد آن را محدود کرده است. دینوکاپ® قارچ‌کش غیر سیستمیک دیگری است که برای مدیریت سفیدک پودری مو به‌کار می‌رود؛ اما این قارچ‌کش نیز سبب بروز سوختگی در برخی ارقام به‌ویژه در دماهای بالا می‌شود (Nel *et al.*, 1999). گسترش سموم سیستمیک، مانند بنزیمیدازول‌ها، که در دامنه دمایی وسیعی فعالیت کرده و خاصیت گیاهسوزی کم‌تری دارند تا حدودی مشکلات ناشی از کاربرد گوگرد و دینوکاپ® را کاهش داده است (Halleen and Holz, 2001). بنزیمیدازول ها مانع بیوسنتز توبولین می‌شوند (Russel, 1995). بنومیل® یکی از محبوب‌ترین قارچ‌کش‌های این گروه بود که برای مدیریت سفیدک پودری مو به کار می‌رفت (Ypema *et al.*, 1997)؛ اما بروز مقاومت به بنومیل® کاربرد این قارچ‌کش را در مناطق مختلف جهان محدود کرد (Schroeder and Provvidenti, 1969; Wicks, 1974; Pearson and Taschenberg, 1980) و در نهایت استفاده از بنومیل® در سال ۲۰۰۱ منسوخ شد (Colcol and Baudoin, 2016). قارچ‌کش‌های بازدارنده‌ی دی‌متیلاسیون[1] مانند تریازول‌ها و ایمیدازول‌ها قارچ‌کش‌هایی با ساختار شیمیایی متفاوت بودند که به عنوان قارچ‌کش‌های مؤثر در مدیریت سفیدک پودری مو معرفی شدند (Halleen and Holz, 2001; Scheinpflug and Kuck, 1987). میسلوبوتانیل[2] و تریادیمفون[3] قارچ‌کش‌هایی از گروه تریازول‌ها بودند که مانع بیوسنتز استرول می‌شدند و در دهه‌ی ۱۹۸۰ برای مدیریت سفیدک پودری مو در اروپا و آمریکا ثبت شدند (Brent and Hollomon, 1988; Köller and Scheinpflug, 1987; Tromp and Marais, 1981)؛ اما بروز مقاومت به این قارچ‌کش‌ها نیز استفاده از آن‌ها را در نقاط مختلف جهان کاهش داد (Gulber *et al.*, 1996; Ypema *et al.*, 1997; Northover and Homeyer, 2001; Gubler *et al.*, 1994). قارچ‌کش‌های QoI[4] که شامل استروبیلورین‌ها[5]

[1] demethylation inhibiting fungicides
[2] myclobutanil
[3] Triadimefon
[4] Quinone outside inhibitor
[5] strobilurins

هستند در سال ۱۹۹۶ معرفی و برای مدیریت بیماری‌های مختلف گیاهی از جمله سفیدک‌های پودری به بازار عرضه شدند (Baudoin, 2008). استروبی®، آزوکسی استروبین[1] و تری‌فلوکسی استروبین[2] از مشهورترین قارچ‌کش‌های این گروه هستند که بر علیه سفیدک پودری مو مؤثرند (Wong and Wilcox, 2002; Reddy *et al.*, 2019). نقطه اثر این قارچ‌کش‌ها سایت Qo در آنزیم سیتوکروم bc1 است (Genet *et al.*, 2006; Gisi *et al.*, 2002). جهش در این ژن سبب بروز مقاومت به این قارچ‌کش‌ها در قارچ عامل سفیدک پودری مو شده است (Baudoin, 2008; Miles *et al.*, 2012; Colcol and Baudoin, 2016; Taksonyi *et al.*, 2013).

کوینوکسیفن[3] قارچ‌کش جدیدی است که به گروه کوینولین‌ها (Quinolines) تعلق دارد و نقطه اثر آن هنوز به‌درستی شناخته نشده است اما عملکرد اختصاصی در برابر سفیدک پودری در بسیاری از محصولات دارد و از سال ۲۰۰۳ در آمریکا به‌کار می‌رود (Wheeler *et al.*, 2003; Feng *et al.*, 2018). اگرچه نحوه‌ی اثر این قارچ‌کش هنوز مشخص نیست اما مانند سایر قارچ‌کش‌هایی که یک نقطه اثر دارند، نگرانی برای بروز مقاومت به این قارچ‌کش نیز وجود داشت. نخستین گزارش از بروز مقاومت به کوینوکسیفن در قارچ عامل سفیدک پودری مو در سال ۲۰۱۸ منتشر شده است (Feng *et al.*, 2018). بروز مقاومت به قارچ‌کش‌های مختلف در عامل سفیدک پودری مو باعث شده بررسی و معرفی قارچ‌کش‌های جدید در مناطق مختلف دنیا همواره مورد توجه پژوهشگران قرار گیرد.

پژوهش‌های انجام شده در ایران نشان داده است قارچ‌کش‌های گوگرد (Karbalaei Khiavi *et al.*, 2017)، نواریمول با نام تجاری تریمیدال® (Behdad *et al.*, 1998; Ouroumchi and Callora, 2002; Kianoosh, 1383; Bakhtiari and Kalhor, 2013)، پنکونازول با نام تجاری توپاس® (Behdad *et al.*, 1998; Ouroumchi and Callora, 2002; Kianoosh, 1383; Khabaz Jolfaee *et al.*, 2018)، هگزاکونازول با نام تجاری انویل® (Karimi Shahri, 2008)، کرزوکسیم‌متیل با نام تجاری استروبی® (Ouroumchi and Callora, 2002; Bakhtiari and Kalhor, 2013)، تری‌دمورف با نام تجاری کالیکسین® (Ouroumchi and Callora, 2002)، تریفومیزول با نام تجاری تریفیمین® (KarimiShahri, 2008) و ایمنوکتادین‌تریس با نام تجاری بلکیوت® (Khabaz Jolfaee *et al.*, 2018) بیش‌ترین تأثیر را در کنترل سفیدک پودری مو در نقاط مختلف ایران داشته‌اند.

قارچ‌کش فلوکساپیروکساد با نام تجاری سرکادیس® قارچ‌کش جدیدی از گروه کربوکسامید[4] است که از طریق ممانعت از جوانه‌زنی اسپور، جلوگیری از رشد میسلیوم و جلوگیری از اسپورزایی دامنه‌ی وسیعی از قارچ‌های بیماری‌زای گیاهی را کنترل می‌کند (Anonymous, 2012; Ravikumar *et al.*, 2018). با توجه به امکان بروز مقاومت در قارچ‌کش‌های مرسوم کنترل‌کننده‌ی سفیدک پودری مو در کشور و نیاز به معرفی قارچ‌کش‌های جدید، این پژوهش با هدف بررسی کارآیی این قارچ‌کش در مدیریت سفیدک پودری مو انجام شد.

مواد و روش‌ها:

محل آزمایش: آزمایش در سال ۱۳۹۸ در دو استان خراسان رضوی (شهرستان مشهد) و فارس (شهرستان کوار) اجرا شد. در هر شهرستان یک تاکستان با رقم عسگری دارای سابقه‌ی آلودگی به سفیدک پودری مو انتخاب و آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با نه تیمار و چهار تکرار انجام شد.

[1] azoxystrobin
[2] triflixystrobin
[3] quinoxyfen
[4] Carboxamide

سرکادیس (فلوکساپیروکساد؛ ۲۶/۵٪ ,SC) با دوزهای ۰/۱، ۰/۱۵ و ۰/۳ در هزار در مقایسه با قارچ‌کش‌های بلکیوت (ایمینوکتادین‌تریس؛ ۴۰٪ ,WP)، توپاس (پنکونازول؛ ۲۰٪ ,EW)، استروبی (کرزوکسیم-متیل؛ ۵۰٪ ,WG) و سولفور (گوگرد؛ ۸۰٪ ,SC).

تیمارهای آزمایش: تیمارها شامل بلکیوت® (ایمینوکتادین‌تریس؛ ۴۰٪ ,WP) با دوز ۱ در هزار، توپاس® (پنکونازول؛ ۲۰٪ ,EW) با دوز ۰/۱۲۵ در هزار، سرکادیس® (فلوکساپیروکساد؛ ۲۶/۵٪ ,SC) با دوزهای ۰/۱، ۰/۱۵ و ۰/۳ در هزار، استروبی® (کرزوکسیم‌متیل؛ ۵۰٪ ,WG) با دوز ۰/۲ در هزار، سولفور (گوگرد؛ ۸۰٪ ,SC) با دوز ۲/۵ در هزار، شاهد با آب‌پاشی و شاهد بدون آب‌پاشی بود. هر تکرار شامل یک درختچه مو بارور شش ساله بود. بین درختچه‌های مورد آزمایش دو درختچه بدون تیمار برای جلوگیری از تأثیر تیمارها بر یکدیگر در نظر گرفته شد. زمان اولین سم‌پاشی مصادف با تورم جوانه‌ها بود. سم‌پاشی دوم مصادف با ریزش گل-های خوشه‌ی انگور، سم‌پاشی سوم در مرحله تشکیل غوره و سم‌پاشی چهارم در مرحله‌ی ترش و شیرین شدن میوه‌ی انگور انجام شد. پس از گذشت ۱۵ روز از چهارمین سم‌پاشی، از هر درخت، ۱۰۰ برگ و ۸ خوشه میوه به‌طور تصادفی انتخاب و درصد وقوع و شدت بیماری ارزیابی شد.

محاسبه‌ی درصد وقوع بیماری: درصد وقوع بیماری با استفاده از رابطه‌ی زیر محاسبه شد:

$$PDI=(\frac{nd}{N})\times100$$

در این رابطه PDI درصد وقوع بیماری در برگ و میوه، nd تعداد نمونه‌های دارای علائم بیماری و N تعداد کل نمونه‌های بررسی شده است (Wan *et al.*, 2007).

محاسبه‌ی درصد شدت بیماری: ابتدا به هر برگ، بر اساس درصد پوشش لکه روی سطح برگ نسبت به کل سطح برگ شاخصی بین صفر تا هفت بدین شرح تعلق گرفت: شاخص صفر: بدون آلودگی، شاخص یک: ۰/۱ درصد تا ۵/۰ درصد، شاخص دو: ۵/۱ درصد تا ۱۵/۰ درصد، شاخص سه: ۱۵/۱ درصد تا ۳۰/۰ درصد، شاخص چهار: ۳۰/۱ درصد تا ۴۵/۰ درصد، شاخص پنج: ۴۵/۱ درصد تا ۶۵/۰ درصد، شاخص شش: ۶۵/۱ درصد تا ۸۵/۰ درصد و شاخص هفت:۸۵/۱ درصد تا ۱۰۰ درصد (Wan *et al.*, 2007). به هر خوشه نیز بر اساس گسترش علایم بیماری، شاخصی از صفر تا سه بدین شرح تعلق گرفت: شاخص صفر: بدون آلودگی، شاخص یک: یک تا سه حبه‌ی آلوده در خوشه، شاخص دو: آلودگی تا ۲۵٪ حبه‌های خوشه، شاخص سه: آلودگی بیش از ۲۵٪ از حبه‌های خوشه. سپس درصد شدت بیماری در برگ‌ها و میوه‌ها با استفاده از رابطه‌ی زیر محاسبه شد.

$$PDS=[\frac{\Sigma(ni\times vi)}{V\times N}]\times100$$

در این رابطه PDS درصد شدت بیماری در برگ و میوه، ni تعداد نمونه‌های دارای شاخص مشابه، vi شاخص مربوط به هر نمونه، N تعداد کل نمونه‌های بررسی شده و V حداکثر شاخص است (Tromp and Marais, 1981).

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها: به‌منظور تجزیه مرکب داده‌های حاصل از دو استان، ابتدا یکنواختی واریانس‌های خطای آزمایش برای صفات مورد مطالعه مورد آزمون قرار گرفت. داده‌های درصد وقوع و درصد شدت بیماری در برگ‌ها و میوه‌ها با استفاده از برنامه آماری SAS (v. 9.1) تجزیه واریانس شد. با توجه به معنی‌دار بودن اختلاف تیمارها، میانگین تیمارها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن مورد در سطح احتمال ۱٪ مورد مقایسه قرار گرفت.

تعیین درصد اثربخشی تیمارها نسبت به شاهد: اثربخشی تیمارها نسبت به شاهد با استفاده از رابطه‌ی زیر محاسبه شد:

$$Ef=100-(\frac{\bar{x}t}{\bar{x}c}\times100)$$

در این رابطه Ef درصد اثر بخشی تیمار، $\bar{x}t$ میانگین شدت بیماری در تیمار و $\bar{x}c$ میانگین شدت بیماری در شاهد بدون آب‌پاشی است (Mitani *et al.*, 2003).

نتایج:

تجزیه مرکب داده‌های دو استان خراسان رضوی و فارس: نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر مکان، تیمار و تیمار در مکان بر صفات مورد مطالعه معنی‌دار است (جدول ۱) که حاکی از تفاوت استان‌های خراسان رضوی و فارس از نظر درصد وقوع و درصد شدت بیماری سفیدک پودری انگور روی برگ و میوه است. بنابراین نتایج آزمون در دو استان به صورت مستقل مورد ارزیابی قرار گرفت.

استان خراسان رضوی: تجزیه واریانس داده‌های حاصل از ارزیابی درصد وقوع و شدت بیماری روی برگ و میوه‌ی مو نشان داد اثر تیمار بر صفات مورد مطالعه معنی‌دار است (جدول ۲). تیمار سرکادیس® با دوز ۰/۳ در هزار کم‌ترین میزان وقوع بیماری را روی برگ نسبت به سایر تیمارها داشت به‌طوری که میزان وقوع بیماری در این تیمار ۱۱/۸۸٪ بود. کم‌ترین میزان شدت بیماری روی برگ نیز ۱۵/۷۷٪ بود که در تیمار سرکادیس® با دوز ۰/۳ در هزار مشاهده شد اگرچه این تیمار اختلاف معنی‌داری با تیمار سرکادیس® با دوز ۰/۱۵ در هزار نداشت (جدول ۳). کم‌ترین میزان درصد وقوع و شدت بیماری روی میوه‌ی مو به ترتیب ۱۰/۰۷٪ و ۱۲/۶۰٪ بود که در تیمار سرکادیس® با دوز ۰/۳ در هزار مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با تیمار سرکادیس® با دوز ۰/۱۵ در هزار نداشت (جدول ۳). در این استان، برای سایر تیمارها وقوع بیماری روی برگ از ۱۸/۸۰٪ تا ۹۳/۱۵٪ ، شدت بیماری روی برگ از ۲۳/۵۵٪ تا ۹۴/۷۵٪ ، وقوع بیماری روی میوه از ۱۲/۵۵ ٪ تا ۹۶/۸۸٪ و شدت بیماری روی میوه از ۱۵/۶۸ تا ۹۷/۵۰٪ بود (جدول ۳).

استان فارس: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمارها در کاهش درصد وقوع و شدت بیماری روی برگ و میوه‌ی مو اختلاف معنی‌داری با شاهد دارند (جدول ۲). کم‌ترین میزان وقوع بیماری روی برگ مو ۲۹/۵۰٪ بود که در تیمار سرکادیس® با دوز ۰/۳ در هزار مشاهده شد اگرچه اختلاف معنی‌داری با تیمار سرکادیس® با دوز ۰/۱۵ در هزار نداشت (جدول ۳). کم‌ترین میزان شدت بیماری روی میوه‌ی مو به ترتیب ۸/۲۷٪ و ۱۳/۵۵٪ بود که در تیمار سرکادیس ®با دوز ۰/۳ در هزار مشاهده شد اگرچه اختلاف معنی‌داری با تیمار سرکادیس® با دوز ۰/۱۵ در هزار نداشت (جدول ۳). کم‌ترین میزان درصد وقوع بیماری روی میوه‌ی مو ۳۴/۳۸٪ بود که در تیمارهای سرکادیس® با دوز ۰/۳ و ۰/۱۵ مشاهده شد اگرچه این تیمارها اختلاف معنی‌داری با تیمار توپاس® با دوز ۰/۱۲۵ در هزار نداشتند. تیمارها سرکادیس® با دوز ۰/۳ نیز کم‌ترین میزان شدت بیماری را در میوه‌های مو (۱۳/۵۵٪) نشان داد (جدول ۳). در این استان، برای سایر تیمارها وقوع بیماری روی برگ از ۳۰٪ تا ۱۰۰٪، شدت بیماری روی برگ از ۸/۸۵٪ تا ۷۷/۵۷٪ ، وقوع بیماری روی میوه از ۴۵/۸۸٪ تا ۱۰۰٪ و شدت بیماری روی میوه از ۱۴/۶۰٪ تا ۸۵/۴۰٪ بود (جدول ۳).

جدول ۱- تجزیه‌ی واریانس مرکب داده‌ها برای صفات درصد وقوع و شدت بیماری روی برگ‌ها و میوه‌های مو در استان‌های خراسان رضوی و فارس.

Table 1. Compound analysis of variance of percent disease incidence and disease severity on grape leaves and fruits in Khorasan Razavi and Fars provinces.

S.O.V	D.F	Mean squares (grape leaves)		Mean squares (grape fruits)	
		incidence	severity	incidence	severity
Place	1	1599.89**	9072.04**	6228.90**	2261.28**
Place×Replicate	6	32.19 n.s.	93.05 n.s.	19.37 n.s.	70.58 n.s.
Treatment	8	6427.90**	5810.21**	6600.06**	7079.04**
Treatment×Place	8	44.07**	290.37**	178.87**	192.11**
Error	48	7.17	26.86	17.78	14.32
(C.V.%)	-	5.58	13.41	8.62	9.44

**: Significant at 1% probability level

n.s.: not significant

جدول ۲- تجزیه‌ی واریانس درصد وقوع و شدت بیماری روی برگ‌ها و میوه‌های مو در استان‌های خراسان رضوی و فارس.

Table 2. Analysis of variance of percent disease incidence and disease severity on grape leaves and fruits in Khorasan Razavi and Fars provinces.

S.O.V	D.F	Mean squares (grape leaves)				Mean squares (grape fruits)			
		Khorasan Razavi		Fars		Khorasan Razavi		Fars	
		incidence	severity	incidence	severity	incidence	severity	incidence	severity
Replicate	3	59.10 n.s.	183.21 n.s.	5.28 n.s.	2.89 n.s.	34.39**	127.61**	4.34 n.s.	13.57 n.s.
Treatment	8	3454.49**	3085.32**	3017.48**	3015.26**	4105.33**	4001.51**	2673.61**	3269.65**
Error	24	11.26	52.58	3.07	1.13	5.18	21.74	30.38	6.90
C.V.%		7.76	14.54	3.33	3.89	5.81	10.21	9.39	7.61

**: Significant at 1% probability level

n.s.: not significant

جدول ۳- مقایسه‌ی میانگین درصد وقوع و شدت بیماری روی برگ‌ها و میوه‌های مو و میزان اثربخشی تیمارها در استان‌های خراسان رضوی و فارس.

Table 3. Mean comparison of percent disease incidence, disease severity and treatment efficacy on grape leaves and fruits in Khorasan Razavi and Fars provinces.

Treatment	Dose (per thousand)	Grape leaves						Grape fruits					
		Khorasan Razavi			Fars			Khorasan Razavi			Fars		
		Disease incidence* (%)	Disease severity* (%)	Efficacy (%)	Disease incidence* (%)	Disease severity* (%)	Efficacy (%)	Disease incidence * (%)	Disease severity * (%)	Efficacy (%)	Disease incidence * (%)	Disease severity * (%)	Efficacy (%)
C.W.S	-	93.15 a	94.75 a	-	98.50 a	72.65 b	-	96.88 a	97.50 a	-	100 a	82.30 a	-
C.N.S	-	89.25 a	86.52 a	-	100 a	77.57 a	-	88.65 b	93.25 a	-	100 a	85.40 a	-
Belkute® 40%	1	44.10 b	61.88 b	28.48	49.50 b	18.17 d	76.58	37.80 c	52.38 b	43.83	62.50 b	28.13 b	67.06
sulfur 80%	2.500	44.10 b	57.97 b	33.01	51.75 b	22.90 c	70.49	36.55 c	50.75 b	45.58	65.63 b	31.25 b	63.41
Topas® 20%	0.125	39.08 b	47.05 c	45.10	41.50 c	14.98 e	80.69	32.63 d	42.00 c	54.95	40.63 cd	17.73 cd	79.24
Stroby® 50%	0.200	25.10 c	31.38 d	63.74	36.00 d	10.88 g	85.98	18.80 e	23.55 d	74.75	43.75 c	18.75 c	78.05
Sercadis® 26.5%	0.100	23.95 c	29.93 d	65.41	37.50 d	12.48 f	83.92	18.90 e	23.63 d	74.66	45.88 c	18.75 c	78.05
Sercadis® 26.5%	0.150	18.80 d	23.55 de	72.79	30.00 e	8.85 h	88.60	12.55 f	15.68 e	83.19	34.38 d	14.60 de	82.91
Sercadis® 26.5%	0.300	11.88 e	15.77 e	81.78	29.50 e	8.27 h	89.34	10.07 f	12.60 e	86.49	34.38 d	13.55 e	84.14

C.W.S: Control (water spraying); C.N.S: Control (not water spraying)

*Significant differences are denoted by different letters within each column at $P<0.01$ according to Duncan's Multiple ranges Test

بحث:

نتایج این پژوهش نشان داد از میان قارچ‌کش‌های مورد آزمون، سرکادیس® بیش‌ترین کارآیی را در کاهش وقوع و شدت بیماری سفیدک پودری مو در استان‌های خراسان رضوی و فارس دارد. قارچ‌کش سرکادیس® از گروه قارچ‌کش‌های گروه کربوکسامید بوده و مانع رشد میسلیوم و هاگ‌زایی در قارچ‌ها می‌شود. این قارچ‌کش در کاهش خسارت ناشی از سفیدک‌های پودری، لکه برگی‌ها و آنتراکنوز در محصولات مختلف کارایی مؤثری داشته است (Amiri *et al.*, 2014; Anonymous, 2012; Ravikumar *et al.*, 2018). سرکادیس® با دوز ۰/۳ در هزار بیش‌ترین تأثیر را در کاهش وقوع بیماری روی برگ مو در استان خراسان رضوی نشان داد. اما بررسی شدت بیماری روی برگ مو در استان خراسان رضوی، وقوع و شدت بیماری روی برگ مو در استان فارس و نیز وقوع و شدت بیماری روی میوه‌های مو در استان‌های خراسان رضوی و فارس نشان داد تیمار سرکادیس® با دوز ۰/۳ در هزار اختلاف معنی‌داری با تیمار سرکادیس با دوز ۰/۱۵ در هزار ندارد.

کم‌ترین کارآیی در کاهش وقوع و شدت سفیدک پودری مو در اغلب موارد هنگام استفاده از قارچ‌کش‌های بلکیوت® با دوز ۱ در هزار و سولفور با دوز ۲/۵ در هزار مشاهده شد. به گونه‌ای که در استان خراسان رضوی کم‌ترین تأثیر در کاهش وقوع بیماری روی برگ مو متعلق به قارچ‌کش‌های بلکیوت® با دوز ۱ در هزار و سولفور با دوز ۲/۵ در هزار و توپاس® با دوز ۰/۱۲۵ در هزار بود که تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند. بیش‌ترین میزان شدت بیماری روی برگ مو و بیش‌ترین میزان وقوع و شدت بیماری روی میوه‌های مو در این استان نیز در تیمار بلکیوت® با دوز ۱ در هزار مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با سولفور با دوز ۲/۵ در هزار نداشت. در استان فارس بیش‌ترین میزان وقوع بیماری روی برگ‌های مو و نیز بیش‌ترین میزان وقوع و شدت بیماری روی میوه‌های مو در تیمار سولفور با دوز ۲/۵ در هزار مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با بلکیوت® با دوز ۱ در هزار نداشت. بیش‌ترین میزان شدت بیماری روی برگ‌های مو نیز در تیمار سولفور با دوز ۲/۵ در هزار مشاهده شد. قارچ‌کش بلکیوت® به گروه گوانیدین‌ها تعلق داشته و طیف وسیعی از قارچ‌های بیماری‌زای گیاهی را از طریق اثر بازدارندگی روی جوانه‌زنی هاگ‌ها، تشکیل لوله‌ی تندشی، تشکیل مکینه و رشد هیف کنترل می‌کند (Pratte-Santos *et al.*, 2015). پیش از این گزارش شده است که قارچ‌کش بلکیوت® کارآیی مطلوبی در مدیریت سفیدک پودری مو دارد (Khabaz Jolfaee *et al.*, 2018). اگرچه این قارچ‌کش در پژوهش حاضر کارآیی کم‌تری نسبت به اغلب قارچ‌کش‌های مورد آزمون داشت اما شدت بیماری را روی برگ و میوه نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش داد که ضمن تأیید پژوهش پیشین، نشان دهنده‌ی اثربخش بودن این قارچ‌کش در مدیریت سفیدک پودری مو است. گوگرد نخستین قارچ‌کشی که برای مدیریت سفیدک پودری مو توصیه شده است (Bulit and Lafon, 1978). گوگرد یک قارچ‌کش حفاظتی با چند نقطه اثر و بازدارنده‌ی عمومی برای بسیاری از آنزیم‌های قارچی است (Wicks *et al.*, 1997). پژوهش حاضر ضمن تأیید پژوهش‌های پیشین (Karbalaei Khiavi *et al.*, 2017; Khabaz Jolfaee *et al.*, 2018) نشان داد گوگرد قادر به کنترل سفیدک پودری مو است اگرچه در اغلب موارد اثربخشی کمتری در مقایسه با سایر قارچ‌کش‌های مورد آزمون داشت.

قارچ‌کش توپاس® قارچ‌کشی از گروه تریازول‌ها است که با تأثیر بر بیوسنتز ارگسترول در قارچ‌ها، طیف وسیعی از بیماری‌های قارچی گیاهان از جمله سفیدک‌های پودری را کنترل می‌کند (Mercadante *et al.*, 2016; Husak *et al.*, 2017). مطالعات پیشین نیز نشان داده است

که توپاس® کارآیی مطلوبی در مدیریت سفیدک پودری مو در ایران دارد (Behdad *et al*., 1998; Ouroumchi and Callora, 2002; Kianoosh, 1383; Khabaz Jolfaee *et al*., 2018). در پژوهش حاضر کارآیی توپاس® در کاهش شدت بیماری روی میوه مو در استان‌های خراسان رضوی و فارس به‌ترتیب ۵۴/۹۵٪ و ۷۹/۲۴٪ بود که نشان دهنده‌ی اثر بخشی این قارچ‌کش در مدیریت سفیدک پودری مو است.

استروبی® به گروه قارچ‌کش‌های QoI (Quinone outside inhibitor) تعلق دارد و با تأثیر بر سایت Qo در آنزیم سیتوکروم bc1، قارچ‌های بیماری‌زای گیاهی را کنترل می‌کند (Wong and Wilcox, 2002; Reddy *et al*., 2019). نتایج پژوهش حاضر نشان داد قارچ‌کش استروبی وقوع و شدت سفیدک پودری را روی برگ و میوه‌ی مو به‌طور کارآمدی کاهش می‌دهد که پژوهش‌های پیشین (Ouroumchi and Callora, 2002; Bakhtiari and Kalhor, 2013) را تأیید می‌کند.

به‌طور خلاصه، در این پژوهش بررسی کارآیی قارچ‌کش سرکادیس® نشان داد از میان سه دوز بررسی شده‌ی این قارچ‌کش، در اغلب موارد تفاوت معنی‌داری بین دوز ۰/۳ در هزار و دوز ۰/۱۵ در هزار وجود ندارد. بنابراین با توجه به سیاست کاهش مصرف سم در کشور، کاربرد دوز ۰/۱۵ در هزار قارچ‌کش سرکادیس® اولویت بیش‌تری نسبت به دوز ۰/۳ در هزار آن دارد و سرکادیس با دوز ۰/۱۵ در هزار می‌تواند به‌طور کارآمدی برای مدیریت سفیدک پودری مو در کشور مورد توصیه قرار گیرد.

References:

Amiri, A., Heath, S. M. and Peres, N. A. 2014. Resistance to fluopyram, fluxapyroxad, and penthiopyrad in *Botrytis cinerea* from strawberry. Plant Disease. (98): 532-539.

Anonymous. 2012. Pesticide Fact Sheet, Fluxapyroxad. United States Environmental Protection Agency. New York.

Bakhtiari, M. H. and Kalhor, A. 2013. Investigation on effect of three new fungicides in controlling powdery mildew with few fungicides that commonly used in vineyards. The First National Conference on Sustainable Agriculture Using Crop Model. 13 Feb. Hamadan. Iran. pp. 2-12. [In Persian with English Summary].

Baudoin, A., Olaya, G., Delmotte, F., Colcol, J. F. and Sierotzki, H. 2008**.** QoI resistance of *Plasmopara viticola* and *Erysiphe necator* in the mid-Atlantic United States. Plant Health Progress. (9): 25-32.

Behdad, A., Filsoof, F. and Hassan pour, H. 1998. The study on powdery mildew of grapevine and its chemical control in Isfahan. Proceeding of the 13th Iranian Plant Protection Congress. 23-27Aug. Karaj. Iran. p. 218. [In Persian with English Summary].

Brent, K. J. and Hollomon, D. W. 1988. Risk of resistance against sterol biosynthesis inhibitors in plant protection. pp. 332–346. *In*: Berg, D. and Plempel, M. (eds.). Sterol biosynthesis inhibitors—pharmaceutical and agrochemical aspects. Ellis Horwood. Michigan.

Bulit, J. and Lafon, R. 1978. Powdery mildew of the vine. pp. 525-548. In: Spencer, D.M. (ed.). The powdery mildews. Academic Press. New York.

Colcol, J. F. and Baudoin, A. B. 2016. Sensitivity of *Erysiphe necator* and *Plasmopara viticola* in Virginia to QoI fungicides, boscalid, quinoxyfen, thiophanate methyl, and mefenoxam. Plant Disease. (100): 337-344.

Dolati Baneh, H. 2016. Grapes (comprehensive management of cultivation, breeding, production and processing). Kordesran University Press. Iran. 720 pp.

Feng, X., Nita, M. and Baudoin, A. B. 2018. Evaluation of Quinoxyfen Resistance of *Erysiphe necator* (Grape Powdery Mildew) in a Single Virginia Vineyard. Plant Disease. (102): 2586-2591.

Ficke, A., Gadoury, D. M. and Seem, R. C. 2002. Ontogenic resistance and plant disease management: A case study of grape powdery mildew. Phytopathology. (92): 671-675.

Genet, J. L., Jaworska, G. and Deparis, F. 2006. Effect of dose rate and mixtures of fungicides on selection for QoI resistance in populations of *Plasmopara viticola*. Pest Management Science. (62): 188-194.

Gisi, U., Sierotzki, H., Cook, A. and McCaffery, A. 2002. Mechanisms influencing the evolution of resistance to Qo inhibitor fungicides. Pest management science. (58): 859-867.

Gubler, W. D., Ypema, H. L., Ouimette, D. G. and Bettiga, L. J. 1994. Resistance of *Uncinula necator* to DMI fungicides in California vines. pp. 19-25. *In*: Heaney, S., Slawson, D., Hollomon, D.W., Smith, M., Russell, P.E. and Parry, D.W. (eds.). Fungicides Resistance. British Crop Protection Council Monographs. UK.

Gubler, W. D., Ypema, H. L., Ouimette, D. G. and Bettiga, L. J. 1996. Occurrence of resistance in *Uncinula necator* to triadimefon, myclobutanil, and fenarimol in California grapevines. Plant Disease. (80): 902-909.

Halleen, F. and Holz, G. 2001. An Overview of the Biology, Epidemiology and Control of *Uncinula necator* (Powdery Mildew) on Grapevine, with reference to South Africa. South African Journal of Enology and Viticulture. (22): 111-121.

Husak, V. V., Mosiichuk, N. M., Storey, J. M., Storey, K. B. and Lushchak, V. I. 2017. Acute exposure to the penconazole-containing fungicide Topas partially augments antioxidant potential in goldfish tissues. *Comparative* Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology. (193): 1-8.

Karbalaei Khiavi, H. K., Shahri, M. H., Keshavarz, K., Jolfaei, H. K., Zohor, E., Bazobandi, M. and Hosseini, R. 2017. Evaluation of sulfur SC 80% and penconazole effects on grape powdery mildew disease and quantitative and qualitative traits of grape. Journal of Plant Protection (Agricultural Science and Technology). (31): 242-249. [In Persian with English Summary].

Karimi Shahri, M. R. 2008. Investigation on the efficacy of several fungicides against Powdery mildew of grape in Khorasan province, Final report of research project, No.88/940/43. [In Persian with English Summary].

Khabaz Jolfaee, H, Omati, F., Keshavarz, K. and Davoudi, A. 2018. Evaluation of the Efficacy of Belkute WP 40% against *Erysiphe necator*, the Causal Organism of Grape Powdery Mildew Disease. Pesticides in Plant Protection Sciences. (6): 154-164. [In Persian with English Summary].

Kianoosh, M. 2004. The effect of some fungicides on powdery mildew of vine in Kohkilooyeh and Boyerahmad province. Proceeding of the 16th Iranian Plant Protection Congress. 29 Aug.-2 Sep. Tabriz. Iran. p. 371. [In Persian with English Summary].

Köller, W. and Scheinpflug, H. 1987. Fungal resistance to sterol biosynthesis inhibitors: a new challenge. Plant Disease. (71): 1066-1074.

Mercadante, R., Polledri, E., Scurati, S., Moretto, A. and Fustinoni, S. 2016. Identification of metabolites of the fungicide penconazole in human urine. Chemical Research in Toxicology. (29): 1179-1186.

Miles, L. A., Miles, T. D., Kirk, W. W. and Schilder, A. 2012. Strobilurin (QoI) resistance in populations of *Erysiphe necator* on grapes in Michigan. Plant Disease. (96): 1621-1628.

Mitani, S., Kamachi, K., Sugimoto, K., Araki, S. and Yamaguchi, T. 2003. Control of cucumber downy mildew by cyazofamid. Journal of Pesticide Science. (28): 64-68.

Nel, A., Krause, M., Ramautar, N. and Van Zyl, K. 1999. A guide for the control of plant diseases. National Department of Agriculture. Pretoria. 122 pp.

Northover, J. and Homeyer, C. A. 2001. Detection and management of myclobutanil-resistant grapevine powdery mildew (*Uncinula necator*) in Ontario. Canadian Journal of Plant Pathology. (23): 337-345.

Ouroumchi, S. and Callora, L. 2002. Comparison of the efficacy of some fungicides against powdery mildew of grape in west Azarbaijan. Proceeding of the 15th Iranian Plant Protection Congress.7-11 Sep. Karaj. Iran. pp. 218-219. [In Persian with English Summary].

Pearson, R. C. and Taschenberg, E. F. 1980. Benomyl-resistant strains of *Uncinula necator* on grapes. Plant Disease. (64): 677-680

Pearson, R. C. and Gadoury, D. M. 1992. Powdery mildew of grape. Pp. 129-146. *In*: Kumar, J., Chaube, H. S., Singh, U. and Mukhopadhyay, A. (eds). Plant Diseases of International Importance. Englewood Cliffs. New York.

Pratte-Santos, R., Ramos, D. R., Becalle, T. L., De-Oliveira, J. P. and Prado, A. R. 2015. Evaluation mutagenic potential of pesticides

through bioassays with *Allium cepa*. World Journal of Cell Biology and Genetics. (2): 5-10.

Ravikumar, M. R., Navi, V. and Sharma, Y. 2018. Evaluation of pre-mix fungicide, Fluxapyroxad and Pyraclostrobin 500 SC against powdery mildew (*Oidium mangiferae*) disease of mango. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. (7): 439-446.

Reddy, G. R., Kumari, D. A. and Vijaya, D. 2019. Efficacy of new ready-mix formulation of azoxystrobin and tebuconazole (Azoxystrobin 11% w/w+ Tebuconazole 18.3% w/w SC) against downy mildew and powdery mildew disease and its safety assessment on grape. International Journal of Fauna and Biological Studies. (6): 05-09.

Rombough, L. 2002. The grape grower: A guide to organic viticulture. Chelsea Green Publishing. USA. 283 pp.

Russell, P. E. 1995. Fungicide resistance: occurrence and management. The Journal of Agricultural Science. (124): 317-323.

Scheinpflug, H. and Kuck, K. H. 1987. Sterol biosynthesis inhibiting piperazine, pyridine, pyrimidine and azole fungicides. pp. 173-197. *In*: Lyr, H. (ed.) Modern selective fungicides: properties, applications, mechanisms of action. Longman Scientific and Technical. New York.

Schroeder, W. T. and Provvidenti, R. 1969. Resistance to benomyl in powdery mildew of cucurbits. Plant Disease Reporter. (53): 271-275.

Taksonyi, P., Kocsis, L., Mátyas, K. K. and Taller, J. 2013. The effect of quinone outside inhibitor fungicides on powdery mildew in a grape vineyard in Hungary. Scientia Horticulturae. (161): 233-238.

Tromp, A. and Marais, P. G. 1981. Triadimefon, a systemic fungicide against *Uncinula necator* (Oidium) on wine grapes: Disease Control, residues and effect on fermentation and wine quality. South African Journal of Enology and Viticulture. (2): 25-28.

Wan, Y., Schwaninger, H., He, P. and Wang, Y. 2007. Comparison of resistance to powdery mildew and downy mildew in Chinese wild grapes. Vitis. (46): 132-136.

Wheeler, I. E., Hollomon, D. W., Gustafson, G., Mitchell, J. C., Longhurst, C., Zhang, Z. and Gurr, S. J. 2003. Quinoxyfen perturbs signal transduction in barley powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*). Molecular Plant Pathology. (4):177-186.

Wicks, T. 1974. Tolerance of the apple scab fungus to benzimidazole fungicides. Plant Disease Reporter. (58): 886-889.

Wicks, T., Emmett, R. and Anderson, C. A. 1997. Integration of DMI fungicides and sulfur for the control of powdery mildew. Australian & New Zealand Wine Industry Journal. (12): 280-282.

Wilcox, W. F., Gubler, W. D. and Uyemoto, J. K. 2015. Compendium of Grape Diseases, Disorders, and Pests. American Phytopathological Society. USA. 232 pp.

Wong, F. P. and Wilcox, W. F. 2002. Sensitivity to azoxystrobin among isolates of *Uncinula necator*: Baseline distribution and relationship to myclobutanil sensitivity. Plant Disease. (86): 394-404.

Ypema, H. L., Ypema, M. and Gubler, W. D. 1997. Sensitivity of *Uncinula necator* to benomyl, triadimefon, myclobutanil, and fenarimol in California. Plant Disease. (81): 293-297.

Evaluation of the Efficacy of fluxapyroxad (SC, 26.5%) in the Management of Grapevine Powdery Mildew

B. Safaiefarahani*[1], M. R. Karimi Shari[2], A. Shekariesfahlan[3], H. Khabaz Jolfaee[3]

1. Plant Protection Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran. 2. Department of Plant Protection, North Khorasan Center for Research of Agricultural Science and Natural Resources Center, AREEO, Mashhad, Iran. 3. Plant Pathology Research Department, Iranian Research Institute of Plant Protection, AREEO, Tehran, Iran.

Received: Dec, 9, 2020 Accepted: Apr, 24, 2021

Abstract:

Grape powdery mildew caused by *Erysiphe necator* is one of the most important diseases of vine in Iran. In this study, the efficacy of new fungicide, Sercadis® (Fluxapyroxad 26.5%), at doses of 0.1, 0.15 and 0.3 ml L-1 was compared with the registered fungicides Belkute® (Iminoctadine Tris 40%), Topas® (Penconazole 20%), Stroby® (Kresoxim-methyl 50%) and sulfur 80% to control grape powdery mildew. The experiment was carried out in Razavi Khorasan and Fars provinces in 2019. In each region, a vineyard with Asgari cultivar with a history of disease was chosen and the experiment was performed using randomized complete block design with nine treatments and four replications. Each replication contained a six-year-old fertile grapevine tree. Spraying was done four times. The first spraying was performed just as the buds started to swell, the second, third and fourth spraying were performed after petal fall, just as sour berries formation, and when the fruits were sweet and sour respectively. For data collection, in each treatment, 15 days after the fourth spraying, symptoms of 100 randomly chosen leaves and 8 Bunches of grapes were recorded. The disease incidence and disease severity were calculated for all the samples. The data were then analyzed using SAS software. The results show that, there is a significant difference between treatments and controls at 1% probability level and Sercadis® at the dose of 0.15 ml L^{-1} reduced disease severity on grape leaves and fruits at least by 72.79% and 82.91% respectively, which makes it an effective treatment in management of grapevine powdery mildew in Iran.

Keywords: chemical control, disease incidence, disease severity, grape, vineyard**.**

* **Corresponding author:** Banafsheh Safaiefarahani, Email: Banafshesafaie@gmail.com