نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۱، بهار ۱۳۹۱، ص. ۶۳-۵۵

Journal of Plant Protection
Vol. 26, No. 1, Spring 2012, P. 55-63

بروز مقاومت در سفیدک سطحی مو (*Erysiphe necator*) به پنکونازول و هگزاکونازول در استان خراسان رضوی

محمد حاجیان شهری[1*]- مجید عباس پور[2]- علی گزنچیان[3]- علی مختاریان[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۱/۲۳

چکیده

در این تحقیق ۳۷ جدایه قارچ عامل بیماری سفیدک سطحی انگور (*Erysiphe necator*) برای امکان وجود مقاومت به قارچ‌کش‌های پنکونازول(توپاس) و هگزاکونازول(انویل) که به طور گسترده ای برای کنترل شیمیایی این بیماری به کار می‌روند، ارزیابی شدند. جدایه‌ها از سطح موستان‌های سه ناحیه عمده انگورکاری استان شامل نه شهرستان در طی سال ۱۳۸۸ در دو مرحله زمانی از اوایل خرداد ماه تا تیرماه و از اواخر مرداد تا اوایل مهر ماه جمع‌آوری شدند. ارزیابی مقاومت این قارچ به قارچ‌کش‌های فوق براساس پنج غلظت از هر کدام از قارچ‌کش (هگزاکونازول در غلظت‌های ppm ۳۰۰، ۳۰، ۳، ۰/۳، ۰ و (پنکونازول در غلظت‌های ppm ۱۲۵، ۱۲/۵، ۱/۲۵، ۰/۱۲۵، ۰ و با روش زیست‌سنجی دیسک‌های برگی (Leaf Disk Bioassay) انجام گرفت. بروز مقاومت بر اساس مقادیر EC_{50} بدست آمده از برازش منحنی‌های لگاریتم لجستیک دز- پاسخ ارزیابی شد. نتایج بدست آمده نشان داد بیشترین میزان EC_{50} (بیشترین مقاومت) در بین جدایه‌ها نسبت به پنکونازول و هگزاکونازول به ترتیب مربوط به شهرستان های درگز (۰/۹۳ ± ۰/۹۳۲ میلی گرم در لیتر) و قوچان (۰/۳۹ ± ۳/۱۵ میلی گرم در لیتر) بود. در مورد هگزاکونازول مقادیر EC_{50} جدایه‌های به دست آمده از مرحله آسکوسپوری عامل بیماری بیشتر از مرحله کنیدیایی آن و در مورد پنکونازول مقادیر EC_{50} جدایه های به دست آمده از مرحله کنیدیایی عامل بیماری بیشتر از مرحله آسکوسپوری بود. نتایج این بررسی بروز مقاومت *Erysiphe necator* به قارچ‌کش های پنکونازول و هگزاکونازل را در سطوح متفاوتی در برخی از شهرستان‌های استان خراسان رضوی نشان داد.

واژه‌های کلیدی: سفیدک سطحی، مو، انگور، قارچ‌کش، مقاومت و*Erysiphe necator*

مقدمه

سطح انگورکاری ایران در سال زراعی ۸۷-۸۶ حدود ۳۰۲۰۰۰ هکتار و تولید آن برابر ۱/۸ میلیون تن برآورد و متوسط عملکرد انگور آبی ایران حدود ۷۹۰۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. استان‌های فارس، خراسان رضوی و قزوین به ترتیب بالاترین سطح زیر کشت این محصول را در کشور دارا هستند، اما استان خراسان رضوی با ۱۲/۲ درصد بالاترین میزان تولید را دارد (برگرفته از آمارنامه محصولات کشاورزی باغی استان خراسان رضوی سال زراعی۸۷-۸۸ منتشر نشده). بیماری سفیدک سطحی انگور که توسط قارچ *Erysiphe necato*r Schwein [Syn.. *Uncinula necator* (Shwein.) Burrill] بوجود می آید (۷) در ایران و استان خراسان رضوی از مهمترین بیماری‌های این محصول باغی می‌باشد و هر ساله ۵۵ درصد موستان‌ها را مبتلا می کند و میزان خسارت آن بین ۸۰-۲۰ درصد گزارش شده است (۲).

در سال‌های اخیر تحقیقات زیادی در خصوص ارزیابی مقاومت و حساسیت قارچ‌کش‌های مختلف نسبت به *E. necator* انجام شده است. وای پما و همکاران (۲۳) حساسیت جدایه‌های *E. necator* را نسبت به بنومیل و قارچ‌کش‌های تریادیمفون، میکلوبوتانیل و فناریمول، طی سال‌های ۱۹۹۳ تا ۱۹۹۵ ارزیابی کرده و نشان دادند که در طی این سالها به ترتیب ۸۱/۸، ۹۶ و۹۶/۷ درصد از جدایه‌ها روی حلقه‌های برگی تیمار شده با ۳۰ میلی‌گرم در لیتر بنومیل رشد نکردند و ممانعت از رشد بقیه جدایه ها بیشتر از ۹۰ درصد بود و بالاترین میزان EC_{50} در بین سه قارچ‌کش تریادیمفون، میکلوبوتانیل و فناریمول، متعلق به تریادیمفون بود. پیرسون و تاچنبرگ (۱۷) وجود نژادهای مقاوم به بنومیل در قارچ *E. necator* را اثبات و نشان

۱، ۳،۲ و ۴- به ترتیب استادیاران و کارشناس ارشد مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
(*- نویسنده مسئول: Email: Mhag52570@yahoo.com)

دادند که این قارچ‌کش با غلظت ۱/۱۲ کیلوگرم در هکتار ۸-۵ درصد بیماری را کاهش داد. نورث اور و هومیر (۱۶) نشان دادند که میکلوبوتانیل سفیدک سطحی انگور را در انتاریوی کانادا به خوبی کنترل نمی‌کند و میانگین غلظت کاربرد آن در مورد ۳۰ جدایه از مناطقی که تاکنون میکلوبوتانیل علیه سفیدک سطحی انگور استفاده نشده بود ۰/۲۴ میکروگرم در میلی‌لیتر و میانگین آن در نواحی‌ای که این قارچ‌کش علیه این قارچ به طور متوالی مورد استفاده قرار گرفته بود ۰/۵۴ میکروگرم در میلی‌لیتر اندازه گیری شد. گابلر و همکاران (۱۰) حساسیت ۱۹ جدایه *E. necator* که از نواحی مختلف ایالت کالیفرنیا جمع‌آوری شده بودند را در برابر سه قارچ‌کش تریادیمفون، میکلوبوتانیل و فناریمول ارزیابی کردند. نتایج آنها نشان داد که افزایش معنی‌دار EC_{50} برای هر سه قارچ‌کش در طول فصل رشدی پس از کاربردهای مکرر تریادیمفون دیده شد. بروز مقاومت به تریادیمفون در مورد میکلوبوتانیل و فناریمول نیز دیده شد. اریکسون و ویلکاکس (۸) توزیع حساسیت سه قارچ‌کش DMI شامل تریادیمنول، فناریمول و میکلوبوتانیل را در بین جمعیت‌های حساس و مقاوم *E. necator* به تریادیمفون ارزیابی کردند، بر اساس نتایج حاصل از میزان حساسیت و مقادیر EC_{50} مشخص شد، از ۷۶ جدایه که به تریادیمینول مقاوم بودند، ۶۴ جدایه (۸۴ درصد) با میکلوبوتانیل مقاومت تقاطعی داشتند، ۱۸ درصد مقاومت تقاطعی با فناریمول و ۱۷ درصد به هر سه قارچ‌کش مقاوم بودند. ۲۵ درصد جدایه‌هایی که مقاوم به میکلوبوتانیل بودند به فناریمول نیز مقاوم بودند. قارچ‌کش‌های گروه DMI از اوایل سال ۱۹۸۰ در آمریکا به عنوان یک عامل کلیدی کنترل بیماری سفیدک سطحی انگور مورد استفاده بوده‌اند و تحقیقات نشان داده است که مقاومت به این گروه از قارچ‌کش‌ها در بین جمعیت‌های *E. necator* حتی قبل از کاربرد وجود داشته است (۱۹) اگر چه بعد از بروز مقاومت نسبی در برخی نقاط دنیا نسبت به این ترکیبات (۱۴ و ۱۶) هنوز کنترل موثر بیماری در بسیاری از کشورها دیده می‌شود. در همین ارتباط به‌دلیل کاربرد روز افزون قارچ‌کش‌های ضد سنتز ارگوسترول در کشور و آزمایش‌هایی که به منظور بررسی تاثیر این قارچ‌کش‌ها برای کنترل این بیماری انجام شده است (۱، ۳، ۵)، ضروری به نظر می رسید که احتمال وجود مقاومت به این گروه از قارچ‌کش‌ها در بین جمعیت‌های این گونه قارچی ارزیابی شود. لذا در این تحقیق امکان وجود مقاومت به دو قارچ‌کش پنکونازول (با نام تجاری توپاس) و هگزاکونازول (با نام تجاری انویل) که در چند سال اخیر در استان‌های خراسان رضوی، اصفهان و آذربایجان شرقی برای کنترل بیماری سفیدک سطحی انگور توسط هیئت نظارت بر سموم کشور ثبت دائم و یا موقت شده‌اند (۶) با هدف بررسی امکان وجود مقاومت به این قارچ‌کش‌ها در بین جمعیت های قارچ *E. necator* مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

۳۷ جدایه *E. necator* از موستان‌های مختلف از سه ناحیه استان شامل ناحیه اول (شهرستان‌های مشهد، چناران، قوچان و درگز)، ناحیه دوم (شهرستان‌های نیشابور و سبزوار) و ناحیه سوم (شهرستان‌های خلیل‌آباد، کاشمر و بردسکن) جمع آوری شدند. ۳ تا ۵ جدایه از هر شهرستان بر اساس سطح زیر کشت و شرایط آب و هوایی جمع آوری و اطلاعات مربوط به هر جدایه (تاریخ جمع‌آوری، مرحله فنولوژیکی مو و رقم آن) یادداشت برداری شد. جمع آوری جدایه‌ها در دو مرحله یک بار در شروع آلودگی و بار دوم در اواخر فصل انجام و برگ‌ها و میوه های آلوده پس از جمع‌آوری در بین برگ‌های سالم انگور قرار داده شده و به آزمایشگاه منتقل شدند. در ابتدا جدایه‌های جمع‌آوری شده روی حلقه‌های برگی انگور رقم عسکری به قطر ۱۰ میلی متر که به مدت ۳۰ ثانیه با اتانول ۵۰ درصد ضد عفونی سطحی شده بودند، تکثیر شدند. برای انجام این عمل یک زنجیره کنیدیومی از هر جدایه بر روی حلقه‌های برگی در شرایط استریل منتقل و سپس این حلقه‌ها در تشتک‌های پتری حاوی آب-آگار ۱/۵ درصد همراه با ۱۰ میلی گرم ریفامپیسین، ۵ میکروگرم پیماریسین و۱۵۰ میلی گرم آمپی سیلین در لیتر تعبیه و در شرایط رطوبتی۹۰ درصد و شرایط نوری- تاریکی ۱۲ ساعت و شدت نوری ۱۰۰۰ لوکس در دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند و پس از تشکیل کلنی‌های *E. necator* بر روی هر حلقه برای ادامه تحقیق مورد استفاده قرار گرفتند.

برای ارزیابی مقاومت جدایه‌های *E. necator* به قارچ‌کش‌های هگزاکونازول و پنکونازول، ابتدا مقادیر دوزهای توصیه شده، از فرمولاسیون تجاری هر کدام از انها در آب مقطر استریل تهیه گردید. سپس ۵ غلظت بر اساس غلظت توصیه شده برای کنترل بیماری سفیدک سطحی مو (هگزاکونازول در غلظت های۳۰۰، ۳۰، ۳، ۰/۳ و صفر) و (پنکونازول در غلظت های ۱۲۵، ۱۲/۵، ۱/۲۵، ۰/۱۲۵ و صفر) قسمت در میلیون (ppm) تهیه گردید. هر غلظت از هر قارچ‌کش به عنوان یک تیمار و دوز صفر به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. برای انجام زیست سنجی ها، ابتدا حلقه های برگی به قطر ۱۰ میلیمتر از برگ‌های جوان رقم عسکری بریده شده و به مدت ۳۰ دقیقه در غلظت‌های مورد نظر نگهداری شدند. سپس این حلقه‌های برگی با جدایه‌های تک اسپور شده *E. necator* مربوط به هر شهرستان با انتقال یک زنجیره کنیدی قارچ، تلقیح و در تشتک‌های پتری همراه با دو لایه کاغذ صافی استریل قرار داده شدند. چهار حلقه برگی در هر تشتک پتری قرار داده شد، که به عنوان یک واحد آزمایشی در نظر گرفته شدند و هر حلقه برگی موجود در یک تشتک پتری به عنوان یک تکرار بود. تشتک‌های پتری در شرایط نوری- تاریکی۱۴ : ۱۰ ساعت و شدت نوری ۱۰۰۰ لوکس و دمای ۲۴ درجه

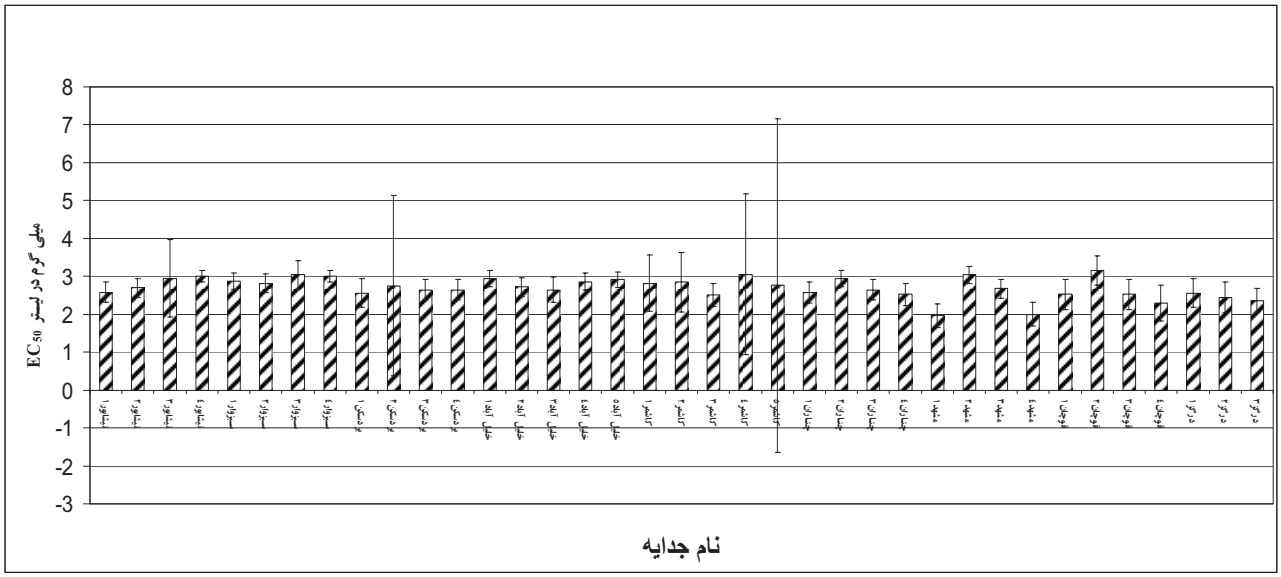
سانتی‌گراد نگهداری و از روز پنجم میزان رشد کلنی قارچ اندازه‌گیری شد، این عمل تا زمانی ادامه یافت که سطح حلقه‌های برگی مربوط به تیمار شاهد به طور کامل با رشد قارچ عامل بیماری پوشانده شد. میزان EC_{50} غلظت‌های مختلف این دو قارچ‌کش، یا غلظتی از آنها که ۵۰ درصد ممانعت از رشد قارچ را ایجاد می کرد با استفاده از روش آنالیز رگرسیون غیر خطی و منحنی‌های دز پاسخ با استفاده از معادله لگاریتم لجستیک (۲۱ و ۲۰) و با استفاده از نرم افزار R (۱۸) محاسبه شدند.

نتایج و بحث

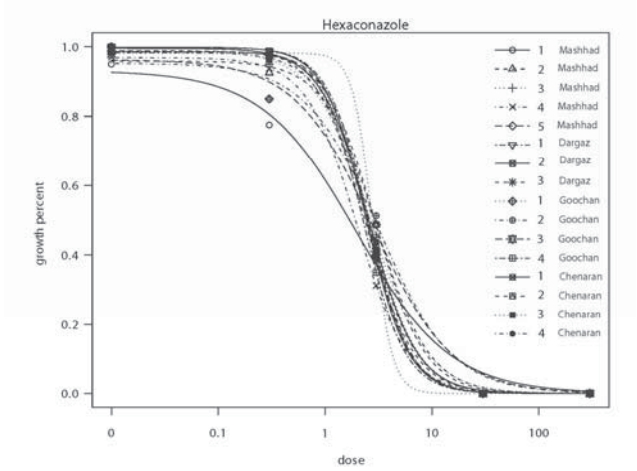
۳۷ جدایه *E. necator* از شهرستان‌هایی، که علاوه بر بیشترین سطح زیر کشت انگور، اقلیم آب و هوایی متفاوتی نیز دارند، در دو دوره زمانی با توجه به بیولوژی عامل بیماری (اوایل خرداد تا اوایل تیر ماه) جدایه‌های به دست آمده از مرحله آسکوسپوری و (اواخر مرداد ماه تا اوایل مهر ماه) جدایه‌های به دست آمده از مرحله کنیدیایی قارچ عامل بیماری جمع آوری شدند. مقادیر مختلف EC_{50} هگزاکونازول در مورد ۳۷ جدایه *E. necator* جمع آوری شده از سه ناحیه استان شامل ناحیه اول (شهرستان‌های مشهد، چناران، قوچان و درگز)، ناحیه دوم (شهرستان‌های نیشابور و سبزوار) و ناحیه سوم (شهرستان‌های خلیل‌آباد، کاشمر و بردسکن) در شکل ۱ نشان داده شده است.

منحنی واکنش دوزهای مختلف (Dose-Response) هگزاکونازول در برابر جدایه‌های *E. necator* جمع‌آوری شده از سه ناحیه استان شامل ناحیه اول (شهرستان‌های مشهد، چناران، قوچان و درگز)، ناحیه دوم (شهرستان‌های نیشابور و سبزوار) و ناحیه سوم (شهرستان‌های خلیل‌آباد، کاشمر و بردسکن) نیز در شکل۲ نشان داده شده است.

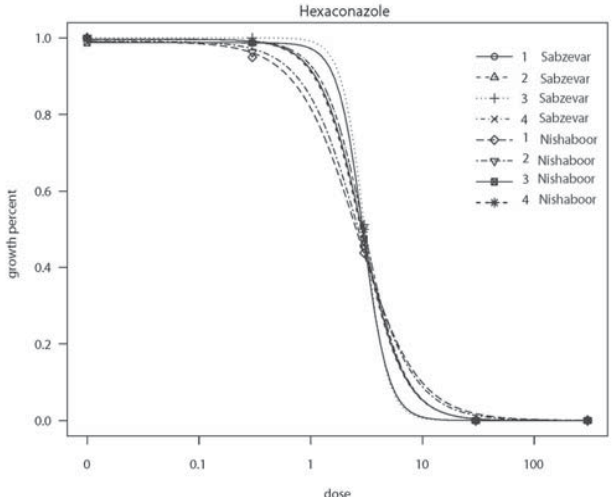
همان‌طورکه در شکل ۱ و ۲ دیده می شود دو جدایه مشهد۱ (۱/۹۷ ±۰/۳۲ میلی گرم در لیتر) و مشهد۴ (۱/۹۹ ±۰/۳۱ میلی گرم در لیتر) حساس‌ترین جدایه ها نسبت به سایر جدایه‌ها بودند. جدایه‌های قوچان۲، مشهد ۲ و کاشمر ۴ از نظر مقادیر EC_{50} جزء مقاوم‌ترین جدایه‌ها بودند و تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال آماری $P\leq$ ۰/۰۵ بین بقیه جدایه ها در مقدار EC_{50} دیده نمی شود. در ناحیه۱، جدایه‌های درگز۱ (۳/۱۵۰ میلی گرم در لیتر) و مشهد۱ (۱/۹۶۸ میلی‌گرم در لیتر)، در ناحیه ۲ جدایه‌های سبزوار۳ (۳/۰۴ میلی گرم در لیتر) و نیشابور۱ (۲/۵۸۳ میلی‌گرم در لیتر) و در ناحیه ۳ جدایه‌های کاشمر۴ (۳/۰۵۵ میلی‌گرم در لیتر) و کاشمر۳ (۲/۵۱۴ میلی گرم در لیتر) به ترتیب بیشترین و کمترین EC_{50} را دارا بودند. تغییرات میزان EC_{50} هگزاکونازول در مورد جدایه‌های *E. necator* جمع‌آوری شده در مرحله آسکوسپوری و مرحله کنیدیایی به ترتیب نشان دادند (شکل ۳)، که جدایه مشهد۱ (۱/۹۷ میلی گرم در لیتر) و جدایه مشهد۴ حساس تر از بقیه جدایه ها (۱/۹۹ میلی گرم در لیتر) هستند (شکل ۴). همچنین نتایج به دست آمده نشان دادند که میانگین EC_{50} جدایه های جمع‌آوری شده از مرحله آسکوسپوری (۲/۷۴ میلی گرم در لیتر) عامل بیماری در مورد این قارچ‌کش از مرحله کنیدیایی (۲/۶۷ میلی‌گرم در لیتر) آن بیشتر می باشد.



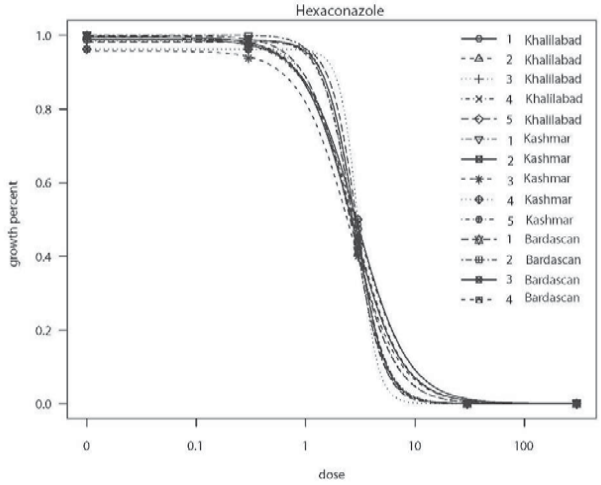
شکل ۱ - تغییرات میزان EC_{50} بدست آمده از منحنی های دوز- پاسخ جدایه های *E. necator* نسبت به هگزاکونازول



A

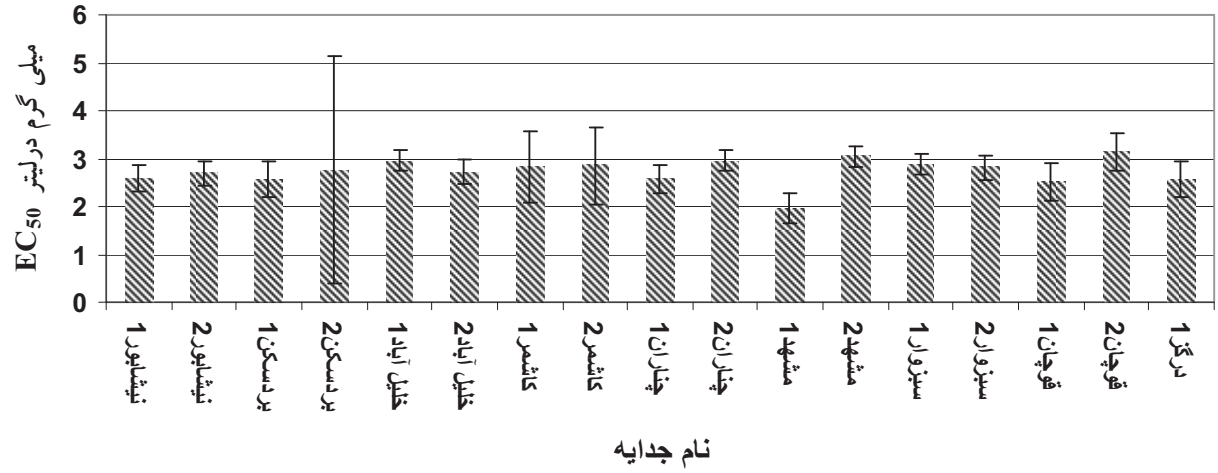


B

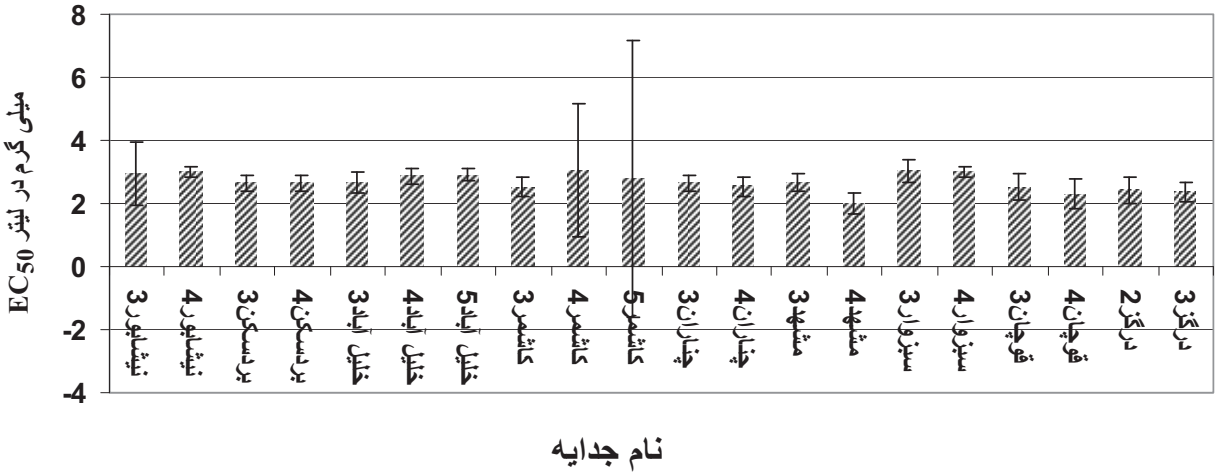


C

شکل ۲ - منحنی واکنش *E. necator* در برابر دوزهای مختلف هگزاکونازول در سه ناحیه (A : شهرستان‌های مشهد، چناران، قوچان و درگز، B: شهرستان‌های نیشابور و سبزوار و C : شهرستان‌های خلیل‌آباد، کاشمر و بردسکن)



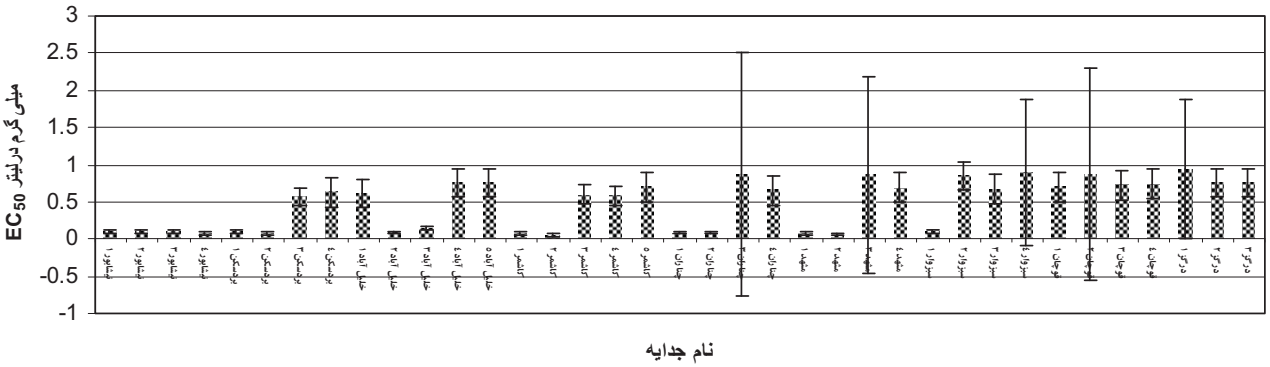
شکل ۳ - تغییرات میزان EC_{50} جدایه‌های مرحله آسکوسپوری *E.necator* نسبت به هگزاکونازول



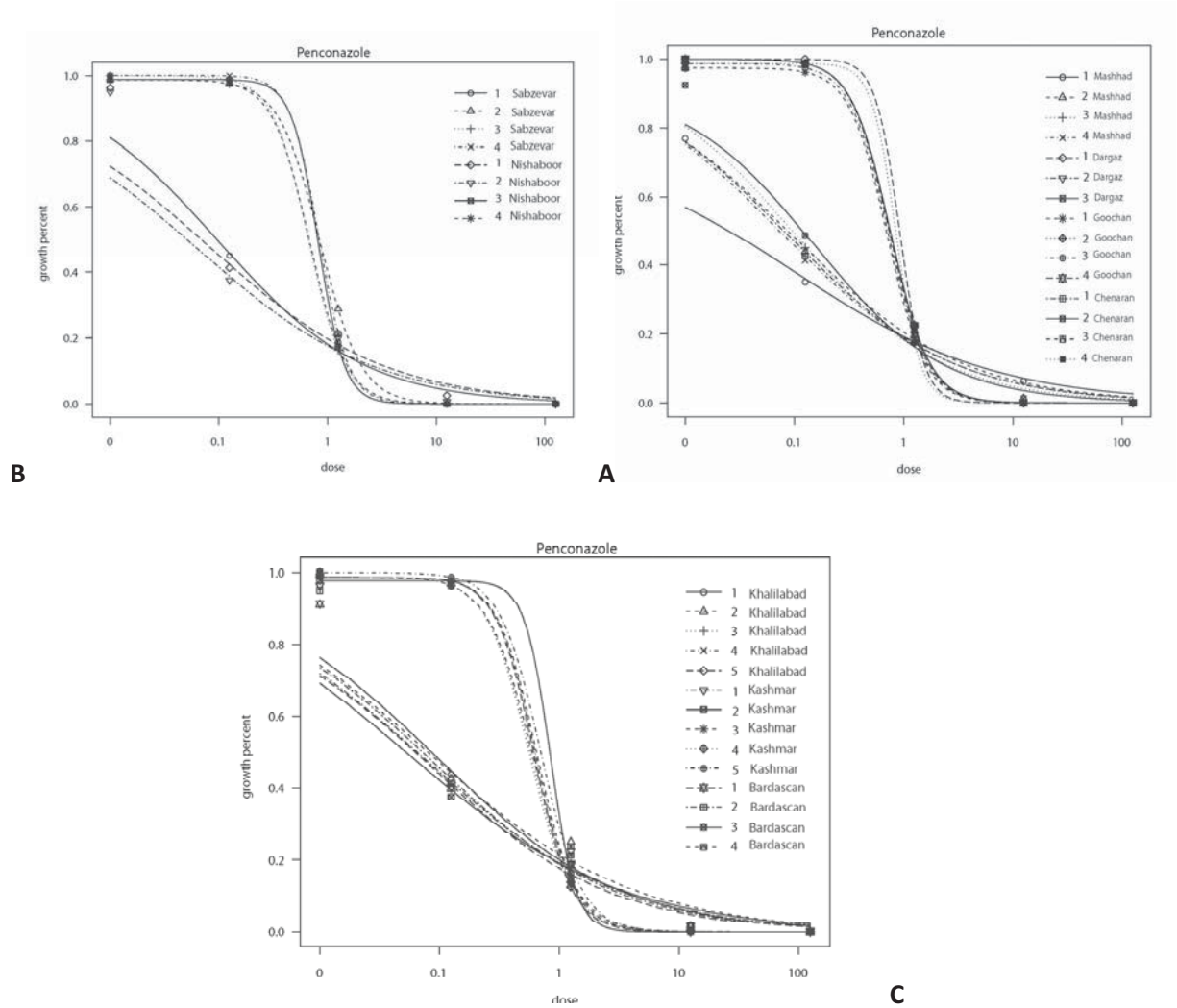
شکل ٤- تغییرات میزان EC_{50} جدایه‌های مرحله کنیدیایی *E. necator* نسبت به هگزاکونازول

تغییرات میزان EC_{50} پنکونازول در مورد ۳۷جدایه *E. Necator* جمع آوری شده از سه ناحیه استان در شکل ۵ و منحنی واکنش (Dose-Response) جدایه‌های *E. necator* جمع‌آوری شده از سه ناحیه استان شامل ناحیه اول(شهرستان‌های مشهد، چناران، قوچان و درگز)، ناحیه دوم (شهرستان‌های نیشابور و سبزوار) و ناحیه سوم (شهرستان‌های خلیل‌آباد، کاشمر و بردسکن) نسبت به دوزهای مختلف پنکونازول در شکل۶ نشان داده شده است، همان‌طور که در شکل ۵ و ۶ دیده می شود، در ناحیه ۱ جدایه‌های چناران ۱ و۲، در ناحیه ۲ تمام جدایه‌های نیشابور و جدایه سبزوار ۱ و در ناحیه ۳، جدایه های بردسکن ۱ و۲، کاشمر ۱ و۲ و خلیل آباد ۲ و ۳ از نظر مقادیر EC_{50} جزء حساس‌ترین جدایه‌ها بودند و تفاوت معنی داری در سطح احتمال آماری $P\leq$ ۰/۰۵ بین بقیه جدایه ها در مقدار EC_{50} دیده نمی شود. بیشترین و کمترین مقدار EC_{50} در این سه ناحیه برای این قارچکش به ترتیب مربوط به جدایه‌های درگز۱ (۹۳۲/. میلی گرم در لیتر) و کاشمر۲ (۰۵۲/. میلی‌گرم در لیتر) و میانگین EC_{50} تمامی جدایه ها (۴۷۲/. میلی‌گرم در لیتر) بود.

تغییرات میزان EC_{50} هگزاکونازول در مورد جدایه‌های *E. necator* جمع‌آوری شده در مرحله آسکوسپوری و مرحله کنیدیایی به ترتیب نشان دادند که جدایه مشهد۱ (۰/۰۶ میلی‌گرم در لیتر) و جدایه نیشابور۴ (۰/۰۷میلی‌گرم در لیتر) حساس تر از بقیه جدایه‌ها هستند (شکل۷ و ۸). همچنین نتایج به دست آمده نشان دادند که میانگین EC_{50} جدایه‌های جمع‌آوری شده از مرحله آسکوسپوری (۰/۴۲ میلی گرم در لیتر) عامل بیماری در مورد این قارچ‌کش از مرحله کنیدیایی (۰/۶۲ میلی‌گرم در لیتر) آن کمتر می‌باشد و ۸۵ درصد جدایه‌های جمع‌آوری شده در مرحله کنیدیایی عامل بیماری اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال آماری۰/۰۱ $P\leq$ با بقیه جدایه‌ا دارند.

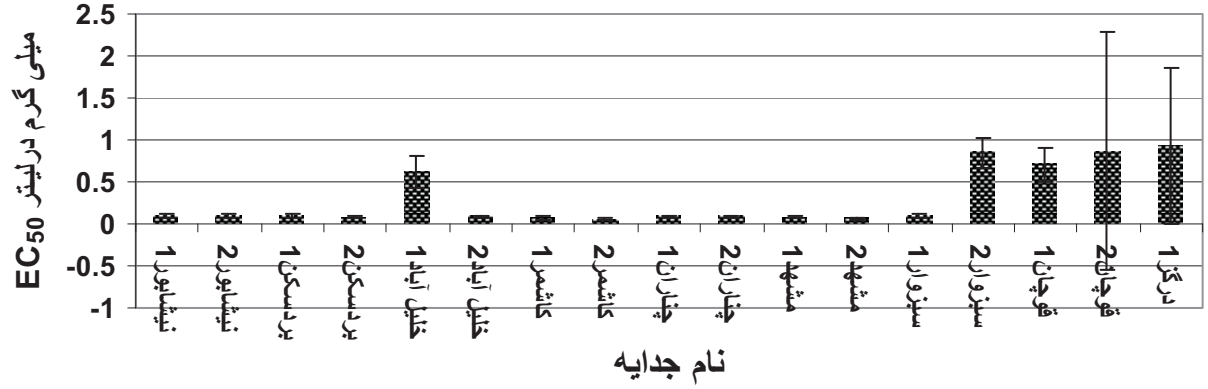


شکل ۵ - تغییرات میزان EC_{50} بدست آمده از منحنی های دوز- پاسخ جدایه‌های *E. necator* نسبت به پنکونازول

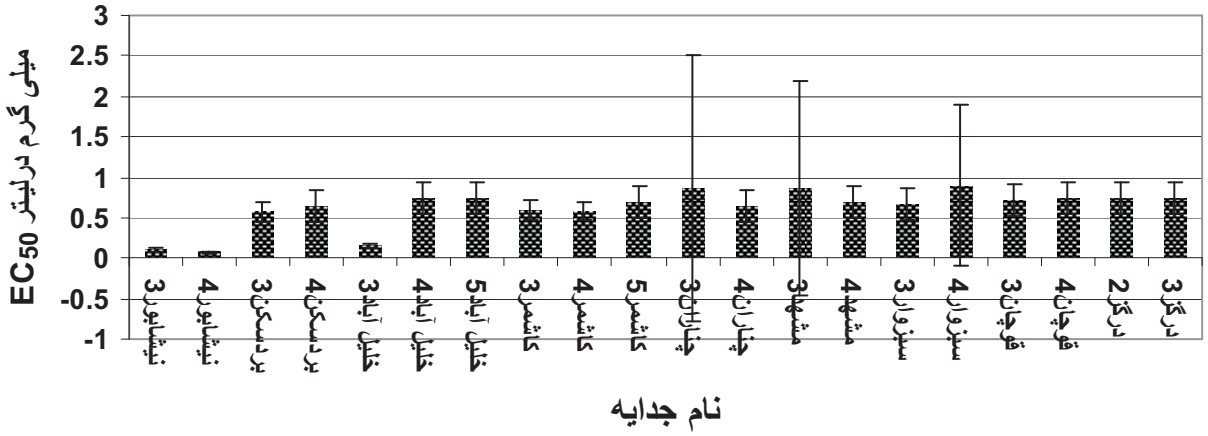


B A C

شکل ٦ - منحنی واکنش *E.necator* در برابردوزهای مختلف پنکونازول در سه ناحیه (A: شهرستان‌های مشهد، چناران، قوچان و درگز، B: شهرستان‌های نیشابور و سبزوار C: شهرستان‌های خلیل‌آباد، کاشمر و بردسکن)



شکل ۷ - تغییرات میزان EC_{50} جدایه‌های مرحله آسکوسپوری *E. necator* نسبت به پنکونازول



شکل ۸ - تغییرات میزان EC_{50} جدایه‌های مرحله کنیدیایی *E.necator* نسبت به پنکونازول

نتیجه‌گیری

در این تحقیق مقاومت ۳۷ جدایه قارچ *E. necator* به قارچ‌کش های پنکونازول و هگزاکونازول در نه شهرستان در استان خراسان رضوی ارزیابی شد. در مورد مقاومت نسبت به این قارچ‌کش‌ها اطلاعات قابل دسترس پس از کاربرد آنها در این استان وجود نداشت ولی استفاده وسیع از برخی از این قارچ‌کش‌ها (پنکونازول) و افزایش تدریجی غلظت کاربردی آنها به دو برابر بیشتر از مقادیر توصیه شده (۱۲۵میلی گرم در لیتر) توسط زارعین برای کنترل این بیماری می تواند نشان دهنده بروز مقاومت به این قارچ‌کش باشد. در استان خراسان رضوی، شیوع این بیماری به صورت دائم وجود دارد و استفاده از قارچ‌کش‌های ضد سنتز ارگوسترول برای کنترل این بیماری متداول می باشد. پس از ثبت این قارچ‌کش‌ها بر روی انگور برای کنترل بیماری سفیدک سطحی، بسیاری از باغداران از پنکونازول به عنوان یک قارچ‌کش موثر در مقادیر بیشتر از میزان توصیه شده استفاده می کنند. این موضوع می تواند به تدریج باعث بروز و گسترش مقاومت در بین جمعیت‌های *E. necator* شده باشد. بیشترین مقادیر EC_{50} در بین تمامی جدایه‌های *E. necator* برای پنکونازول و هگزاکونازول به ترتیب برابر ۰/۹۳۲ و ۳/۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر (شکل۱ و ۵) بود و مقادیر EC_{50} برای پنکونازول نسبت به هگزاکونازول در تمامی مناطق کم‌تر بود، این موضوع ممکن است به علت فعالیت ذاتی بیشتر پنکونازول در کنترل بیماری نسبت به هگزاکونازول باشد.

همچنین جدایه‌هایی با مقادیر EC_{50} مشابه به هر دو قارچ‌کش در تمامی مناطق مورد مطالعه استان دیده شدند، که ممکن است به علت بالا بودن میانگین درجه حرارت این مناطق در ماه‌های تابستان باشد که نرخ بالاتر رشد قارچ را در طی مراحل کنیدیابی آن و فرآیند انتخاب برای مقاومت را نشان می‌دهد. شرایط اقلیمی در نواحی انگورکاری سطح استان ممکن است بتواند علت اختلاف در مقاومت بین جدایه‌های *E. necator* نسبت به قارچ‌کش‌های هگزاکونازول و پنکونازول را توضیح دهد، علاوه بر این فاکتورهایی مانند مقاومت

جزیی ارقام کشت شده در هر منطقه (شمال، مرکز و شمال غربی استان)، تنوع ژنتیکی جمعیت عامل بیماری، عوارض طبیعی موجود در منطقه و وجود فاصله جغرافیایی، حرکت و جابجایی کنیدی‌های عامل بیماری در بین مناطق می توانند در این موضوع نقش داشته باشند زیرا شرایط اقلیمی معمولاً حرکت اینوکولوم عامل بیماری به فواصل دورتر را مساعد می‌کند (۱۱ و ۲۲).

میانگین EC_{50} جدایه‌های به دست آمده از مرحله آسکوسپوری *E. necator* در مورد قارچ‌کش هگزاکونازول از میانگین EC_{50} به دست آمده از مرحله کنیدیابی آن بیشتر و در مورد پنکونازول برعکس بود این موضوع نشان می‌دهد که احتمالا مقاومت به این قارچ‌کش‌ها در جمعیت آسکوسپورهای زمستان‌گذران قارچ عامل بیماری نگهداری و از نتاج جنسی به نتاج حاصل از رشد غیر جنسی عامل بیماری منتقل می شود. در ارزیابی جدایه‌های بدست آمده ناشی از مرحله آسکوسپوری که از مناطق مختلف جمع آوری شدند، بیشترین میزان EC_{50} برای پنکونازول مربوط به شهرستان درگز (۹۳۲/ ۰ میلی گرم در لیتر) بود. بیشتر بودن میزان EC_{50} مرحله کنیدیایی جدایه‌های *E. necator* نسبت به مرحله آسکوسپوری قارچ عامل بیماری در مورد پنکونازول (شکل۷ و ۸) نشان می‌دهد احتمالا مقاومت به این قارچ‌کش‌ها از طریق سیکل جنسی قارچ دائمی می‌شود، زیرا تشکیل کلیستوتسیوم‌های عامل بیماری از اواخر مرداد ماه در استان شروع می شوند (۴) و نوترکیبی ژنتیکی در بین جدایه‌های قارچ همزمان اتفاق می‌افتد، لذا احتمال دارد که مقاومت به این گروه از قارچ‌کش‌ها در بین جمعیت‌های زمستان‌گذران ناشی از مرحله آسکوسپوری این قارچ نگهداری شود، هم چنین احتمال دارد که بیشتر نتاج تولیدی ناشی از آسکوسپورها در ابتدای فصل، از فشار انتخاب به دلیل عدم کاربرد قارچ‌کش‌ها فرار کنند، هر چند این آسکوسپورها از آسکوکارپ‌های تشکیل شده در شهریور ماه و مهرماه هر سال رهاسازی شده و جمعیت‌هایی را بوجود می‌آورند که بایستی مقادیر EC_{50} آنها مشابه EC_{50} جدایه‌های جمع‌آوری شده در شهریور ماه باشد. نتایج این تحقیق نشان می دهد که بروز مقاومت در بین جدایه‌های *E. necator* نسبت به پنکونازول و هگزاکونازول، در استان خراسان رضوی وجود دارد و احتمال دارد حتی این مقاومت در مناطقی که قارچ به شکل غیرجنسی زمستان گذرانی می‌کند نیز وجود داشته باشد. همچنین ثابت شده است که *E. necator* می تواند مقاومت به قارچ‌کش‌ها را در بین جمعیت‌های خود همانند *E. graminis f. sp. hordei* در اروپا نگه دارد (۹ و ۲۲).

کاربرد سولفور در تناوب با قارچ‌کش‌های گروه ضد سنتز ارگوسترول که مقاومت به آنها دیده نشده است کنترل بهتر بیماری را نشان می‌دهد(۹)، این نتایج نشان داد که می‌توان از حداکثر میزان قارچ‌کش توصیه شده این گروه در تناوب با سولفور بعد از دوکاربرد این قارچ‌کش‌ها استفاده کرد (۱۰). همین نتایج در استفاده از قارچ‌کش‌های ضد سنتز ارگوسترول برای کنترل بیماری لکه سیاه سیب ناشی از *Ventura inaequalis* به دست آمده است (۱۳) یعنی کاربرد قارچ‌کش‌های ضد سنتز ارگوسترول به تنهایی در تناوب با یکدیگر نمی‌تواند موجب کاهش نرخ رشد بیماری شود حتی اگر جمعیت جدایه‌های مقاوم به بیماری خیلی کم باشد اما پوشش خوب و تناوب این قارچ‌کش‌ها با سولفور به نظر می‌رسد که می تواند توسعه مقاومت به این قارچ‌کش‌ها را به تاخیر بیاندازد (۲۳).

به طورکلی از آنجایی که در بخش عمده ای از موستان‌های استان حداقل یکی از این دو قارچ‌کش برای کنترل این بیماری(عمدتاً پنکونازول) به کار برده می‌شود کاهش حساسیت *E. necator* به این دو قارچ‌کش ممکن است از طریق فشار انتخاب و بروز مقاومت تقاطعی بین این گروه از قارچ‌کش‌ها به وجود آید و در غلظت‌های توصیه شده برای این قارچ‌کش به نظر می رسد پنکونازول هنوز می‌تواند از ایجاد جدایه های مقاوم در منطقه جلوگیری کند، اما اگر بیماری به طور موثری کنترل نشود، ممکن است فشار انتخاب باعث حساسیت کمتر *E. necator* شود. لذا برای کنترل *E. necator* و مدیریت موفق مقاومت به این گروه از قارچ‌کش‌ها، این قارچ‌کش‌ها بایستی در غلظت‌ها و به روشی استفاده شوند که منجر به بروز جدایه‌های مقاوم در میان جمعیت‌های *E. necator* نشوند (۱۲ و ۱۳) همانند استراتژی که کنترل *V. inaequalis* را همراه با کاهش حساسیت به قارچ‌کش فناریمول، نشان داد (۱۳).

منابع

۱- ارومچی س.، و کالورا ل. ۱۳۸۱. مقایسه اثر چند قارچ‌کش در کنترل بیماری سفیدک سطحی مو در استان آذربایجان غربی. خلاصه مقالات پانزدهمین کنگره گیاه‌پزشکی ایران. ۱۶-۲۰ شهریور ۱۳۸۱ کرمانشاه. صفحه ۲۱۸.

۲- بهداد ا. ۱۳۶۹. بیماری‌های درختان میوه در ایران. چاپخانه نشاط اصفهان ۲۹۸ صفحه.

۳- بهداد ا.، فیلسوف ف. و حسن پور ح. ۱۳۷۷. مقایسه اثر چند قارچ‌کش در کنترل بیماری سفیدک سطحی انگور در استان اصفهان. خلاصه مقالات سیزدهمین کنگره گیاه‌پزشکی ایران۱- ۵ شهریور ۱۳۷۷کرج. صفحات ۲۱۹-۲۱۸.

۴- حاجیان شهری م.، زاد ج.، شریفی تهرانی ع.، اخوت م.، و صفرنژاد ع. ۱۳۸۴. بررسی نقش کلیستوتسیوم در زمستان گذرانی عامل بیماری سفیدک سطحی مو در استان خراسان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، سال نهم، شماره اول. صفحات ۲۳۸- ۲۲۵.

۵- کریمی شهری م. ۱۳۸۷. بررسی کارایی چند قارچ‌کش جدید علیه بیماری سفیدک سطحی مو در استان خراسان. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی

۲۱ صفحه.

۶- نوروزیان م. ۱۳۷۸. فهرست سموم مجاز کشور . انتشارات سازمان حفظ نباتات کشور. ۲۳۳ صفحه.

7- Braun U., Cook R. T. A. Inman A. J. and Shin H. D. 2002. The taxonomy of the powdery mildew fungi. In: The powdery mildews a comprehensive treatise (Belanger, R. R., Bushnell, W. R., Dick, A. J., Timothy L. W., Eds) The American Phytopathological Society St. Paul, Minnesota, USA. PP. 13-55.

8- Erickson E. O., and Wilcox W. F. 1997. Distributions of sensitivity to three sterol demetylation inhibitor fungicides among populations of *U. necator* sensitive and resistant to triadimefon. Phytopatholgy, 87: 784-791.

9- Grove G. G. 2004. Penetration of powdery mildew in vineyards of eastern Washington. Plant Disease, 88:242-247.

10- 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.

11- Hermansen J. E. Torp U. and Prahm L. P. 1978. Studies of transport of live spores of cereal mildew and rust fungi across the North Sea. Grana, 17: 41-46.

12- Koller W., and Wilcox W. F. 2000. Interactive effects of dodine and the DMI fungicide fenarimol n the control of apple scab. Plant Disease, 84: 863-870.

13- Koller W., Wilcox W. F. and Jones A. L. 1999. Quantification, persistence, and status of dodine resistance in New York and Michigan orchard populations of *Venturia inaequalis*. Plant Disease, 83: 66-70.

14- Koller. W., 1995. Managing resistance to sterol demethylation Inhibitors. Pages 340-346 in: Int. Congr. Pestic. Chem, Options 2000, 8th, Conf. Proc. Ser, American Chemical society, Washington D. C.

15- Leroux P., Gredt M. and Bpeda P. 1988. Resistance to inhibitors of sterol biosynthesis in field isolates or laboratory strains of the eyespot pathogen *Pseudocercosporella herpotrichoides*. Pesticides Science, 23: 119-129.

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

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

18- R Development Core Team. 2010. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL http://www.R-project.org/.

19- Savocchia S., Stummer B. Scott E. and Wicks T. 1999. Detection DMI resistance among population of powdery mildew fungus. The Australian Grape grower and winemaker, 424:34 - 41.

20- Seefeldt S. S., Jensen J. E. and Fuerst E. P. 1995. Log-logistic analysis of herbicide dose-response relationships. Weed Technology, 9: 218–227.

21- Streibig J. C., Rudemo M. and Jensen J. E. 1993. Dose-response curves and statistical models. Pages 29–55 In: J. C. Streibig and P. Kudsk, (eds). Herbicide Bioassays. London: CRC.

22- Wolfe M. S., and McDermott J. M. 1994. Population genetics of plant pathogen interactions: The example of the *Erysiphe graminis-Hordeum vulgare* pathosystem. Annual Review Phytopathology, 32: 89-113.

23- Ypema H. L., Ypema, A. and Gubler W. D. 1997. Sensitivity of *Uncinula necator* to benomyl, triadimefon, myclobutanil and fenarimol in California. Plant Disease, 81:243-247.