تأثیر قارچ‌کش‌های مختلف در کنترل بیماری زنگ جارویی زرشک بی‌دانه در استان خراسان جنوبی

Evaluation of efficacy of chemical control on witches' broom rust disease on seedless barberry in South Khorasan province

محمد رضا میرزائی[1*]، هادی محمودی[2]، همایون کاظمی[3] و علی آذری نصرآباد[4]

دریافت: ۱۴۰۲/۳/۱ پذیرش: ۱۴۰۲/۵/۱۸

چکیده

استان خراسان جنوبی بزرگ‌ترین تولیدکننده زرشک بی‌دانه (*Berberis vulgaris* L.) در ایران و دنیا است. تولید و کیفیت این محصول تحت تأثیر بیماری‌های ناشی از بیمارگرهای زنده و غیرزنده قرار می‌گیرد. زنگ جاروئی زرشک، با عامل *Puccinia arrhenatheri*، از مهم‌ترین بیماری‌های این درختچه در استان خراسان جنوبی است. آزمایشی دو ساله به منظور بررسی تأثیر چند قارچ‌کش در کنترل بیماری زنگ جارویی شامل فالکن (تبوکونازول + تریادیمنول + اسپیروکسامین) با دوزهای ۰/۶ و ۱ در هزار، فولیکور ۱ و ۱/۵ در هزار، آمیستاراکسترا (آزوکسی استروبین + سیپروکونازول) ۰/۷۵ و ۱/۲ در هزار و تیلت با دوز ۰/۵ و ۱ در هزار در دو مکان در خراسان جنوبی، طی سالهای ۱۳۹۷و ۱۳۹۸، در زمان بروز علایم بیماری در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. بر اساس یافته‌های این پژوهش، تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مختلف و دوزهای قارچ‌کش‌ها نسبت به تیمار شاهد در کنترل بیماری وجود داشت. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب، یک نوبت کاربرد قارچ‌کش فولیکور به نسبت‌های ۱ و ۱/۵ در هزار در زمان بروز علایم به عنوان مؤثرترین قارچ‌کش در کنترل بیماری تعیین شد. بالاترین میزان شدت بیماری مربوط به تیمار شاهد و اثر تیمارهای قارچکش در کاهش شدت بیماری به ترتیب شامل فولیکور با دوز ۱ در هزار، فولیکور (به میزان ۱/۵ در هزار)، فالکن (به میزان ۰/۶ در هزار)، آمیستاراکسترا (به میزان ۱/۵ در هزار)، آمیستاراکسترا (به میزان ۰/۷۵در هزار)، فالکن (به میزان ۱ در هزار)، تیلت (به میزان ۰/۵ در هزار) بود. بنابراین بر اساس نتایج حاصل از مطالعه حاضر و آزمایش‌های مزرعه‌ای، کاربرد فولیکور (۱ در هزار) یا فالکن (۰/۶ در هزار) در زمان بروز علایم به منظور کنترل مؤثر علیه بیماری و کاربرد تناوبی این دو قارچ‌کش با یکدیگر یا با تیلت (۱ در هزار) جهت جلوگیری از بروز مقاومت نسبت به بیمارگر توصیه می‌شود. ضمن این‌که کاربرد فولیکور به نسبت های ۱ و ۱/۵ در هزار و آمیستاراکسترا با دوز ۰/۷۵در هزار، در زمان بروز علایم، نیز به عنوان موثرترین تیمارها در کاهش تعداد جاروک تعیین شدند.

واژگان کلیدی: بیماری، قارچ‌کش، *Berberis vulgaris*

۱- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات گیاه پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بیرجند، ایران

۲- محقق، بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بیرجند، ایران

۳- مربی پژوهش، بخش تحقیقات بیماری‌های گیاهی، مؤسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۴- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بیرجند، ایران

نویسنده مسئول مکاتبات: mirzaee_mrz@yahoo.com

doi: 10.30495/plant.2023.708697

مقدمه

گونه‌های جنس *Berberis* متعلق به تیره Berberidaceae، شامل درختچه‌هایی با حدود ۵۰۰ گونه می‌باشند که بومی مناطق غرب آسیا، شمال‌غربی آفریقا، جنوب و مرکز اروپا هستند (Salehi *et al*., 2019).

زرشک بی‌دانه (*B. vulgaris* C. K. Schn. var. *asperma* Don.) از مهمترین محصولات باغی استان خراسان جنوبی است که به‌عنوان گیاهی متحمل به خشکی، سرما و تنش شوری شناخته می‌شود (Safamanesh *et al*., 2017). گونه‌های مختلفی از جنس *Berberis* در ایران قابلیت رویش دارند که در این بین زرشک خراسانی بومی ایران است؛ با این وجود، منشأ زرشک بی‌دانه، که استان خراسان جنوبی عمده‌ترین منطقه تولید آن در دنیا است، مشخص نیست (طالبی و همکاران، ۱۳۹۹؛ Tehranifar, 2003).

بر اساس نتایج بررسی گونه‌های زرشک در مناطق مختلف دنیا، احتمالاً فرآیندهای جهش و نوترکیبی در اثر تلاقی‌های بین گونه‌ای به‌صورت طبیعی، به تنوع و ظهور واریته‌های متنوع در این گیاه منجر شده است که اغلب روابط خویشاوندی آنها نیز ناشناخته مانده است (حیدری، ۱۳۸۷).

چندین گونه از بیمارگرهای عامل بیماری زنگ متعلق به جنس *Aecidium*، نظیر گونه‌های *A. montanum*، *A. berberidis*، *A. teodorescoi* و *P. arrhenatheri* گونه‌هایی از زرشک را در مناطق مختلف جهان آلوده می‌کنند (Naef *et al*., 2002؛ Farr and Rossman, 2022؛ Berlin *et al*., 2013؛ Hernández and Hennen, 2003). وقوع چرخه‌های جنسی روی میزبان‌های گونه‌های مختلف زرشک ممکن است سبب ظهور نژادهای جدیدی از این بیمارگرها روی گیاهان گرامینه شود (Jin *et al*., 2010).

برلین و همکاران (۲۰۱۳)، بر اساس داده‌های تبارشناختی مبتنی بر چندژنی و خصوصیات ریخت‌شناختی ساختارهای گونه‌های مولد اسیوم روی گونه‌های زرشک، آرایه‌های *P. graminis* f. sp. *avenae*، *P. graminis* f. sp. *tritci/secalis* و *P. arrhenatheri* را از سوئد گزارش کرده‌اند (Berlin *et al*., 2013).

گونه *B. vulgaris* میزبان واسط چندین بیمارگر عامل بیماری زنگ از تیره گندمیان از جمله چند فرم اختصاصی بیمارگر زنگ ساقه (سیاه) است، ولی تنها گونه *P. arrhenatheri* روی این میزبان باعث بروز علایم جاروک می‌شود (Naef *et al*., 2002؛ Farr and Rossman, 2022).

از ایران، گونه‌های *A. haussknechtianum* از گنبد و سلطان آباد و*A. berberidis* از فشم، دیزین و دماوند روی زرشک بی‌دانه گزارش شده‌اند. گونه *P. arrhenatheri* نیز روی این میزبان از گیلان (منجیل) و زنجان گزارش شده است (ارشاد، ۱۳۸۸؛ میرزائی و همکاران، ۱۴۰۰). بررسی تنوع جدایه‌های ایسیومی میزبان زرشک در استان لرستان، مبتنی بر تکثیر ناحیه IGS1-rDNA، وجود تنوع در بین جدایه‌های مورد بررسی را آشکار ساخته است (مهدی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۵).

مطالعات مبتنی بر خصوصیات ریخت‌شناختی و تبارشناختی چندژنی (Translation Elongation Factor 1-alpha، ITS-rDNA و LSU rDNA)، آشکار نموده است، بیمارگر عامل بیماری زنگ جاروئی در استان‌های خراسان جنوبی و شمالی با *Puccinia arrhenatheri* قرابت دارد به نحوی که درون تبار گروه *P. arrhenatheri* گروه‌بندی می‌شوند (میرزائی و همکاران، ۱۳۹۷). بر اساس بررسی منابع، در خصوص کنترل بیماری زنگ جاروئی زرشک یا بیمارگرهای مرتبط با بیماری تحقیقی در دنیا انجام نشده است. در مطالعه حاضر، تأثیر قارچ‌کش‌های آمیستار اکسترا، فالکن، فولیکور و تیلت در کنترل بیماری زنگ جاروئی زرشک بررسی و ارزیابی شده است.

بر اساس ارزیابی تأثیر کاربرد قارچ‌کش‌های پروپیکونازول (با دوز نیم در هزار) و مانکوزب (۱/۵ در هزار) روی بیماری زنگ جارویی درختچه‌های زرشک پس از ظهور علایم (فروردین سال ۱۳۹۱) در منطقه روشناوند (بیرجند، خراسان جنوبی)، تأثیر

قارچ‌کش پروپیکونازول روی بیماری نسبت به شاهد معنی‌دار بوده، ولی مانکوزب تأثیر معنی‌داری در کنترل بیماری نداشته است (میرزائی و همکاران، ۱۴۰۰).

کاربرد قارچ‌کش های آمیستار اکسترا و فولیکور در مقایسه با قارچ‌کش پروپیکونازول و تیمار شاهد تأثیر معنی‌داری در کنترل بیماری زنگ قهوه‌ای گندم داشته‌اند (Poole and Wylie, 2017). تأثیر فولیکور بر کنترل بیماری زنگ نیشکر و زنگ زرد غلات گزارش شده است (Staier *et al*., 2003؛ Kanwar *et al*., 2019).

کاربرد قارچ‌کش فالکن نیز تأثیر معنی‌داری بر گستره‌ای از بیماری‌های زنگ از جمله زنگ سیاه گندم و سفیدک پودری گیاهان زینتی داشته است (ارجمندیان، ۱۳۹۳؛ Wojdyła, 2006).

بر اساس پژوهش کاظمی و مومنی (۱۳۹۴)، قارچ‌کش های آمیستاراکسترا SC ۲۸۰ به مقدار ۰/۷۵ لیتر در هکتار و فالکن EC۴۶۰ به مقدار ۰/۶ لیتر در هکتار را می‌توان به‌صورت جایگزین یا در تناوب با قارچ‌کش‌های رایج (به ترتیب اهمیت آلتو ۱۰۰ اس‌ال، فولیکور ۲۵۰ ای‌دبلیو، تیلت ۲۵۰ ای سی، ایمپکت ۱۲۵ اس سی و آرتئا ۳۳۰ ای سی) علیه بیماری زنگ زرد گندم در کشور مورد استفاده قرار داد.

مواد و روش‌ها

ارزیابی تأثیر کاربرد چند قارچ‌کش بر بیماری زنگ جارویی زرشک در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با نه تیمار و چهار تکرار در دو مکان در خراسان جنوبی (مناطق قهستان و سربیشه) و طی دو سال (سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۹۷) انجام شد. با شروع علایم بیماری (با تشکیل مرحله اسپرموگونیومی و برگ‌دهی زود هنگام درختچه‌های آلوده نسبت به درختچه‌های فاقد آلودگی)، در دهه سوم اسفند ۱۳۹۶و دهه دوم فروردین ۱۳۹۷، تیمارها روی درختچه‌های زرشک آلوده اعمال شد. میزان آب مصرفی روی هر درختچه زرشک (شاهد یا هر تیمار) حدود ۲ لیتر بود.

تیمارهای آزمایش به شرح ذیل بودند:

Fa1- قارچ‌کش فالکن (تبوکونازول+ تریادیمنول+ اسپیروکسامین) ۴۶٪EC محصول شرکت Bayer، به میزان ۰/۶ در هزار

Fa2- قارچ‌کش فالکن (تبوکونازول+ تریادیمنول+ اسپیروکسامین) ۴۶٪EC ، محصول شرکت Bayer، به میزان ۱ در هزار

Fu1- فولیکور (تبوکونازول) ۲۵٪ EW، محصول شرکت Bayer، به میزان ۱ در هزار

Fu2- فولیکور (تبوکونازول) ۲۵٪ EW، محصول شرکت Bayer، به میزان ۱/۵ در هزار

A1- آمیستار اکسترا (آزوکسی استروبین+ سیپروکونازول) ۲۸٪SC، محصول شرکت Syngenta، به میزان ۰/۷۵ در هزار

A2- آمیستار اکسترا (آزوکسی استروبین+ سیپروکونازول) ۲۸٪SC، محصول شرکت Syngenta، به میزان ۱/۲ در هزار

T1- تیلت (پروپیکونازول) ۲۵٪EC، محصول شرکت Syngenta، به میزان ۰/۵ در هزار

T2- تیلت (پروپیکونازول) ۲۵٪EC، محصول شرکت Syngenta، ۱به میزان در هزار

C- شاهد آب‌پاشی بدون قارچ‌کش

ارزیابی تأثیر تیمارها از زمان اعمال تیمارها (مرحله تورم جوانه برگ یا شروع برگ‌دهی درختچه‌ها که هنوز در درختچه‌های سالم رویش ظاهر نشده است) تا باز شدن اسیدیوم‌ها بر اساس مقیاس اصلاح شده Cobb (Peterson *et al*., 1948؛ Shattock and Bhatti, 1983) روی برگ‌های شاخه‌های واجد علایم شدید بیماری (Fullerton and Menzies, 1974) انجام شد. به منظور اجرای آزمایش، تعداد ۴ سرشاخه از هر درختچه (تعداد ۱۰ برگ از نقاط مختلف هر سرشاخه به‌طور تصادفی) در چهار تکرار (چهار درختچه جداگانه) انتخاب گردید. علایم بر اساس میانگین تعداد اسیدیوم در برگ‌های هر تکرار به شرح ذیل طبقه‌بندی شدند:

درجه ۶: ۸۰-۱۰۰ درصد از برگ دارای علایم

درجه ۵: ۵۰-۸۰ درصد از برگ دارای علایم
درجه ۴: ۳۰-۵۰ درصد از برگ دارای علایم
درجه ۳: ۱۰-۳۰ درصد از برگ دارای علایم
درجه ۲: ۱۰-۵ درصد از برگ دارای علایم
درجه ۱: ۰

صفت تعداد جاروک در هر درخت و حجم جاروک (تعداد شاخسار در هر جاروک) برای هر تیمار در مهر ماه با شمارش آن‌ها روی هر درخت محاسبه شد. داده‌ها به روش تجزیه مرکب با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در دو مکان اجرای پروژه و طی دو سال پیاپی تجزیه و تحلیل گردید. همگنی واریانس‌ها با آزمون بارتلت و مقایسه میانگین‌ها با آزمونLSD در سطح اعتماد ۹۹٪ صورت گرفت و تجزیــه آماری با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS انجام شد.

نتایج و بحث

براساس نتایج بررسی همگنی واریانس‌ها با آزمون بارتلت، واریانس‌ها همگن بوده و امکان اجرای تجزیه مرکب وجود داشت. بر اساس آنالیز تجزیه مرکب واریانس، بین تیمارهای قارچ‌کش‌های استفاده شده بر کنترل بیماری، تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد وجود داشت. اثر منطقه، سال، بلوک و همچنین اثرات متقابل آنها نیز در سطح یک درصد معنی‌دار نبود (جدول ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب اثر تیمارهای قارچکش طی دو سال و در دو مکان در کنترل بیماری زنگ جارویی زرشک

Table 1. Combined analysis of variance for fungicide treatments on witches' broom rust disease control in two regions and two years

p-value	F	میانگین مربعات MS	درجه آزادی df.	S.O.V.	منابع تغییر
0.49	0.48	1.54^{ns}	1	Year	سال
0.014	6.34	20.14^{ns}	1	Location	مکان
0.64	0.21	0.68^{ns}	1	Year×Location	سال×مکان
0.17	1.42	4.51^{ns}	12	Block (year and location)	بلوک (سال و مکان
0.00001	88.71	281.75^{**}	8	Fungicide	قارچکش
0.84	0.52	1.65^{ns}	8	Fungicide×Year	قارچکش×سال
0.10	1.71	5.4^{ns}	8	Fungicide×Location	قارچ کش×مکان
0.20	1.41	4.49^{ns}	8	Fungicide×Location×Year	قارچ کش×مکان×سال
		3.18	96	Error	خطا
			143	Total	کل
				R-square: 0.89	Cv: 10.46

بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون LSD، اثر تیمارهای قارچ‌کش‌های مورد استفاده در تمام دوزهای استفاده شده بر کنترل بیماری، نسبت به تیمار شاهد، در گروه متمایز آماری در سطح احتمال یک درصد قرار گرفتند.

قارچ‌کش‌های فولیکور (غلظت ۱ در هزار)، فولیکور (غلظت ۱/۵ در هزار) و فالکن (۰/۶ در هزار) بهترین تأثیر را در کنترل بیماری داشتند (شکل ۱و جدول ۲). بنابراین از بین دو غلظت مورد استفاده فولیکور، دوز یک در هزار آن جهت کنترل بیماری توصیه می‌شود.

بررسی تأثیر تیمار قارچ‌کش‌ها بر دو فاکتور تعداد جاروک در هر درخت و تعداد شاخسار در هر جاروک (انبوهی جاروک) نشان داد که همه قارچ‌کش‌ها در تمام نسبت‌ها در مقایسه با تیمار شاهد اثر معنی‌دار بر کاهش تعداد جاروک در هر درخت و تعداد شاخسار در هر جاروک داشتند؛ گرچه کمترین تعداد جاروک (شاخص انبوهی جاروک) در هر درخت در تیمارهای قارچ‌کش فولیکور و آمیستاراکسترا ارزیابی شد.

شکل ۱- نمودار مقایسه میانگین قارچ‌کش‌های مختلف در کنترل بیماری زنگ جاروئی زرشک

Fig. 1. Mean comparison of efficacy of different fungicides on witches' broom rust disease control

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر قارچکش‌ها و دوزهای مختلف آنها بر شاخص شدت بیماری زنگ جارویی زرشک

Table 2. Mean comparison of fungicides efficacy with different doses on severity index of witches' broom rust disease

شاخص شدت بیماری Pathogenicity Index	غلظت Concentration	تیمار Treatment	شاخص شدت بیماری Pathogenicity Index	غلظت concentration	تیمار Treatment
15.3 cd	1200 ppm	Amistar آمیستار	28.22 a	-	Control شاهد
11.15 d	600 ppm	Falcon فالکن	16.8 b	500 ppm	Tilt تیلت
14.73 d	1500 ppm	Folicur فولیکور	16.53 bc	1000 ppm	Tilt تیلت
14.5 d	1000 ppm	Folicur فولیکور	16.46 bc	1000 ppm	Falcon فالکن
			15.61 bcd	750 ppm	Amistar آمیستار

بین اثر قارچ‌کش‌ها بر فاکتور تعداد شاخسار در هر جاروک (انبوهی جاروک) تفاوت معنی‌دار بین تیمارها مشاهده شد؛ به طوری که در تیمار قارچ‌کش فولیکور (هر ۲ دوز) و آمیستار (با دوز ۰/۷۵در هزار) کمترین تعداد شاخه در هر جاروک (انبوهی جاروک) مشاهده شد. به عبارتی این دو قارچ‌کش بیشترین تأثیر در جلوگیری از بروز جاروک‌های انبوه در درختچه‌ها را داشتند (جدول ۳).

با توجه به لزوم اعمال مدیریت کنترل تلفیقی بیماری زنگ جاروئی زرشک، توصیه می‌شود مجموعه‌ای از روش‌ها شامل هرس در زمان ظهور جاروک‌های ناشی از آلودگی توسط بیمارگر، هرس تکمیلی در زمان خزان (جاروک‌های باقیمانده) برای اطمینان از حذف کامل جاروک‌ها، همچنین حذف پاجوش‌ها در زمان رویش، اجتناب از انتقال پاجوش‌های درختان آلوده به سایر مناطق زرشک‌کاری (با توجه به سیستمیک بودن بیمارگر)، کاهش میزان پوشش گیاهی باغات (با تأکید بر حذف گندمیان خودرو) و کاربرد قارچ‌کش به نحوی که در زمان بروز علایم (از اواسط اسفند ماه تا اواسط فروردین‌ماه)، در زمان تورم جوانه‌های برگ، به صورت تناوبی با قارچ‌کش‌های مؤثر دیگر (با دوز توصیه شده) باشد (میرزائی و همکاران، ۱۴۰۱).

علاوه بر بیماری زنگ جاروئی زرشک با علایم تشکیل جوش‌هایی با پراکندگی یکنواخت در بخش‌های زیرین، رویی، حاشیه و حتی روی گل و میوه و تولید جاروک در شاخسارها، وقوع نوع دیگری از بیماری زنگ با علایم تشکیل اسیدیوم در زیر برگ‌ها به‌صورت موضعی، در برخی نقاط زرشک‌کاری استان خراسان جنوبی (زیرکوه و شاخنات) مشاهده شده است که بر اساس بررسی‌های مقدماتی مبتنی بر ریخت‌شناسی و توالی‌یابی ناحیه rDNA، بیمارگر در گروه *Puccinia graminis* (عامل بیماری زنگ ساقه غلات) قرار می‌گیرد (میرزائی و همکاران، ۱۴۰۰).

جدول ۳- مقایسه میانگین تأثیر قارچکش‌های مختلف بر دو فاکتور تعداد جاروک در هر درخت و تعداد شاخه در هر جاروک (حجم جاروک) در اثر بیماری زنگ جارویی زرشک

Table 3. Mean comparison of fungicide efficacy with different doses on proliferated twig production and the number of branch per proliferated twig induced by witches' broom rust disease

قارچ کش Fungicide	دوز Dosage	میانگین تعداد جاروک ها در درخت Mean of witches per tree	میانگین تعداد شاخسار در جاروک (حجم جاروک) Mean of branches per witch (witch capacity)
Amistar	750 ppm	0.66 b	0.6 e
Folicur	1500 ppm	0.66 b	1.3 de
Folicur	1000 ppm	0.67 b	1.6 de
Amistar	1200 ppm	1 b	2.3 cde
Tilt	1000 ppm	1 b	3 cde
Falcon	1000 ppm	1.3 b	3.6 bcd
Falcon	600 ppm	1.7 b	4.6 bc
Tilt	500 ppm	2 b	6.3 ab
Control		4.3 a	9 a

علایم این دو بیمارگر روی زرشک به صورت بروز جوش‌های موضعی روی برگ‌ها و عدم تشکیل علایم روی شاخسار زرشک توسط زنگ سیاه غلات، و از سوی دیگر، بروز جاروک در شاخسار به دلیل سیستمک بودن بیمارگر در زنگ جارویی مشاهده می‌شوند. علاوه بر تمایز علایم این دو بیماری، خصوصیات ریخت‌شناختی اسیدیوم دو بیمارگر عامل زنگ جارویی و زنگ ساقه غلات روی میزبان زرشک متمایز است؛ به‌طوری‌که اسیدیوم‌های زنگ ساقه غلات در سطح زیرین برگ به‌صورت موضعی تشکیل می‌شوند ولی اسیدیوم‌های زنگ جارویی در سطوح بالایی، زیرین و حاشیه برگ‌ها و حتی گل و میوه به‌صورت منظم قابل مشاهده‌اند (Berlin *et al*., 2013؛ میرزائی و همکاران، ۱۳۹۷). البته، ظهور علایم بیماری زنگ ساقه در هر دو منطقه روی زرشک، بعد از ظهور علایم بیماری زنگ جاروئی رخ می‌دهد. بنابراین به نظر می‌رسد جهت کنترل دو بیمارگر، افزایش دفعات کاربرد قارچ‌کش‌ها در این مناطق اجتناب‌ناپذیر است.

مرحله اسیدیومی زنگ سیاه (*Aecidium berberidis*) شایع‌ترین زنگ آلوده کننده درختچه‌های زرشک در ایران است. این مرحله به‌صورت آلودگی مخلوط با آرایه *Puccinia magelhaenica* در نمونه‌های زرشک خراسان جنوبی توسط ربانی نسب و همکاران (۱۳۹۶) گزارش شده است. بر اساس داده‌های مولکولی و تأیید نتایج اثبات بیماری‌زایی، درختچه‌های زرشک به‌عنوان میزبان بالقوه ثانویه زنگ‌های سیاه و زرد در استان لرستان نیز گزارش شده است (مهدی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۵).

بر اساس برخی گزارشات از سوی بهره‌برداران و واحدهای اجرائی، کاربرد قارچ‌کش پروپیکونازول با دوزهای توصیه شده، در برخی مناطق تأثیر معنی‌داری در کنترل بیماری نداشته است. از دلایل احتمالی این رخداد، می‌توان بروز نژادهای مقاوم (در نتیجه کاربرد متوالی این قارچ‌کش با غلظت‌های مختلف یا در اثر وقوع چرخه‌های جنسی بیمارگر روی میزبان)، کیفیت آب مورد استفاده در تهیه محلول یا سوسپانسیون قارچ‌کش (با خاصیت قلیائی یا سخت بودن آن)، کاربرد دیر هنگام قارچ‌کش یا وقوع بارندگی بلافاصله بعد از سمپاشی را مطرح نمود.

از دلایل عدم حصول احتمالی نتایج مطلوب در کنترل بیماری با کاربرد قارچ‌کش‌هایی مثل فولیکور نیز، می‌توان به کاربرد دیر هنگام قارچ‌کش و یا کاربرد قارچ‌کش در زمان‌های کوتاه قبل از وقوع بارندگی اشاره کرد. بر اساس مشاهدات میدانی صورت گرفته در جریان اجرای طرح‌های پایلوت و مطالعه حاضر، مؤثرترین زمان کاربرد قارچ‌کش‌ها در زمان بروز علایم همزمان با برگ‌دهی میزبان آلوده در حالی‌که هنوز در درختچه‌های سالم ظهور برگ‌ها مشهود نیست و مقارن با تشکیل اسپرموگونیوم‌ها در سطوح برگ می‌باشد. درختچه‌های آلوده نسبت به سایر درختچه‌ها زودتر وارد فاز رویشی و برگ‌دهی می‌شوند و در زمان بروز علایم اولیه بویی شبیه رایحه گل در باغ منتشر می‌شود که در پژوهش نایف و همکاران (Naef *et al*., 2002) نیز مورد بررسی قرار گرفته است. از این رو انتظار می‌رود کاربرد دیر هنگام قارچ‌کش نسبت به زمان اشاره شده، تأثیر مطلوبی در کنترل بیماری نداشته باشد. شرایط آب و هوائی مانند بارندگی می‌تواند تأثیر سو بر کارائی قارچ‌کش‌ها روی بیماری‌ها از جمله زنگ سویا به دلیل شستشوی بقایای قارچ‌کش، رقیق شدن، جابجائی و غیرفعال شدن قارچ‌کش‌ها داشته باشد (Chechi *et al*., 2021). از این‌رو، علاوه بر احتمال تأثیر سوء بارندگی نزدیک به زمان سمپاشی، کاربرد دیر هنگام ترکیبات شیمیائی نیز می‌تواند توجیه کننده این تغییرات باشد (میرزائی و همکاران، ۱۴۰۰).

بر اساس بررسی‌های اولیه در زمینه ارزیابی کاربرد چند قارچ‌کش در کنترل بیماری در منطقه روشناوند بیرجند (۱۳۹۱)، قارچ‌کش مانکوزب با دوز ۱/۵ در هزار تأثیری در کنترل بیماری نداشته ولی تأثیر پروپیکونازول ۰/۵ نسبت به شاهد معنی‌دار بوده است (میرزائی و همکاران، ۱۴۰۰).

در آزمایشی دیگر (مستقل از پژوهش حاضر)، تأثیر کاربرد قارچ‌کش‌های فالکن (به نسبت ۰/۶ و ۱/۵ در هزار)، فولیکور (به نسبت ۱/۲ در هزار) و تیلت (به نسبت نیم در هزار) در منطقه قهستان (۱۳۹۷) در کنترل این بیماری نسبت به شاهد معنی‌دار بوده است. همچنین کاربرد قارچ‌کش‌های تیلت (به نسبت نیم در هزار)، فولیکور (به نسبت ۱ در هزار) و ترکیب دو قارچ‌کش تیلت و فولیکور (به نسبت ۰/۵ + ۰/۷۵در هزار) نسبت به شاهد (آب‌پاشی) در منطقه شاخنات در سال ۱۳۹۸ در کنترل بیماری نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری نشان داده است (میرزائی و همکاران، ۱۴۰۰).

رشد رویشی برگ‌های زرشک در تیمارهای قارچ‌کش آمیستاراکسترا نسبت به سایر تیمارها و درختان تیمار نشده مشهود بود. دلیل احتمالی آن تأثیر ترکیب آزوکسی‌استروبین بر بهبود رشد رویشی درختچه‌های زرشک می‌تواند باشد. بر اساس پژوهش Vuyyuru و همکاران (۲۰۱۸)، ترکیب آزوکسی‌استروبین در بهبود برخی پارامترهای گیاه نیشکر نظیر رشد و تولید بیوماس شاخسار بیشتر، تأثیر معنی‌داری داشته است.

بر اساس یافته‌های این تحقیق، قارچ‌کش فولیکور با غلظت ۱ در هزار (یک میلی‌لیتر محلول قارچ‌کش در یک لیتر آب)، فولیکور با غلظت ۱/۵ در هزار (یک و نیم میلی‌لیتر محلول قارچ‌کش در یک لیتر آب) و فالکن با غلظت ۰/۶در هزار (۰/۶ میلی‌لیتر محلول قارچ‌کش در یک لیتر آب) بهترین تأثیر را در کنترل بیماری داشتند. از طرفی با توجه به تأثیر بیشتر تیمارهای فولیکور در کاهش تعداد جاروک، فولیکور با غلظت ۱ در هزار (یک میلی‌لیتر محلول قارچ‌کش در یک لیتر آب) به‌عنوان مؤثرترین تیمار جهت کنترل بیماری در قالب مدیریت تلفیقی مبارزه با بیماری زنگ جاروئی زرشک به‌صورت تناوبی با قارچ‌کش‌های دیگر توصیه می‌شود.

از نکات قابل توجه، عدم کنترل معنی‌دار یکی از درختچه‌های زرشک تیمار شده با قارچ‌کش آمیستاراکسترا نسبت به شاهد و دیگر تکرارهای این تیمار بود که به‌طور کامل در سایه‌انداز درخت زردآلو (منطقه خوان قهستان) قرار گرفته بود. احتمالاً سایه‌انداز موجب افزایش یا ماندگاری رطوبت نسبی و مهیا شدن شرایط مطلوب‌تر دمایی برای بیمارگر و در نتیجه ایجاد شرایط مساعدتر برای توسعه بیماری شده است.

با توجه به این‌که زرشک بخشی از اکوسیستم منطقه است، تأکید بر روش مدیریت تلفیقی بیماری ضروری به‌نظر می‌رسد؛ به نحوی که تمرکز بر روش‌های غیرشیمیایی و پیشگیرانه باشد. با توجه به این‌که علاوه بر زرشک بی‌دانه، گونه‌های دیگر

زرشک، میزبان بیمارگر می‌باشند (میرزائی و همکاران، ۱۳۹۷)، احتمالاً راهبرد کاربرد ارقام مقاوم به‌عنوان روشی مهم در پیشگیری یا کاهش خسارت بیماری مؤثر نباشد. از این‌رو، روش‌های دیگری مانند هرس جاروک‌ها در بهار، حذف جاروک‌های باقیمانده در پاییز و زمستان، کاهش رطوبت در باغات با روش‌هایی مانند کاشت غیر متراکم باغات، اجتناب از نقل و انتقال پاجوش‌های درختچه‌های آلوده، حذف گندمیان خودرو داخل و حاشیه باغات در برنامه مدیریت تلفیقی بیماری توصیه می‌شود. ولی با توجه به خسارت بیماری در برخی مناطق زرشک‌کاری استان و لزوم کانون‌کوبی در مناطق پراکنش جدید بیماری، روش مبارزه شیمیایی قابل توصیه می باشد.

سپاسگزاری

مقاله حاضر حاصل بخشی از نتایج گزارش نهایی پروژه مصوب با عنوان "بررسی کنترل شیمیائی بیماری زنگ جاروئی زرشک در خراسان جنوبی" با شماره مصوب ۹۷۰۰۵-۰۰۶-۱۶-۴۴-۲۴ (مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور) می‌باشد. از همکاری مرکز تحقیقات و آموزش و منابع طبیعی کشاورزی خراسان جنوبی قدردانی می‌گردد. از سازمان جهاد کشاورزی خراسان جنوبی به خاطر تأمین اعتبار اجرای پروژه و نیز واحدهای اجرایی آن قدردانی می‌شود. از داوران و ویراستار مقاله بخاطر ارایه راهنمایی و نظرات ارزشمند سپاسگزاری می‌شود.

منابع **References**

ارجمندیان، ا.، رضوی، م. و شهابی، ع. ۱۳۹۳. ارزیابی تأثیر چند قارچ‌کش در کنترل بیماری زنگ ساقه گندم از طریق محلول‌پاشی اندام‌های هوایی. گزارش نهایی مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور (شماره فروست ۴۶۹۶۸)، ۲۰ صفحه.

ارشاد، ج. ۱۳۸۸. قارچ‌های ایران. انتشارات مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور. چاپ سوم، ۵۳۱ صفحه.

حیدری، س.، مرعشی، س.ح.، فارسی، م. و میرشمسی کاخکی، ا. ۱۳۸۷. بررسی تنوع ژنتیکی جمعیت‌های وحشی و زراعی زرشک (*Berberis* sp.) استان‌های خراسان با استفاده از نشانگرهای مولکولی AFLP. مجله علوم باغبانی ۲۲(۲): ۷۶-۶۵.

ربانی‌نسب، ح.، رضوی، م.، آقاجانی، م.ع.، عباسی، م.، ساجدی، س.، میرزائی، م.ر.، ذاکر، م.، دهقانی، ع.، رجایی، س. و الداغی، م. ۱۳۹۶. بررسی نقش بوته‌های زرشک در انتقال عامل بیماری زنگ سیاه گندم به فصل دیگر. پژوهش‌های کاربردی در گیاه‌پزشکی ۶(۴): ۱۱-۲۰.

طالبی، س.، علیزاده، م.، رمضانپور، س.س. و قاسم نژاد، ع. ۱۳۹۹. مطالعه خصوصیات ریخت‌شناسی و تجزیه کالستر ژنوتیپ‌های مختلف زرشک (*Berberis* sp.) در منطقه شمال شرق ایران. نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی ۲۷(۱): ۷۵-۹۱.

کاظمی، ه. و مؤمنی، ح. ۱۳۹۴. مدیریت بیماری زنگ زرد یا خطی گندم. دستورالعمل اجرایی مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور (شماره فروست ۴۶۸۶۹)، ۸ صفحه.

میرزائی، م.ر.، ربانی‌نسب، ح.، ضیاییان احمدی، و.، زراعتگر، ه.، براتی، ا. و پیشنهاد، ا.ع. ۱۳۹۷. بررسی چرخه زندگی عامل زنگ جاروئی درختچه‌های زرشک و تعیین پراکنش آن در خراسان جنوبی و شمالی. گزارش نهائی مصوب، مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور (شماره فروست ۵۴۰۵۱)، ۳۱ صفحه.

میرزائی، م.ر.، محمودی، ه.، کاظمی، ه. و آذری نصرآباد، ع.، سبزعلی، ف.، رمضانی اول، ج. و عصمتی پور، م. ۱۴۰۰. بررسی کنترل شیمیائی بیماری زنگ جارویی زرشک در خراسان جنوبی. گزارش نهائی مصوب، مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور (شماره فروست ۶۲۱۷۶)، ۲۱ صفحه.

میرزائی، م.ر.، محمودی، ه.، کاظمی، ه. و آذری نصرآباد، ع. ۱۴۰۱. مدیریت تلفیقی بیماری زنگ جارویی زرشک. دستورالعمل فنی مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور (شماره فروست ۶۲۷۶۶)، ۸ صفحه.

مهدی‌نیا، ف.، علایی، ح.، صداقتی، ا. و دهقانی، ع. ۱۳۹۵. بررسی پراکنش و تنوع ژنتیکی آلودگی ایسیومی زرشک و اهمیت آن در بیماری زنگ زرد گندم در استان لرستان. بیماری‌های گیاهی ۵۲(۲): ۲۶۶-۲۴۹.

Berlin, A., Kyaschenko, J., Justesen, A.F. and Yuen, J. **2013**. Rust fungi forming aecia on Berberis spp. in Sweden. Plant Disease 97: 1281-1287.

Chechi, A., Deuner, C.C., Forcelini, C.A. and Boller, W. 2021. Asian soybean rust control in response to rainfall simulation after fungicide application. Acta Scientiarum Agronomy 43: 1-9.

Farr, D.F. and Rossman, A.Y. 2022. Fungal Databases, U.S. National Fungus Collections, ARS, USDA. Available at: https://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/. [Retrieved October 21, 2022]

Fullerton, R.A. and Menzies, S.A. 1974. Examination of fungicides for control of poplar rust in Shelterbelts. New Zealand Journal of Experimental Agriculture 2: 429-431.

Hernández, J.R. and Hennen, J.F. 2003. Rust fungi causing galls, witches' brooms, and other abnormal plant growths in northwestern Argentina. Mycologia 95: 728–755.

Jin, Y., Szabo, L.J. and Carson, M. 2010. Century-old mystery of *Puccinia striiformis* life history solved with the identification of *Berberis* as an alternate host. Phytopathology 100: 432-435.

Kanwar, H.R., Shekhawat, P.S., Kumar, V. and Nathawat, B.D.S. 2019. Evaluation of Fungicides for the Management of Stripe Rust (*Puccinia striiformis* f.sp. *hordei*) of Barley. Journal of Cereal Research 10: 224-227.

Naef, A., Roy B.A., Kaiser, R. and Honegger, R. 2002. Insect-mediated reproduction of systemic infections by *Puccinia arrhenatheri* on Berberis vulgaris. New Phytologist 154: 717-730.

Peterson, R.F., Campbell, A.B. and Hannah, A.E. 1948. A diagrammatic scale for estimating rust intensity of leaves and stem of cereals. Canadian Journal of Research 26: 496–500.

Poole, N. and Wylie T. 2017. Septoria fungicide update and latest developments in rust management. Grains Research and development corporation, Australian Government. GRDC (Grains Research and Development Corporation) Update Papers, 7 pp.

Safamanesh, B., Esmaeilzadeh Bahabadi, S. and Izanloo, A. 2017. Investigation of genetic variation in *Berberis vulgaris* using ISSR and SSR molecular markers. Journal of Cell and Molecular Research 9: 23-34.

Salehi, B., Selamoglu, Z., Sener, B., Kilic, M., Kumar, Jugran, A., de Tommasi, N., Sinisgalli, Ch., Milella, L., Rajkovic, J., Flaviana B. Morais-Braga, M., *et al*. 2019. *Berberis* plants-drifting from farm to food applications, phytotherapy, and phytopharmacology. Foods (Basel, Switzerland). 8(10): 522.

Shattock, R.C. and Bhatti, M.H.R. 1983. Fungicides for control of *Phragmidium* on *Rosa laxa*. Plant Pathology 32: 67-72.

Staier, T., Magarey, R. and Willcox, T.G. 2003. Control of orange rust in sugarcane with fungicides. Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technologists 25: 1-14.

Tehranifar, A. 2003. Barberry Growing in Iran," XXVI International Horticultural Congress: Asian Plants with Unique Horticultural Potential: Genetic Resources, Cultural Practices, and Utilization, ISHS Acta Horticulture 1(620): 193-195.

Vuyyuru, M., Sandhu, H.S., McCray, J.M. and Raid, R. 2018. Effects of Soil-Applied Fungicides on Sugarcane Root and Shoot Growth, Rhizosphere Microbial Communities, and Nutrient Uptake. Agronomy 8: 223.

Wojdyła, A.T. 2006. Falcon 460 EC in the control of some ornamental foliage diseases. Applied Biological Sciences 71: 1071-1079.

The Evaluation of efficacy of chemical control on witches' broom rust disease on seedless barberry in South Khorasan province

M.R. Mirzaee[1*], H. Mahmoudi[2], H. Kazemi[3] and A. Azari Nasrabad[4]

Received: 22 May, 2023 Accepted: 9 Aug., 2023

ABSTRACT

South Khorasan province of Iran is the largest producer *of* common barberry *(Berberis vulgaris L.)* in the world. The production and quality of common barberry shrub are affected by broad range of abiotic and biotic causal agents. Witches' broom rust caused by *Puccinia arrhenatheri* is one of the most important diseases of common barberry shrubs in South Khorasan province. A two years' field *e*xperiment carried out to study the control of *barberry* witches' broom rust using the Falcon (Tebuconazole + Spiroxamine + Triadimenol) at concentrations 0.6 and 1 ml L^{-1}, Folicur 1 and 1.5 ml L^{-1}, Amistar Xtra (Azoxystrobin + Cyproconazole) 0.75 and 1.2 ml L^{-1} and Tilt 0.5 and 1 ml L^{-1} at two locations of South Khorasan during 2018-2019 at the time of disease symptoms initiation as randomized complete block design. There was significant difference in witches' broom rust severity scores between the different fungicides and rates of application and control treatment. The results of combined analysis of variance showed that one-time application of Folicur at concentrations 1 and 1.5 ml L^{-1} were determined as the most effective in controlling the disease at the time of disease appearance, followed by Folicur 1 ml L^{-1}, 1.5 ml L^{-1}, Falcon 0.6 ml L^{-1}, Amistar Xtra 1.5 ml L^{-1}, Amistar Xtra 0.75 ml L^{-1}, Falcon 1 ml L^{-1}, Tilt 1 and 0.5 ml L^{-1}. The highest and lowest disease severity were obtained in control and Folicur (1 ml L^{-1}) treatments, respectively. Based on our findings retrieved from results of this study and field trials, Folicur at concentrations *1* ml L^{-1} and Falcon at concentrations 0.6 ml L^{-1} at the time of disease symptoms initiation to achieve efficient control and application of rotation of them to mitigate *f*ungicide resistance development are recommended. Application of treatments including Folicur at concentrations *1 and 1.5* ml L^{-1} and Amistar Xtra at concentrations 0.75 ml L^{-1} were also significantly effective in decreasing the number of witches' brooms.

Key words: *Berberis vulgaris*, disease, fungicide

1. Assistant Professor, Plant Protection Research Department, South Khorasan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Birjand, Iran
2. Researcher, Plant Protection Research Department, South Khorasan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Birjand, Iran
3. Internship, Plant Pathology Department, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Tehran, Iran
4. Assistant Professor, Crop and Horticultural Science Research Department, South Khorasan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Birjand, Iran

Corresponding author: mirzaee_mrz@yahoo.com
doi: 10.30495/plant.2023.708697