پژوهش‌های کاربردی در گیاه‌پزشکی ۱۱ (۱): ۴۷-۳۷ (۱۴۰۱)- مقاله پژوهشی
Journal of Applied Research in Plant Protection 11(1): 37-47 (2022)-Research Article

DOI: https://dx.doi.org/10.22034/arpp.2021.13489

ارزیابی کارآیی قارچ‌کش مخلوط بردو و اینفینیتو در کنترل *Peronospora destructor* عامل بیماری سفیدک داخلی پیاز

موسی نجفی‌نیا[۱]✉، محمدرضا اصلاحی[۲]، حسین عظیمی[۳]

[۱]بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، جیرفت، ایران. [۲]بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران. [۳]بخش تحقیقات بیماری‌های گیاهی، موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، تهران، ایران. ✉ m.najafinia@areeo.ac.ir

دریافت: ۹۹/۱۱/۲۸ بازنگری: ۱۴۰۰/۱/۳۱ پذیرش: ۱۴۰۰/۲/۴

چکیده

بیماری سفیدک داخلی ناشی از قارچ *Perenospora destructor* یکی از بیماری‌های مهم پیاز است. در این تحقیق کارآیی قارچ‌کش پولتیگ‌لیا بردولز (مخلوط بردو WG 20 %) به میزان سه، چهار و پنج کیلوگرم در هکتار و قارچ‌کش اینفینیتو SC 687.5 (فلوپیکولید+پروباموکارپ) به میزان دو لیتر در هکتار و شاهد (بدون قارچ‌کش) برای کنترل این بیماری در آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار در چهار تکرار در دو منطقه جیرفت و بهبهان ارزیابی شد. نتایج آزمایش در هر دو منطقه نشان داد که قارچ‌کش پولتیگ‌لیا در تمامی دزهای مورد استفاده از نظر تاثیر در کاهش شدت بیماری تفاوت معنی‌داری با شاهد دارد. بیشترین تاثیر مربوط به پولتیگ‌لیا پنج کیلوگرم در هکتار و به میزان ۶۳/۵ درصد بود. اثربخشی قارچ‌کش اینفینیتو در دو منطقه بهبهان و جیرفت به ترتیب ۶۱/۹۷ و ۵۳/۲۲ درصد محاسبه شد. مقایسه سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری نشان داد که در تیمار شاهد با آب‌پاشی، این شاخص در بهبهان و جیرفت به ترتیب ۲۱/۴ و ۲۰/۱ واحد بر روز و درتیمار شاهد بدون آب، این شاخص ۲۰/۴ و ۱۶/۹ واحد بر روز بود که بیانگر نقش رطوبت آزاد در افزایش شدت بیماری است. در تیمار قارچ‌کش پولتیگ‌لیا پنج کیلوگرم در هکتار، شاخص سطح زیرمنحنی پیشرفت بیماری در بهبهان و جیرفت به ترتیب ۹/۶ و ۱۰ بود که نشان دهنده تاثیر قارچ‌کش در کاهش این شاخص است. بنابراین تیمار مذکور به میزان مصرف چهار کیلوگرم در هکتار برای کنترل این بیماری توصیه می‌گردد.

کلمات کلیدی: پیاز، سفیدک کرکی، سموم مسی، قارچ‌کش محافظتی، مقاومت به قارچ‌کش‌ها

Efficacy of Infinito and Bordeaux mixture in control of *Peronospora destructor* the causal agent of onion downy mildew

Mousa Najafiniya[1]✉, Mohammad Reza Eslahi[2], Hossain Azimi[3]

[1]Plant Protection Research Department, South Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Jiroft, Iran. [2]Plant Protection Research Department, Agricultural and Natural Resources Research Center of Khuzestan Province, AREEO, Ahvaz, Iran. [3]Plant Disease Research Department, Iranian Research Institute of Plant Protection, AREEO, Tehran, Iran. ✉ m.najafinia@areeo.ac.ir

Received: 16 Feb 2021 Revised: 20 Apr 2021 Accepted: 24 Apr 2021

Abstract

Downy mildew caused by *Perenospora destructor* is one of the most important onion diseases. In this research, the efficiency of Poltiglia Bordolese (Bordeaux Mixture WG 20%) at the rate of three, four and five kg/ha and Infinito SC 687.5 (flopicolide + probamocarp) at the rate of two L/h used to control downy mildew of onion disease and compared with control. The experiment was conducted in a randomized complete block design with six treatments in four replications in Jiroft and Behbahan, Iran. The results indicated that, in terms of effect on reducing the severity of the disease, Poltiglia showed a significant difference in compare with control. The comparison of effectiveness of treatments showed that it was related to those of poltiglia five kg/ha which was 63.5 %. In case of Infinito fungicide which used in Behbahan and Jiroft regions, it was 61.97% and 53.22 %, respectively. The comparison of the area under the disease progress curve (AUDPC) showed that in the control treatment with water spraying, this index recorded 21.4 and 20.1 unites per day in Behbahan and Jiroft respectively, and in the control treatment without water; this index was 20.4 and 16.9 per day, respectively. It indicates the role of free moisture in increasing the severity of the disease. The AUDPC index in Behbahan and Jiroft was 9.6 and 10 respectively, and belonged to the treatment of 5 kg/ha of Poltiglia fungicide. The Poltiglia fungicide at the rate of four Kg/h is recommended for controlling onion downy mildew disease.

Keywords: Copper fungicides, Downy mildew, Fungicide resistance, Onion, Protective fungicide

How to cite:
Najafiniya M, Eslahi MR, Azimi H, 2022. Efficacy of Infinito and Bordeaux mixture in control of *Peronospora destructor* the causal agent of onion downy mildew. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 11 (1): 37–47.

مقدمه

پیاز (*Allium cepa* L.) در میان سبزی‌های کاشته شده در سراسر دنیا، جایگاه بسیار مهمی را به خود اختصاص داده است. بیماری سفیدک داخلی پیاز توسط شبه قارچ *Peronospora destructor* Berk. ایجاد شده و گسترش وسیعی دارد. بیماری سفیدک داخلی پیاز، یکی از مخرب‌ترین بیماری‌های پیاز در ایران بوده و به‌ویژه در مناطق مرطوب و خنک شمالی، شمال غربی و برخی مناطق مرطوب جنوبی (کشت‌های پاییزه و زمستانه) خسارت شدیدی به محصول پیاز وارد می‌کند (Darabi & Eslahi 2014). علائم بیماری به صورت زخم‌های کشیده تا بیضوی، رنگ پریده تا خرمایی تیره روی برگ‌ها و به‌ویژه برگ‌های مسن دیده شده و سرانجام موجب خشکیدگی کامل برگ‌ها می‌شود. نشانه‌های بیماری به رنگ خاکستری تا ارغوانی تیره در نواحی آلوده و به‌ویژه در هوای مرطوب و خنک به راحتی دیده می‌شوند (Langston & Sumner 2000). این بیماری با تحت تاثیر قرار دادن سطح سبز برگ، باعث کاهش قابل توجه وزن سوخ و در نهایت کاهش عملکرد می‌شود (Scholten *et al*. 2007).

شرایط بهینه برای اسپورزایی و جوانه‌زنی قارچ عامل بیماری به خوبی مطالعه شده است. تحقیقات نشان‌داده است که تولید اسپورانژ توسط شبه‌قارچ عامل بیماری سفیدک داخلی پیاز، در دمای بالای ۲۴ درجه‌سانتی‌گراد و رطوبت نسبی کمتر از ۹۵ درصد به شدت کاهش پیدا می‌کند (Buloviene & Surviliene 2006). نتایج همین تحقیق نشان داد که شرایط دمایی ۱۵ درجه سانتی‌گراد به مدت هشت روز و به دنبال آن پنج روز در دمای ۲۲ درجه و رطوبت نسبی بالا، بسیار مساعد برای اسپورزایی است. روش‌های مختلفی از جمله کاربرد قارچ‌کش‌ها، استفاده از القا کننده‌های مقاومت، تغییر تاریخ کاشت و استفاده از ارقام مقاوم برای کنترل بیماری توصیه شده است (Eslahi & Goudarzi 2020). بدون کاربرد قارچ‌کش‌ها برای کنترل بیماری سفیدک داخلی، تولید پیاز امکان پذیر نیست (Buloviene & Surviliene 2006). قارچ‌کش‌های متالاکسیل و سیموکسانیل (Palti 1989)، ریدومیل-ام زد (Tahir *et al*. 1990)، آنتراکول، ریدومیل و اکسی‌کلرور مس (Ahmad & Khan 2000) برای کنترل بیماری سفیدک داخلی پیاز توصیه شده‌اند. سموم مسی به‌عنوان قارچ‌کش‌های محافظتی برای پیش‌گیری از بیماری سفیدک کرکی خیار نیز توصیه شده است (McGrath 2006). سموم مسی و به‌ویژه مخلوط بردو همچنین مصرف زیادی در کنترل بیماری سفیدک داخلی انگور (Martins *et al*. 2014)، لکه آجری بادام (Amanifar 2017)، سفیدک داخلی خیار، لب‌شتری هلو، سفیدک داخلی سیب‌زمینی و لکه سیاه سیب (Fani *et al*. 2019) دارد. قارچ‌کش‌های مسی ازجمله اکسیدمس (نوردوکس WG75%)، اکسی‌کلرورمس (کوپراویت WP35%)، اکسی‌کلرورمس+ سیموکسانیل (کوپروزیت‌سی WP 95.43%) از ترکیبات مسی ثبت شده برای طیف وسیعی از بیماری‌های قارچی و باکتریایی هستند (Fani *et al*. 2019).

در ایران تاکنون قارچ‌کش‌های مختلفی برای کنترل بیماری سفیدک دروغی پیاز معرفی شده است. قارچ‌کش اکولایزر به میزان ۰/۴ کیلوگرم در هکتار (Eslahi & Goudarzi 2020) و قارچ‌کش‌های اینفینیتو، اکویشن‌پرو، پرویکور و کانسنتو نیز در کنترل بیماری سفیدک دروغی پیاز، موثر گزارش شده‌اند (Abkhoo *et al*. 2012).

کنترل شیمیایی بیماری سفیدک دروغی پیاز با استفاده از قارچ‌کش‌ها، اجتناب ناپذیر است. از طرفی آزمایش کارآیی سموم جدید و جایگزین جهت استفاده در تناوب با قارچ‌کش‌های موجود نه تنها به مدیریت کنترل بیماری کمک می‌نماید بلکه خطر ایجاد مقاومت عامل بیماری به قارچ‌کش‌ها را نیز کاهش می‌دهد. به منظور ایجاد تعادل در بازار مصرف داخلی و همچنین صادرات، کشت و تولید پیاز به‌صورت خارج از فصل، در قالب طرح استمرار و کشت‌های پاییزه و زمستانه در مناطق جنوبی کشور جایگاه بسیار مهمی دارد. تولید خارج از فصل محصول پیاز (کشت پاییزه و زمستانه) از نظر شرایط محیطی بسیار مساعد برای شیوع بیماری سفیدک داخلی پیاز است و در صورت عدم کنترل می‌تواند خسارت سنگینی وارد سازد.

سموم مسی یک لایه محافظ روی سطح اندام گیاهی ایجاد کرده و خاصیت قارچ‌کشی دارند و مصرف آنها روی انواع درختان میوه و خیلی از سبزیجات برگی و میوه‌ای توصیه شده است (Fani *et al*. 2020). فاصله تکرار کاربرد این قارچ‌کش هفت تا ۱۴ روز یک‌بار بوده و بسته به نوع میزبان، حداکثر تعداد دفعات تکرار کاربرد آن در یک سال زراعی چهار تا شش نوبت توصیه شده است (Fani *et al*. 2020). در این تحقیق کارآیی قارچ‌کش مسی گرانول با قابلیت خیس شونده در آب با نام Poltiglia Bordolese با فرمولاسیون WG ۲۰٪ و ماده موثره مخلوط بردو ساخت شرکت

Manica کشور ایتالیا جهت کنترل بیماری سفیدک داخلی پیاز ارزیابی و با قارچ‌کش مرجع اینفینیتو (Eslahi & Goudarzi 2020) مقایسه گردید.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در استان خوزستان (بهبهان، دارای آب و هوای نیمه بیابانی تا کوهپایه‌ای، با حداکثر دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد در تیر و مرداد و حداقل صفر درجه در آذر و دی ماه، متوسط بارندگی سالانه ۳۴۵ میلی‌متر) و نیز در منطقه جنوب استان کرمان (جیرفت، دارای تابستان‌های گرم و نسبتا مرطوب و زمستان‌هایی معتدل و کوتاه، با حداکثر دمای بالای ۴۹ درجه و حداقل دمای ۴- درجه، متوسط بارندگی سالیانه حدود ۲۲۰ میلی‌متر) در دو مزرعه‌ی دارای سابقه آلودگی به بیماری سفیدک دروغی پیاز اجرا شد. اطلاعات هواشناسی دوره اجرای پروژه به تفکیک منطقه در جدول ۱ نشان داده شده است. رقم مورد استفاده در بهبهان، تگزاس ارلی وایت (Texas early white) و در جیرفت رقم پریماورا (Primavera) بود (براساس مشاهدات میدانی نگارندگان، هر دو رقم مذکور نسبتا حساس به بیماری شناخته شده‌اند). تحقیقات نشان داده است اغلب ارقام پیاز حساس به بیماری سفیدک داخلی هستند (Kofoet *et al*. 1990).

جدول ۱. اطلاعات هواشناسی سال زراعی ۹۸-۹۹ محل‌های اجرای پروژه.

Table 1. Meteorological informations of places where project has been conducted during 2019-2020.

Month	**October**		**November**		**December**		**January**		**February**		**March**	
Places	Behbahan	Jiroft	Behbahan	Jiroft	Behbahan	Jiroft	Behbahan	Jiroft	Behbahan	Jiroft	Behbahan	Jiroft
mean Maximum Temperature (°C)	43.9	36.7	37.6	28.4	26.5	22	24.3	18.8	29.8	18.8	30	26.6
Mean Minimum Temperature (°C)	16.6	20	6.2	12.5	4.8	8	2.3	5.3	-1.7	6.7	5.8	9.5
Rain (mm)	0.1	0.7	55.4	51.1	90.7	39.9	43.2	92.4	9.6	0	40.9	12.1

در این تحقیق، کارآیی قارچ‌کش پولتیگ‌لیا بردولز در کنترل بیماری سفیدک داخلی پیاز با کشت نشایی (نشای سه تا چهار برگی) پیاز مورد بررسی قرار گرفت. این تحقیق در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار در چهار تکرار در دو منطقه مذکور اجرا گردید. هر کرت آزمایشی به مساحت شش مترمربع (به طول سه و عرض دو متر) و شامل پنج ردیف به طول سه متر بود. فاصله بین ردیف‌ها ۳۰ سانتی‌متر و فواصل بین بوته‌ها نیز هفت سانتی‌متر در نظر گرفته شد. قارچ‌کش پولتیگ‌لیا بردولز به میزان سه، چهار و پنج کیلوگرم در هکتار در مقایسه با قارچ‌کش اینفینیتو به میزان دو لیتر در هکتار به عنوان قارچ‌کش مرجع (Eslahi & Goudarzi 2020)، شاهد با آب‌پاشی و شاهد بدون آب‌پاشی سنجیده شد. اعمال تیمارها پس از کاشت و به محض بروز علائم بیماری با استفاده از سمپاش پشتی ۲۰ لیتری، پس از کالیبراسیون به میزان محلول مصرفی یک لیتر برای هر کرت و قبل از ظهر انجام گردید.

قبل از شروع اولین سمپاشی، آمار برداری اولیه انجام شد. تکرار سمپاشی به فاصله ۱۴ روز در نظر گرفته شد. زمانی که شدت بیماری در تیمار شاهد به۵۰ درصد رسید (شکل ۱)، آمار برداری دوم انجام و وقتی به ۹۰ درصد رسید (شکل ۱) آمار برداری سوم (نهایی) انجام شد. شدت بیماری با انتخاب ۱۰ بوته از سه ردیف میانی هر کرت آزمایشی (بوته‌ها قبل از اعمال تیمارها به صورت تصادفی انتخاب و نشانه‌گذاری شدند) طبق جدول ۱ و سیستم نمره دهی یک تا ۹ (Mohibullah *et al*. 1991, Kofoet & Fischer 2007)، تخمین زده شد. میانگین شدت بیماری برای هر کرت آزمایشی با استفاده از رابطه : $Ds = \sum_{i=1}^{ni} \left(\frac{ni \times vi}{N \times V}\right) \times 100$ محاسبه گردید (Pavlou *et al*. 2002)، که در آن DS: شدت بیماری بر حسب درصد، ni: تعداد گیاهان آلوده با نمره مشابه، vi: نمره بیماری از یک تا ۹ برای هر کرت، N: تعداد کل گیاهان مورد ارزیابی در هر کرت و V: بالاترین نمره بیماری (۹) است.

سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (AUDPC) با استفاده از رابطه: $AUDPC = \sum_{i=1}^{Ni-1} \frac{(yi+yi+1)}{2}(ti+1-ti)$ محاسبه شد (Shanner & Finney 1977) که در این فرمول n تعداد دفعات ارزیابی، i نوبت ارزیابی، yi و ti به ترتیب میانگین شدت بیماری و زمان در ارزیابی قبلی، yi +۱ وti +۱ به ترتیب میانگین شدت بیماری و زمان در ارزیابی حاضر است.

اثربخشی تیمارها (بر اساس نتایج جداگانه ارزیابی مرحله دوم، سوم و سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری) در مقایسه با شاهد با آب‌پاشی با استفاده از رابطه : $ef = 100 - (\frac{xt}{xc} \times 100)$ بررسی شد که در این فرمول ef اثربخشی تیمار در کاهش بیماری، xt میانگین شدت بیماری در تیمار و xc میانگین شدت بیماری در شاهد می باشد (Azimi 2014). داده‌های حاصل با نرم افزار آماری SAS تجزیه و سپس نتایج تحلیل گردید. مقایسه میانگین‌ها با روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

شکل ۱. علائم بیماری سفیدک داخلی پیاز در مرحله ۵۰ درصدی شدت بیماری در شاهد (چپ) و در مرحله‌ی ۹۰ درصدی (راست) آلودگی شاهد.

Figure 1. Onion downy mildew symptoms with 50% disease severity in control (left) and with 90% disease severity (right).

جدول ۱. سیستم ارزیابی و نمره‌دهی بیماری سفیدک دروغی پیاز (Mohibullah *et al*. 1991, Kofoet & Fischer 2007).

Table 1. Evaluation and scoring system for onion downy mildew diseas (Mohibullah *et al*. 1991, Kofoet & Fischer 2007).

Disease severity %	Symptom description	Score
0	Without symptoms	1
1	Only a few numbers of leaves infected	2
5	Less than half of plants infected	3
10	The most of plant infected but the invasions are limited to only one leaf in each plant	4
20	The most of plants infected but the invasions are limited to one to two leaves per each plant	5
50	two to four leaves are infected in each plant and plants are in pale green in appearance	6
75	all leaves are infected and plants are scorched in appearance	7
90	all leaves are infected severely and only the central bud is remained green	8
100	all leaves are showing blight	9

نتایج

بیماری سفیدک داخلی پیاز بدون نیاز به آلودگی مصنوعی، در مزرعه آزمایشی پیاز شیوع پیدا کرد و علائم به راحتی قابل مشاهده بودند. علائم بیماری به‌صورت زخم‌های کشیده تا بیضوی، رنگ‌پریده تا خرمایی تیره، روی برگ‌ها و به‌ویژه برگ‌های مسن دیده شد و نهایتا موجب خشکیدگی کامل برگ‌ها گردید (شکل ۲).

شکل ۲. علائم بیماری سفیدک داخلی پیاز در مراحل اولیه (سمت چپ) و خشکیدگی و بلایت کامل برگ (سمت راست).

Figure 2. Onion downy mildew symptoms at primary stage (left) and fully leaf blight (right).

تجزیه واریانس مرکب مکان اجرا

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌های حاصل از بررسی کارآیی قارچ‌کش‌های مختلف در کنترل بیماری سفیدک دروغی پیاز در دو مکان اجرا شامل جنوب استان کرمان (جیرفت) و خوزستان (بهبهان) نشان داد که از نظر درصد شدت بیماری، در نوبت‌های مختلف ارزیابی بعد از اعمال تیمارها در دو مکان اجرا، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود دارد (جدول ۲). اثر متقابل بین تیمار و مکان در ارزیابی قبل از سمپاشی معنی‌دار نبود و نشان دهنده یکنواخت بودن نسبی شدت بیماری قبل از اعمال تیمارها است، ولی در ارزیابی‌های دوم و سوم تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد با شاهد مشاهده شد. مقایسه میانگین مرکب درصد شدت بیماری در مکان‌های اجرا در نوبت‌های مختلف ارزیابی و مقایسه سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (AUDPC) و گروه بندی آنها (جدول ۳) نشان داد، میانگین مکان‌ها در ارزیابی نوبت دوم و سوم در دو گروه جداگانه با اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفتند. با استناد به نتایج جداول ۲ و ۳ تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اجرای آزمایش‌ها در دو مکان به‌صورت جداگانه انجام شد.

جدول ۲. تجزیه واریانس مرکب میانگین شدت بیماری در نوبت‌های مختلف ارزیابی در آزمایش‌های جیرفت و بهبهان.

Table 2. Combined analysis of variance of mean disease severity in different stages of assessment in Jiroft and behbahan experiments.

		Assessment stages		
		1st (before spraying)	2nd	3rd
Source of variations	df	MS	MS	MS
Place	1	0.0299ns	606.01**	138.34**
Block(in place)	6	2.379ns	21.92**	0.403ns
Treatment	5	1.708ns	1432.58**	5329.9**
Treatment × Place	5	1.98ns	94.02**	36.52**
Error	30	1.92	2.05	7.03
CV		6.46	3.95	4.7

*significant differences at 5%, ** significant difference at 1%, ns not significant.

جدول ۳. مقایسه میانگین مرکب شدت بیماری (درصد) در مکان‌های اجرا در نوبت‌های مختلف ارزیابی و گروه بندی آنها.

Table 3. Combined mean comparison of disease severity (Percent) and their grouping in different locations and assessment stages.

	Assessment stage			
place	1st (before spraying)	2nd	3rd	AUDPC[1]
Behbahan	19.6a	39.76a	54.63b	1537a
Jiroft	19.67a	32.66b	58.02a	1430b

Columns with at least one same letters are not significant (Duncan test at 5%). 1 =Area under the disease progress curve.

آزمایش استان خوزستان (بهبهان)

تجزیه واریانس داده‌های حاصل از ارزیابی اول (قبل از اعمال تیمارها) در آزمایش خوزستان (جدول ۴) نشان داد که بین بلوک‌ها و تیمارها تفاوت آماری معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد وجود ندارد. این نتیجه نشان می‌دهد که در شروع ارزیابی‌ها، آلودگی یکنواخت در کرت‌های آزمایشی وجود داشته است. در ارزیابی دوم و سوم اختلاف آماری در سطح یک درصد بین تیمارها مشاهده شد. مقایسه میانگین تیمارها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن نشان داد در ارزیابی دوم شاهد با آب‌پاشی با بیشترین درصد شدت بیماری (۶۲/۷ درصد) در گروه a، و تیمار پولتیگ‌لیا پنج گیلوگرم در هکتار با کمترین درصد شدت بیماری (۲۶/۶ درصد) در گروه e قرار گرفتند. بین تیمارهای چهار و پنج کیلوگرم در هکتار قارچ‌کش پولتیگ‌لیا تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، لذا جهت کاهش میزان مصرف سم، تیمار چهار کیلوگرم در هکتار تیمار برتر است. نتایج ارزیابی سوم نشان داد تیمار شاهد با آب‌پاشی (میانگین شدت بیماری ۹۰/۶ درصد) بیشترین و تیمار پولتیگ‌لیا پنج کیلوگرم در هکتار (با شدت بیماری ۳۳/۱ درصد) کمترین شدت بیماری را نشان دادند. مقایسه شاخص سطح زیرمنحنی پیشرفت بیماری نشان داد شاهد با آب‌پاشی با بیشترین سطح یعنی ۲۳۵۵/۵ در گروه آماری a و تیمار پولتیگ‌لیا چهار و پنج کیلوگرم در هکتار به ترتیب با ۱۰۸۶/۱ و ۱۰۵۸/۳ با کمترین سطح در گروه آماری مشترک e قرار گرفتند. تیمار اینفینیتو با ۱۱۴۴/۴ در گروه جداگانه d قرار گرفت. از نظر مقایسه اثربخشی تیمارها در کاهش شدت بیماری پس از ارزیابی سوم، تیمارهای پولتیگ‌لیا پنج و چهار کیلوگرم در هکتار، به ترتیب با اثربخشی کنترل ۶۳/۵ و ۶۲ درصد و اینفینیتو با اثربخشی ۶۲ درصد بهترین کارآیی را در کنترل بیماری نشان دادند. تیمار پولتیگ‌لیا سه کیلوگرم در هکتار با کمترین اثربخشی (۴۸/۸) در گروه c قرار گرفت. در تیمار شاهد با آب‌پاشی در مقایسه با شاهد بدون آب‌پاشی، اثر افزایشی در شدت بیماری دیده شده که بیانگر نقش رطوبت آزاد در تشدید بیماری است.

جدول ۴. میانگین مربعات شدت بیماری در نوبت‌های مختلف ارزیابی در آزمایش‌های بهبهان و جیرفت.

Table 4. Mean squares of disease severity in different assessment stages in Behbahan and Jiroft experiments.

		Assessment stage							
		1st (before spraying)		**2nd**		**3rd**		**AUDPC**	
Source of variation	df	Behbahan	Jiroft	Behbahan	Jiroft	Behbahan	Jiroft	Behbahan	Jiroft
Block	3	3.7ns	1.05ns	9.65**	34.29**	0.411ns	0.39ns	5342.93*	12595.8**
Treatment	5	0.205ns	3.48ns	1069.18**	457.41**	3012.79**	2553.83**	1441057**	846280.7**
Error	15	1.93	1.29	1.01	3.09	4.32	9.74	1260.6	2316.3
CV		7.08	5.79	2.52	5.38	3.80	5.37	2.30	3.36

*significant differences at 5%, ** significant difference at 1%, ns, not significant.

جدول ۵. مقایسه میانگین درصد شدت بیماری در نوبت‌های مختلف ارزیابی، اثربخشی و گروه‌بندی آنها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در آزمایش‌های بهبهان و جیرفت.

Table 5. Mean comparison of disease severity percentage, efficiency and their grouping using Duncan multiple range test in Behbahn and Jiroft experiments.

Trearments	**1st assessment**		**2nd assessment**		**Control efficiency (after 2nd assessment)**		**3rd assessment**		**Control efficiency (after 3rd assessment)**		**AUPDC**		**Control efficiency (for AUPDC)**	
	Behbahan	Jiroft	Behbahan	Jiroft	Behbahan	Jiroft	Behbahan	Jiroft	Behbahan	Jiroft	Behbahan	Jiroft	Behbahan	Jiroft
Poltiglia 3kg/h	19.4a	18.9b	33.6c	28.7c	46.5	44.1	46.9b	46.5b	48.7	49.1	1336.1c	1227.7c	43.3	42.9
Poltiglia 4kg/h	19.7a	19.5ab	27.2e	27.2cd	56.6	47.1	34.4c	42.09bc	62	54	1086.11e	1159.7cd	53.9	46.1
Poltiglia 5kg/h	19.4a	19.1ab	26.6e	24.4d	57.5	52.3	33.1c	38.5c	63.5	57.9	1085.3e	1065.5e	55.1	50.4
Infinito* 2kg/h	20a	18.8b	30d	24.7d	52.2	51.8	34.4c	42.8bc	62	53.2	1144.4d	1110.9de	51.4	48.3
Control with water spraying	19.4a	20.8a	62.7a	51.3a	_	_	90.6a	91.4a	_	_	2355.5a	2148.3a	_	_
Control without water	19.7a	20.8a	58.3b	39.6b	7.1	22.6	88.33a	86.80a	2.5	5.1	2247.2b	1869.6b	4.6	12.9

Columns with at least one same letters are not significant (Duncan test at 5%). *reference fungicide.

آزمایش منطقه جنوب کرمان (جیرفت)

نتایج تجزیه واریانس آزمایش در منطقه جیرفت (جدول ۴) نشان داد در ارزیابی اول تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایش در سطح احتمال پنج درصد وجود نداشت. نتایج ارزیابی دوم نشان داد بین بلوک‌ها و تیمارها در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. در ارزیابی سوم بین بلوک‌ها تفاوت دیده نشده ولی بین تیمارها در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری مشاهد شد. از نظر سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری نیز تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد (جدول ۵) نشان داد در ارزیابی اول هر چند تفاوت معنی‌دار دیده نشد ولی مقایسه میانگین‌ها تیمارها را در سه گروه آماری قرار داد. مقایسه میانگین‌ها در ارزیابی دوم (زمانیکه درصد شدت بیماری در تیمار شاهد تقریبا ۵۰ درصد بود و دو نوبت سمپاشی انجام شده بود) نشان داد شدت بیماری در تیمار شاهد با آب‌پاشی با ۵۱/۳ درصد، بیشترین مقدار را داشته و در گروه a قرار گرفت در حالیکه تیمار پولتیگ‌لیا پنج کیلوگرم در هکتار به همراه تیمار اینفینیتو کمترین مقدار را داشته و در گروه مشترک d قرار گرفتند. مقایسه میانگین درصد شدت بیماری در ارزیابی سوم (زمانی که شدت بیماری در تیمار شاهد حدود ۹۰ درصد رسیده بود و پنج نوبت سمپاشی انجام شده بود) نشان داد تیمار پولتیگ‌لیا پنج کیلوگرم در هکتار با میانگین درصد شدت بیماری ۳۸/۵ درصد بهترین تیمار بوده ولی تیمارهای اینفینیتو و پولتیگ‌لیا چهار کیلوگرم در هکتار نیز بدون اختلاف معنی‌دار با آن، در ردیف بعدی قرار گرفتند. مقایسه میانگین سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری نشان داد تیمار شاهد با آب‌پاشی با میزان ۲۱۴۸/۳ دارای بیشترین مقدار بوده و تیمار پولتیگ‌لیا پنج کیلوگرم در هکتار با مقدار ۱۰۶۵/۵ کمترین سطح را داشته و به عنوان بهترین تیمار شناخته شد، هرچند که تیمارهای اینفینیتو و پولتیگ‌لیا چهار کیلوگرم در هکتار نیز تفاوت معنی‌داری با آن نداشتند. مقایسه اثربخشی تیمارها در کاهش شدت بیماری در مقایسه با شاهد با آب‌پاشی (جدول ۵)، در ارزیابی سوم نشان داد تیمارهای پولتیگ‌لیا پنج و چهار کیلوگرم در هکتار و اینفینیتو به ترتیب با میزان اثربخشی ۵۷/۹، ۵۴ و ۵۳/۲ درصد بهترین کارآیی را در کنترل بیماری نشان دادند.

بحث

بهترین و موثرترین روش کنترل سفیدک داخلی پیاز و کاهش میزان خسارت، استفاده از ارقام مقاوم است و در شرایط عدم وجود ارقام مقاوم، استفاده از روش کنترل شیمیایی می‌تواند میزان خسارت را کاهش دهد (Abkhoo 2012). در این تحقیق کارآیی قارچ‌کش مسی با قابلیت خیس‌شونده در آب با نام پولتیگ‌لیا بردولز با فرمولاسیون WG ۲۰٪ و ماده موثره مخلوط بردو برای کنترل بیماری سفیدک داخلی پیاز مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج آزمایش در هر دومنطقه بهبهان و جیرفت نشان داد که قارچ‌کش پولتیگ‌لیا در تمامی دزهای مورد استفاده (۳، ۴ و ۵ کیلوگرم در هکتار) در کاهش شدت بیماری سفیدک داخلی پیاز موثر بوده و تفاوت معنی‌داری با شاهد نشان می‌دهد. مقایسه اثربخشی تیمارها در کنترل بیماری سفیدک داخلی پیاز نشان داد بهترین تیمار قارچ‌کش در هر دو منطقه بهبهان و جیرفت مربوط به تیمار پولتیگ‌لیا پنج کیلوگرم در هکتار بود. در ارزیابی سوم اثربخشی قارچ‌کش مرجع مورد استفاده در این تحقیق (اینفینیتو دو کیلوگرم در هکتار) در دو منطقه بهبهان و جیرفت به ترتیب ۶۲ و ۵۳/۲ درصد بود. به‌طور کلی، میانگین اثربخشی تیمارها در منطقه جیرفت حدود پنج تا هشت درصد کمتر از میانگین اثربخشی تیمارها در کنترل بیماری سفیدک داخلی پیاز در بهبهان بود. دلیل بخشی از این اختلاف، میزان بارندگی و رطوبت بیشتر در منطقه جیرفت نسبت به بهبهان در بازه زمانی پیک ظهور بیماری می‌تواند باشد. دادهای هواشناسی در فصل زراعی اجرای پروژه در دو منطقه نشان داد اگر چه متوسط بارندگی در بهبهان حدود ۴۰ میلی‌متر بیشتر از جیرفت بوده است ولی در منطقه جیرفت نزدیک به ۵۰ درصد این بارندگی در زمان پیک ظهور بیماری بوده است. دلیل دیگر این امر تفاوت شرایط مزرعه و مدیریت آن در دو منطقه می‌تواند باشد. با توجه به شرایط و عرف کشت متفاوت در دو منطقه، امکان فراهم ساختن شرایط یکسان مدیریتی در عمل وجود نداشت. تحقیقات نشان داده است شرایط مدیریتی مزرعه به‌ویژه تغذیه صحیح، تعداد بوته در هکتار و میزان آبیاری در شدت بیماری سفیدک داخلی پیاز بسیار تاثیر گذار است (Ahmad & Khan 2001). نتایج همین تحقیق در پاکستان نشان داده است بهترین تعداد بوته در هکتار ۰/۵ میلیون بوته بوده و هشت نوبت آبیاری برای کاهش بیماری مناسب است. بخشی از تفاوت در شدت بیماری

سفیدک داخلی پیاز می تواند به علت تفاوت شرایط مدیریتی در دو منطقه باشد.

نتایج سایر تحقیقات نشان داده است اثربخشی قارچ‌کش اینفینیتو در کنترل بیماری سفیدک داخلی ۶۰ درصد بوده است (Eslahi & Goudarzi 2020). نتایج تحقیق حاضر نشان داد اثربخشی قارچ‌کش اینفینیتو به عنوان قارچ‌کش مرجع در دو منطقه بهبهان و جبرفت به ترتیب ۶۲ و ۵۳/۲ درصد بود و تقریبا با نتایج تحقیقات قبلی در یک راستا بود.

میانگین اثر بخشی قارچکش اینفینیتو در دو منطقه، ۵۷/۲ درصد گزارش شد. دلیل این تفاوت احتمالا به خاطر تفاوت در فواصل زمانی تکرار سمپاشی باشد. در تحقیق Eslahi & Goudarzi (2020) فاصله تکرار سمپاشی ۱۰ روز یکبار و در این تحقیق ۱۴ روز یکبار در نظر گرفته شد. احتمالا پایین بودن اثربخشی قارچ‌کش هدف (پولتیگ‌لیا) در تحقیق حاضر شاید به خاطر فاصله زمانی ۱۴ روز باشد. قارچ‌کش اکولایزر ۰/۴ کیلوگرم در هکتار به فاصله ۱۰ روز یکبار برای کنترل بیماری سفیدک داخلی پیاز با اثربخشی ۸۸ درصد گزارش شده است. نتایج این تحقیق نشان داد اثربخشی قارچ‌کش پولتیگ‌لیا در مقایسه با قارچ‌کش اکولایزر که در تحقیقات قبلی (Eslahi & Goudarzi 2020) استفاده شده است، کمتر است اما جهت جلوگیری از بروز مقاومت در بیمارگر، می‌توان این قارچ‌کش را در تناوب با قارچ‌کش اکولایزر و یا اینفینیتو به‌کار برد.

نتایج این تحقیق نشان داد در هر دو منطقه، قارچ‌کش پولتیگ‌لیا با دز سه کیلوگرم در هکتار اثر بخشی پایینی (۴۸/۷ درصد در آزمایش بهبهان و ۴۹/۱ درصد در آزمایش جیرفت) در کنترل بیماری سفیدک داخلی پیاز دارد و نتایج آزمایش‌ها در هر دو منطقه بهبهان و جیرفت نشان داد با افزایش میزان دز مصرفی قارچ‌کش پولتیگ‌لیا، اثر بخشی آن افزایش یافت به نحوی‌که در هر دو منطقه میزان مصرف پنج کیلوگرم در هکتار اثربخشی بیشتری نشان داد. هر چند، تفاوت معنی‌داری بین دز چهار و پنج کیلوگرم دیده نشد. لذا، در راستای کاهش میزان مصرف سم، تیمار قارچ‌کش پولتیگ‌لیا به میزان مصرف چهار گیلوگرم در هکتار به عنوان تیمار برتر برای کنترل بیماری سفیدک داخلی پیاز معرفی می‌گردد.

اثر بخشی مخلوط بردو در کنترل سفیدک داخلی خیار ۵۹/۲ تا ۷۵/۸ درصد در ایران (Fani *et al*. 2014) و ۶۲/۴۶ درصد در هند گزارش شده است (Chaudhry *et al*. 2009). از معایب سموم مسی، محافظتی بودن این سموم هست که بایستی قبل و یا به محض بروز علائم استفاده شوند و اثر درمانی آنها در مقایسه با اثر محافظتی آنها کمتر است (Fani *et al*. 2019). در تحقیق حاضر، شروع سم‌پاشی با قارچ‌کش هدف زمانی بود که میانگین شدت بیماری در تیمارهای منطقه جیرفت و بهبهان به ترتیب ۱۹/۰۱ و ۱۹/۶۲ درصد (داده‌های ارزیابی قبل از اعمال تیمارها) بود. احتمالا یکی از دلایل دیگر کم بودن اثر بخشی قارچ‌کش پولتیگ‌لیا در این تحقیق می‌تواند به دلیل تاخیر در انجام سم‌پاشی اولیه بعد از بروز علائم باشد.

از معایب دیگر این سموم میزان مصرف بالای آنها در هکتار است. میزان مصرف قارچ‌کش مسی پولتیگ‌لیا در این تحقیق سه تا پنج کیلوگرم در هکتار بود ولی میزان مصرف سم اکولایزر به میزان ۰/۴ کیلوگرم و یا قارچ‌کش اینفینیتو به میزان دو لیتر در هکتار توصیه شده است (Eslahi & Goudarzi 2020). تحقیقات در خصوص انگور نشان داده است که علی‌رغم نقش مفید یون مس در برخی فعالیت‌های گیاه، افزایش میزان مصرف سموم مسی و تجمع بیش از حد یون مس، نگرانی در خصوص احتمال بروز سمیت برای سلول میزبان وجود دارد (Martins *et al*. 2012).

مقایسه سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری در فاصله زمانی ۱۱۰ روزه، نشان داد که در تیمار شاهد با آب‌پاشی، این شاخص در بهبهان و جیرفت به ترتیب ۲۱/۴ و ۲۰/۱ بر روز و درتیمار شاهد بدون آب، ۲۰/۴ و ۱۶/۹ بر روز بود که این امر بیانگر نقش رطوبت آزاد در افزایش شدت بیماری است. ضرورت آن در بروز همه‌گیری، توسط برخی محققین مورد اشاره قرار گرفته است (Palti 1989; Buloviene & Surviliene 2006). در تیمار قارچ‌کش پولتیگ‌لیا پنج کیلوگرم در هکتار، شاخص سطح زیرمنحنی پیشرفت بیماری در بهبهان و جیرفت به ترتیب ۹/۶ و ۱۰ بود که نشان دهنده تاثیر قارچ‌کش در کاهش شاخص سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری است. مخلوط بردو برای استفاده در کشاورزی ارگانیک نیز توصیه شده است (Fani *et al*. 2019).

مکانیسم اثر مخلود بردو به خاطر وجود یون مس (Cu^{2+}) است که مانع جوانه‌زنی اسپور قارچ می‌شود. تاثیر قارچ‌کش در کاهش شاخص سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری در سفیدک داخلی پیاز در تحقیقات قبلی نیز گزارش شده است (Eslahi & Goudarzi 2020; Fadel *et al*. 2015). لذا، استفاده از قارچ‌کش‌ها در مدیریت کنترل بیماری سفیدک داخلی پیاز اجتناب ناپذیر است. مخلوط بردو به اسامی و فرمولاسیون مختلف شامل بردوسیف SC18%،

بردوکسین SC20% و بردوتکس SC18% در ایران روی سفیدک داخلی خیار توصیه شده است (Fani *et al*. 2019). نتایج تحقیقات در پاکستان نشان داده است قارچ‌کش‌های ریدومیل (۲/۵ کیلوگرم در هزار لیتر آب)، آنتراکول و دیتان ام ۴۵ به میزان ۲۰۰ تا ۳۰۰ گرم در ۱۰۰ لیتر آب در کنترل سفیدک داخلی پیاز موثر هستند (Ahmad & Khan 2002). قارچ‌کش پولتیگ‌لیا WG20% مورد استفاده در این تحقیق یک فرمولاسیون گرانول با قابلیت ترشونده در آب از مخلوط بردو است که برای اولین بار جهت کنترل بیماری سفیدک داخلی پیاز استفاده شد و توصیه می‌شود در مدیریت تلفیقی به همراه استفاده از ارقام مقاوم و روش‌های کنترل زراعی استفاده شود.

از دیدگاه کاربردی، نتایج این تحقیق نشان داد اثربخشی قارچ‌کش پولتیگ‌لیا در کنترل بیماری سفیدک داخلی پیاز به میزان پنج کیلوگرم در هکتار در حد ۶۰ درصد است و در مقایسه با قارچ‌کش‌های موجود در بازار اثربخشی کمتری دارد ولی برای جلوگیری از بروز مقاومت می‌توان در تناوب با سایر قارچ‌کش‌های موجود در بازار استفاده شود.

سپاسگزاری

نگارندگان بر خود لازم می‌دانند از موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور به خاطر حمایت از پروژه تحقیقاتی به شماره ۰۴-۷۰-۱۶-۹۸۰۷۰۵ و همچنین از شرکت خزر سم به لحاظ حمایت مالی تشکر و قدردانی نمایند.

References

Abkhoo J, 2012. Efficacy of different fungicides for the control of downy mildew of onion. *Open Access Scientific Reports* 1(6): 1–4.

Ahmad S, Khan H, 2000. Effect of fungicidal synergy on downy mildew management control in onions. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 3: 1042–1043.

Ahmad S, Khan H, 2001. Influence of host management on downy mildew control in onion. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 4 (9): 1126–1128.

Ahmad S, Khan H, 2002. Development of an integrated disease management model for control of onion downy mildew. *Asian Journal of Plant Sciences* 1(4): 448–449.

Amanifar N, 2017. Evaluation of the efficiency of two fungicides on the control of almond leaf blotch disease on two cultivars in along. Zayanderood. *Journal of Plant Protetction* 31(1): 166–171 (in Persian with English abstract).

Azimi H, 2014. Effect of Chlorothalonil and Famoxadone + Cymoxanil in control of early blight disease of tomato under field conditions. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 3(1): 35–49 (in Persian with English abstract).

Buloviene V, Surviliene E, 2006. Effect of environmental conditions and inoculum concentration on sporulation of *Peronospora destructor*. *Agronomy Research* 4: 147–150.

Chaudhry SU, Iqbal J, Mustafa A, 2009. Efficacy of different fungicides for control of downy mildew of cucumber. *The Journal of Animal and Plant Sciences* 19(4): 202–204.

Darabi A, Eslahi MR, 2014. Evaluation of planting time and planting space effects on interaction between Behbahan improved onion population and *Peronospora destructor*. *Research in Plant Pathology* 2(4): 17–24 (in Persian with English abstract).

Eslahi MR, Goudarzi A, 2020. Efficacy of equlizer fungicide in controlling onion downy mildew disease. *Research in Plant Pathology* 6(1): 35–48 (in Persian with English abstract).

Fadel FM, Kamel SM, Elkot GA, Esawy AA, 2015. Use of nanosilica in combination with fungicides in controlling *Peronospora destructor*, the causal agent of onion downy mildew disease. *Egyptian Journal of Plant Protection Research* 3(2): 19–37.

Fani SR, Azimi H, Beiki F, 20۲۰. Efficacy of Various Commercial brands of Bordeaux mixture in the Control of Downy Mildew of Greenhouse Cucumber, *Pseudoperonospora cubensis*. *Pesticides in Plant Protection Sciences* ۵(2): 107–117 (in Persian with English abstract).

Kofoet A, Fischer K, 2007. Evaluation of plant resistance improvers to control *Peronospora destructor*, *P. parasitica*, *Bremia lactucae*, and *Pseudoperonospora cubensis*. *Journal of Plant Disease and Protection* 114(2): 54–61.

Langston DBJR, Sumner DR, 2000. First report of downy mildew caused by *Peronospora destructor* of onion in Georgia. *Phytopathology* 84(4): 489.2.

Martins V, Teixeira A, Bassil E, Hanana M, Blumwald E, *et al.*, 2014. Copper-based fungicide Bordeaux mixture regulates the expression of *Vitis vinifera* copper transporters. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 1–8.

McGrath MT, 2006. Update on managing downy mildew in cucurbits. Vegetable MD Online, Long Island Horticultural Research and Extension Center.http://vegetablemdonline .ppath.cornell.edu/NewsArticles/Cuc_Downy. htm#Top [Accessed on 5 September 2018].

Mohibullah A, 1991. Study on major diseases of bulb vegetables (onion and garlic in NWFP Province. Agricultural Research Institute Tarnab. *Final Technical Report* 130 p.

Palti J, 1989. Epidemiology, prediction and control of downy mildew of onion caused by *Peronospora destructor*. *Phytopathology* 17(1): 31–48.

Pavlou GC, Vakalounakis DJ, Ligoxigakis EK, 2002. Control of root and stem rot of cucumber, caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum*, by grafting onto resistant rootstocks. *Plant Disease* 86: 379–382.

Shanner G, Finney RE, 1977. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. *Phytopathology* 67: 1051–1056.

Scholten OE, Van Heusden AW, Khrustaleva LI, Burger-Meijer K, Mank RA, *et al.*, 2007. The long and winding road leading to the successful introgression of downy mildew resistance into onion. *Euphytica* 156: 345–353.

Tahir M, Mohibullah MS, Saifullah, 1990. The effect of different spray fungicides on downy mildew and yield of onion. *Sarhad Journal of Agriculture* 6: 377–380.

This is an open access article under the CC BY NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/)