

噻呋酰胺与嘧菌酯混配对马铃薯黑痣病菌增效作用及其田间防效

孟润杰¹ 王文桥^{1*} 吴杰¹ 韩秀英¹ 周大伟² 宁昭玉²

(1. 河北省农林科学院植物保护研究所, 河北省农业有害生物综合防治工程技术研究中心, 农业部华北北部作物有害生物综合治理重点实验室, 保定 071000; 2. 陕西上格之路生物科学有限公司, 西安 710065)

摘要: 为明确噻呋酰胺与嘧菌酯混配对马铃薯黑痣病菌 *Rhizoctonia solani* 的增效作用及对马铃薯黑痣病的田间防效, 采用菌丝生长速率法和田间药效试验测定二者混配组合对其的联合毒力, 分别用 Wadley 法和 Abbott 法评价混配组合的增效作用, 并比较拌种、沟施及苗期茎基部喷淋 3 种施药方式对黑痣病的田间防效。结果表明, 噻呋酰胺与嘧菌酯以质量比 3:1、2:1、1:1 和 1:2 进行混配时抑制马铃薯黑痣病菌菌丝生长的增效系数分别为 1.7、2.7、2.5 和 1.9, 其中 2:1 和 1:1 的混配组合增效作用较为明显。240 g/L 噻呋酰胺悬浮剂与 250 g/L 嘧菌酯悬浮剂 1:1 桶混以 240 g (a.i.)/hm² 沟施对马铃薯黑痣病的防效优于拌种和苗期茎基部喷淋的防效, 沟施方式下对植株黑痣病的防效为 65.3%, 对薯块黑痣病的防效为 71.6%, 增效系数为 1.1, 表现增效作用。表明噻呋酰胺与嘧菌酯有效成分质量比 1:1 的混配组合以 240 g (a.i.)/hm² 为推荐剂量沟施可有效防治马铃薯黑痣病。

关键词: 噻呋酰胺; 嘧菌酯; 混配; 马铃薯黑痣病菌; 增效作用

Synergistic interaction and field control effect of mixtures of thifluzamide with azoxystrobin against *Rhizoctonia solani*

Meng Runjie¹ Wang Wenqiao^{1*} Wu Jie¹ Han Xiuying¹ Zhou Dawei² Ning Zhaoyu²

(1. Key Laboratory of Integrated Pest Management on Crops in Northern Region of North China, Ministry of Agriculture; IPM Center of Hebei Province; Plant Protection Institute, Hebei Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Baoding 071000, Hebei Province, China; 2. Shaanxi Sunger Road Bio-Science Company Limited, Xi'an 710065, Shaanxi Province, China)

Abstract: In order to elucidate synergism against *Rhizoctonia solani* using the mixtures of thifluzamide with azoxystrobin and to control disease of potato black scurf in the field, the joint-toxicity of the mixtures of the two fungicides against *R. solani* was examined through the mycelial growth rate assay and the field trials on the controlling efficacy was conducted. The synergism of the mixtures was assessed with the method of Wadley formula and Abbott formula, respectively. The control effects of the mixtures against potato black scurf were treated in field trials of seed dressing, furrow application and spraying to the stem base of seedlings on controlling efficacy against potato black scurf. The results showed that the synergistic ratios of the mixtures of thifluzamide with azoxystrobin at the ratios of 3:1, 2:1, 1:1 and 1:2 were 1.7, 2.7, 2.5, and 1.9, respectively. The mixtures of thifluzamide with azoxystrobin at the ratios of 2:1 and 1:1 exhibited the more obvious synergistic interaction. The furrow application of tank mixture of thifluzamide 240 g/L SC with azoxystrobin 250 g/L SC at the ratio of 1:1 at

基金项目: 国家公益性行业(农业)科研专项(201303018), 国家重点研发计划(2016YFD0200503), 边远贫困地区、边疆民族地区和革命老区人才支持计划科技人员专项计划

* 通信作者 (Author for correspondence), E-mail: wenqiaow@163.com

收稿日期: 2016-04-21

the rate of 240 g (a.i.)/hm² gave higher control efficacy than seed dressing and spraying to the stem base of seedlings and exhibited synergistic interaction with synergistic ratio of 1.1, the control efficacies against potato black scurf in potato stems and tubers by furrow application were 65.3% and 71.6%, respectively. It indicated that the furrow application of tank mixture of thifluzamide 240 g/L SC with azoxystrobin 250 g/L SC at the ratio of 1:1 at the rate of 240 g (a.i.)/hm² could be more effectively for the control of potato black scurf.

Key words: thifluzamide; azoxystrobin; mixture; *Rhizoctonia solani*; synergistic interaction

由立枯丝核菌 *Rhizoctonia solani* 引起的马铃薯黑痣病, 又称立枯丝核菌病、丝核菌溃疡病、黑色粗皮病等, 以带病种薯和土壤传播, 在世界各马铃薯主产区均普遍发生 (Jeger et al., 1996; Djébali & Belhassen, 2010; 刘宝玉等, 2011)。近年来我国马铃薯种植面积逐年扩大, 轮作倒茬年限缩短, 尤其在河北和内蒙古等省区马铃薯轮作倒茬困难, 甚至无法倒茬, 土壤中病原菌数量逐年增加, 黑痣病发生加重 (王宇, 2012; 陈雯廷, 2014)。2008—2009年河北省张家口、承德等市马铃薯主产区均发现黑痣病, 一般地块病株率达到 5%~10%, 围场县克勒沟镇病株率达到 60%~70%, 崇礼县狮子沟原种场病株率达到 20%~30%, 马铃薯产量损失约为 15%, 甚至毁田 (常来等, 2010)。2008 年内蒙古自治区西部马铃薯产区一般田块黑痣病发病率为 50%~10%, 重症田块发病率可达 70%~80% (曹春梅等, 2009), 2009 年乌兰察布市马铃薯种植区黑痣病发病率为 2.7%~52.3%, 重病田植株死亡率高达 90% (刘宝玉等, 2011)。

马铃薯黑痣病是由种薯和土壤带菌传播的病害 (Banville, 1989), 在难以进行有效轮作倒茬的地区使用药剂防治仍是简单有效的防治途径。25 g/L 咯菌腈悬浮种衣剂、250 g/L 嘧菌酯悬浮剂、240 g/L 噁唑酰胺悬浮剂、75% 百菌清可湿性粉剂和 70% 甲基硫菌灵可湿性粉剂等杀菌剂对马铃薯黑痣病均有一定的防效, 主要的施药方式为拌种 (常来等, 2010)、沟施 (曹春梅等, 2011; 陈雯廷等, 2015) 或苗期茎基部喷淋 (刘宝玉等, 2010)。噁唑酰胺类杀菌剂噁唑酰胺和甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂嘧菌酯对马铃薯黑痣病菌具有较好的室内毒力和田间防效 (刘宝玉等, 2010; 曹春梅等, 2011), 但尚未见有关噁唑酰胺与嘧菌酯混配对马铃薯黑痣病菌毒力增效的研究报道。国内关于有效防治马铃薯黑痣病的相关报道较少, 药剂防治措施也不够完善, 本研究通过测定噁唑酰胺和嘧菌酯混配对马铃薯黑痣病菌的联合毒力, 评价并筛选对黑痣病具有较高防效的混配增效组合, 并比较拌种、沟施和苗期茎基部喷淋 3 种施药方式

对黑痣病的田间防效, 以期为使用药剂有效防治马铃薯黑痣病提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试菌株及马铃薯: 马铃薯黑痣病菌于 2014 年分离自河北省承德市围场满族蒙古族自治县克勒沟镇小苇子沟村马铃薯病样上, 纯化后 4℃ 下恒温保存于马铃薯琼脂葡萄糖 (potato dextrose agar, PDA) 斜面上。接种前, 在无菌操作条件下, 将保存于 PDA 斜面上的菌种转接在 PDA 平板上, 23℃ 下培养 7 d 后打取直径 0.5 cm 菌饼备用。供试马铃薯品种为费乌瑞它, 承德大丰马铃薯种业有限公司。

供试药剂及培养基: 96.2% 噁唑酰胺 (thifluzamide) 原药、96.1% 嘧菌酯 (azoxystrobin) 原药, 陕西上格之路生物科学有限公司; 240 g/L 噁唑酰胺悬浮剂, 日本日产化学工业株式会社; 250 g/L 嘧菌酯悬浮剂, 先正达 (苏州) 作物保护有限公司。PDA 培养基: 马铃薯 200 g、葡萄糖 20 g、琼脂粉 12 g、蒸馏水 1 L。

仪器: CAV114C 电子天平, 奥豪斯仪器 (上海) 有限公司; SW-CJ-2F 洁净工作台, 苏州安泰空气技术有限公司; LRH-250-Gb 光照培养箱, 韶关市泰宏医疗器械有限公司; AGROLEX-HD400 背负式手动喷雾器, 新加坡利农有限公司。

1.2 方法

1.2.1 噁唑酰胺和嘧菌酯混配对病菌联合毒力测定

采用菌丝生长速率法测定噁唑酰胺和嘧菌酯及其不同混配组合对马铃薯黑痣病菌菌丝生长的室内毒力。无菌条件下, 分别称取 0.1 g 噁唑酰胺和嘧菌酯原药溶于 1 mL 丙酮, 加入无菌水配制成 1 000 μg/mL 的母液, 然后稀释成 100、50、10、5、1 μg/mL 的药液。按体积比 3:1、2:1、1:1、1:2 和 1:3 的比例取噁唑酰胺母液与嘧菌酯母液混配成噁唑酰胺·嘧菌酯 1 000 μg/mL 的混合药液, 加入无菌水配制成浓度为 100、50、10、5、1 μg/mL 的混合药液备用。按体积比 1:9 的比例, 取配制好的每种药液 6 mL 加入到三角

瓶中 54 mL 已融化并冷却至 55℃ 左右的 PDA 培养基中,充分混匀后分别倒入 3 个直径 9 cm 无菌培养皿中,制成 10、5、1、0.5、0.1 μg/mL 的含药培养基,每处理设 3 次重复,以只含等量丙酮的 PDA 平板为溶剂对照,含等量无菌水的 PDA 平板为空白对照。将纯化的马铃薯黑痣病菌菌饼,菌丝面朝下接种到含药 PDA 平板中心,每皿接入 1 个菌饼,于 23℃ 恒温条件下倒置培养 5 d 后,采用十字交叉法测量各处理的菌落直径。计算各处理对马铃薯黑痣病菌菌丝生长的抑制率,并进行药剂浓度的对数值与抑制率的概率值之间的线性回归分析,求出各处理的毒力回归方程 $y = bx + a$ 、相关系数及有效抑制中浓度 (EC_{50})。抑制率 = (对照菌落直径 - 处理菌落直径) / (对照菌落直径 - 接种菌落直径) × 100%。采用 Wadley 法 (Gisi et al., 1985) 评价噻呋酰胺和嘧菌酯混配后对马铃薯黑痣病菌菌丝生长的联合毒力。Wadley 公式: $EC_{50(th)} = (a + b) / [a / EC_{50}(A) + b / EC_{50}(B)]$; 增效系数 (synergistic ratio, SR): $SR = EC_{50(th)} / EC_{50(ob)}$, 其中, $EC_{50(th)}$ 为理论值, A 、 B 为单剂, a 、 b 为相应单剂在混剂中的比例, $EC_{50(ob)}$ 为实际观察值。SR > 1.5 为增效作用; SR = 0.5~1.5 为相加作用; SR < 0.5 为拮抗作用。

1.2.2 噻呋酰胺和嘧菌酯桶混液对黑痣病防效测定

2015 年 4 月在河北省围场满族蒙古族自治县银窝沟乡银镇村田地中进行试验,前茬作物为马铃薯,黑痣病历年均有发生。露天栽培,一垄双行,垄距 1.0 m,行距 0.2 m,株距 0.35 m。试验共设 8 个处理: 240 g/L 噻呋酰胺悬浮剂 360、240、120 g (a.i.)/hm², 250 g/L 嘧菌酯悬浮剂 180、120 g (a.i.)/hm², 240 g/L 噻呋酰胺悬浮剂与 250 g/L 嘧菌酯悬浮剂有效成分质量比 2:1 桶混 360 g (a.i.)/hm²、有效成分质量比 1:1 桶混 240 g (a.i.)/hm² 和清水对照。试验小区采用随机区组排列,每处理 3 次重复,小区面积 180 m²。施药方法为沟施,即先开深 0.1 m 的沟,播种后用背负式手动喷雾器将不同处理药液均匀喷至薯块上和沟中,覆土 0.15 m 即可。用水量为 450 L/hm²。

马铃薯开花初期调查植株发病情况,每小区随机 5 点取样,每点调查 10 株,将马铃薯植株及未出苗芽块挖出,如茎基部和根部有铁锈色病斑则视为黑痣病,记录病株数。收获时调查薯块黑痣病发病情况,每小区随机 5 点取样,每点收获 10 株马铃薯,按病斑占整个薯块的面积划分病级:0 级:薯块上无病斑;1 级:病斑小,病部面积占整个薯块表面积的 5% 及以下;3 级:病斑较小,病部面积占整个薯块表面积的 6%~10%;5 级:病斑较小或个别较大,病部面积

占整个薯块表面积的 11%~25%;7 级:病斑大小均有分布,病部面积占整个薯块表面积的 26%~50%;9 级:病斑大小均有分布,病部面积占整个薯块表面积的 51% 及以上。病株率 = 病株数 / 调查总株数 × 100%; 防效 = (对照发病率 - 处理发病率) / 对照发病率 × 100%; 病薯率 = 病薯数 / 调查总薯数 × 100%; 病情指数 = Σ (各级病薯数 × 相对级数值) / (调查总薯数 × 9) × 100; 薯块黑痣病防效 = (对照区病情指数 - 处理区病情指数) / 对照区病情指数 × 100%。采用 Abbott 法 (Kosman & Cohen, 1996) 评价 240 g/L 噻呋酰胺悬浮剂和 250 g/L 嘧菌酯悬浮剂桶混防治马铃薯黑痣病的增效作用。Abbott 公式: 理论防效 = $1 - (1 - C_1) \times (1 - C_2) \times 100\%$; 混配增效系数: $SR = \text{实际防效} / \text{理论防效}$, 其中 C_1 、 C_2 为单剂的实际防效。SR > 1 为增效作用; SR < 1 为拮抗作用; SR = 1 为相加作用。

1.2.3 不同施药方式对黑痣病防效的测定

于 2015 年 4 月在河北省围场满族蒙古族自治县银窝沟乡银镇村进行试验,比较拌种、沟施及苗期茎基部喷淋 3 种施药方式对马铃薯黑痣病的田间防效。将 240 g/L 噻呋酰胺悬浮剂与 250 g/L 嘧菌酯悬浮剂按有效成分质量比 1:1 桶混,沟施及苗期茎基部喷淋的施药浓度为 240 g (a.i.)/hm²,拌种用药量为 0.16 g (a.i.)/kg 种薯 (马铃薯播种量为 1 500 kg/hm²,桶混液按 0.16 g (a.i.)/kg 种薯的剂量拌种等于沟施和茎基部喷淋 240 g (a.i.)/hm² 的用量)。拌种:将切好的马铃薯芽块平铺到塑料布上,用喷雾器将配好的药液均匀喷洒到芽块上,混匀晾干后播种,用水量为 0.01 L/kg 种薯。沟施:先开沟距 0.6 m、深 0.1 m 的沟,播种后用背负式手动喷雾器将配好的药液均匀喷至薯块上和沟中,覆土 0.15 m,用水量 450 L/hm²。苗期茎基部喷淋:播种后 45 d,马铃薯出苗后,用背负式手动喷雾器将配置好的药液均匀喷至马铃薯植株茎基部和周围土壤上,用水量为 450 L/hm²。设清水对照,试验共 4 个处理,每处理 3 次重复,试验小区采用随机区组排列,小区面积 180 m²。数据调查、统计及计算方法同 1.2.2。

1.3 数据分析

利用 DPS 7.05 软件进行线性回归分析,得出药剂的毒力回归方程、相关系数以及 EC_{50} ; 采用最小显著差数 (LSD) 法对各处理进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 噻呋酰胺和嘧菌酯对黑痣病菌的联合毒力

噻呋酰胺和嘧菌酯抑制马铃薯黑痣病菌菌丝生

长的EC₅₀实测值分别为0.6、0.5 μg/mL,二者按3:1、2:1、1:1、1:2和1:3的质量比混配后,抑制黑痣病菌丝生长的EC₅₀实测值为0.3、0.2、0.2、0.3、0.4 μg/mL,均低于2个单剂,其中按3:1、2:1、1:1和1:2的质量比混配后增效系数为1.7、2.7、2.5和1.9,均表现增效作用。2:1和1:1的混配组合增效最明显(表1)。

表 1 噻呋酰胺和嘧菌酯混合物对马铃薯黑痣病菌的联合毒力
Table 1 Joint-toxicity of mixtures of thifluzamide with azoxystrobin against *Rhizoctonia solani*

处理(质量比) Treatment (mass ratio)	毒力回归方程 Toxicity regression equation	EC ₅₀ (μg/mL)		增效系数 Synergistic coefficient	相关系数 Correlation coefficient
		实测 Observed	理论 Theoretical		
噻呋酰胺 Thifluzamide	y=0.915x+5.175	0.6	—	—	0.975
嘧菌酯 Azoxystrobin	y=0.790x+5.235	0.5	—	—	0.984
噻呋酰胺:嘧菌酯(3:1) Thifluzamide:Azoxystrobin (3:1)	y=0.800x+5.404	0.3	0.5	1.7	0.977
噻呋酰胺:嘧菌酯(2:1) Thifluzamide:Azoxystrobin (2:1)	y=0.602x+5.419	0.2	0.5	2.7	0.923
噻呋酰胺:嘧菌酯(1:1) Thifluzamide:Azoxystrobin (1:1)	y=0.595x+5.388	0.2	0.6	2.5	0.921
噻呋酰胺:嘧菌酯(1:2) Thifluzamide:Azoxystrobin (1:2)	y=0.501x+5.280	0.3	0.5	1.9	0.962
噻呋酰胺:嘧菌酯(1:3) Thifluzamide:Azoxystrobin (1:3)	y=0.762x+5.333	0.4	0.5	1.4	0.967

2.2 噻呋酰胺和嘧菌酯桶混液对黑痣病的防效

240 g/L 噻呋酰胺悬浮剂与 250 g/L 嘧菌酯悬浮剂 2:1 桶混 360 g (a.i.)/hm²和 1:1 桶混 240 g (a.i.)/hm²沟施对植株黑痣病的防效分别为 67.9% 和 65.3%,对薯块黑痣病的防效分别为 74.2% 和 71.6%;二者防效相当,均显著高于单施 240 g/L 噻呋酰胺悬浮剂

360 g (a.i.)/hm²与 250 g/L 嘧菌酯悬浮剂 180 g (a.i.)/hm²。240 g/L 噻呋酰胺悬浮剂与 250 g/L 嘧菌酯悬浮剂按有效成分质量比 1:1 桶混 240 g (a.i.)/hm²和 2:1 桶混 360 g (a.i.)/hm²处理下,沟施防治马铃薯黑痣病的增效系数分别为 1.1 和 1.0,表现为增效作用和相加作用(表 2)。

表 2 噻呋酰胺和嘧菌酯混配对马铃薯黑痣病的田间防效及增效作用

Table 2 Control effect and synergistic interaction of mixtures of thifluzamide with azoxystrobin against potato black scurf in fields

杀菌剂 Fungicide	剂量 Dose (g (a.i.)/ hm ²)	植株 Plant				薯块 Potato tuber			
		病株率 Rate of diseased plant (%)	防效 Control efficacy (%)	理论 防效 Theoretical control efficacy (%)	增效 系数 Synerg- istic ratio	病情 指数 Disease index	防效 Control efficacy (%)	理论 防效 Theoretical control efficacy (%)	增效 系数 Synerg- istic ratio
240 g/L 噻呋酰胺悬浮剂	360	22.0±1.2 d	60.7±0.4 c	—	—	1.5±0.1 d	62.8±1.7 b	—	—
Thifluzamide 240 g/L SC	240	32.0±2.3 c	42.9±0.6 d	—	—	1.9±0.2 c	50.4±3.0 c	—	—
	120	38.7±1.3 b	30.7±2.4 e	—	—	2.5±0.1 b	36.9±1.6 d	—	—
250 g/L 嘧菌酯悬浮剂	180	21.3±1.3 d	61.9±1.3 bc	—	—	1.4±0.1 de	63.7±0.2 b	—	—
Azoxystrobin 250 g/L SC	120	30.7±1.8 c	45.2±0.7 d	—	—	2.0±0.1 c	47.7±1.7 c	—	—
240 g/L 噻呋酰胺悬浮剂+ 250 g/L 嘧菌酯悬浮剂	240+ 120	18.0±1.2 d	67.9±0.1 a	68.7	1.0	1.0±0.1 f	74.2±1.2 a	74.0	1.0
Thifluzamide 240 g/L SC+ Azoxystrobin 250 g/L SC	120+ 120	19.3±0.7 d	65.3±1.2 ab	62.0	1.1	1.1±0.0 ef	71.6±0.8 a	67.0	1.1
空白对照 Untreated	—	56.0±3.5 a	—	—	—	4.1±0.2 a	—	—	—

表中数据为平均数±标准误。同列数据后不同字母表示经 LSD 法检验在 P<0.05 水平差异显著。Data are mean±SE. Different letters in the same column indicate significant difference at P<0.05 level by LSD test.

2.3 不同施药方式对马铃薯黑痣病的防效

240 g/L 噻呋酰胺悬浮剂和 250 g/L 啮菌酯悬浮剂按有效成分质量 1:1 桶混 0.16 g (a.i.)/kg 种薯拌种及 240 g (a.i.)/hm² 沟施对马铃薯植株黑痣病的防效为 60.4% 和 65.2%, 2 种施药方式的防效相当, 均显著高于苗期茎基部喷淋的防效 33.4%; 桶混液沟施对薯块黑痣病的防效为 66.7%, 显著高于拌种 (60.7%) 和苗期茎基部喷淋 (44.9%) 的防效。苗期茎基部喷淋桶混液对马铃薯植株和薯块黑痣病的防效分别为 33.4% 和 44.9%, 效果最差 (图 1)。

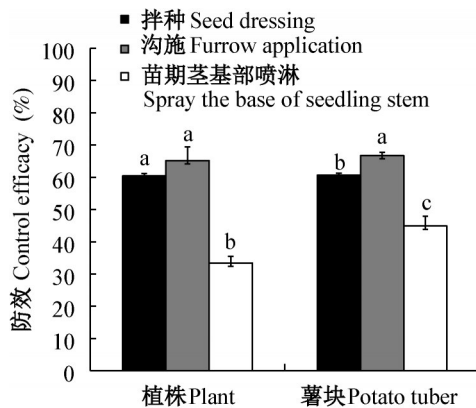


图 1 不同施药方式对马铃薯黑痣病的防效

Fig. 1 Control efficacy of different applying ways for potato black scurf

图中数据为平均数±标准误。不同字母表示不同施药方式间经 LSD 法检验在 $P < 0.05$ 水平差异显著。Data are mean±SE. Different letters among different applying ways indicate significant difference at $P < 0.05$ level by LSD test.

3 讨论

混配药剂的合理筛选、新剂型的研制、施用技术的提高等都是混配药剂开发及应用过程中需要考虑的重要因素, 因此混配药剂在种类及使用技术方面都还有很大的发展空间。Wadley 方法是评价杀菌剂联合作用主要方法之一, 可用于估计任何浓度杀菌剂的互作, 其可靠性不依赖病害的防治水平 (刘学敏和李立军, 2002)。但毕秋艳等 (2009) 研究发现, 杀菌剂的联合作用不能仅凭 Wadley 方法评价, 单一增效比最大的混配组合并不一定就是最佳的组合, 评价杀菌剂联合作用时应从靶标菌体本身特性、单剂表现、组合比例、菌体生活阶段、试验方法、田间药效表现及复配成本等多因素进行全方位的考虑。因此本研究在采用 Wadley 法筛选混配增效组合的基础上进行田间桶混试验, 利用 Abbott 法对室内筛

选的增效组合进行评价, 筛选出最佳配比。本试验结果表明, 采用 Wadley 法分析发现噻呋酰胺·啮菌酯按质量比 2:1 混配的增效系数为 2.7, 大于二者 1:1 的混配组合, 但田间试验中采用 Abbott 法分析发现 240 g/L 噻呋酰胺悬浮剂和 250 g/L 啮菌酯悬浮剂按有效成分质量 1:1 桶混表现增效作用, 二者 2:1 桶混则表现为相加作用, 所以综合分析认为噻呋酰胺与啮菌酯按质量比 1:1 混配是最佳配比。噻呋酰胺和啮菌酯均为植物病原真菌或卵菌呼吸作用抑制剂, 抑制线粒体内产生能量物质 ATP, 但作用位点不同, 噻呋酰胺为琥珀酸脱氢酶抑制剂, 而啮菌酯为线粒体电子传递抑制剂, 二者作用机理互补, 混用后可能增强了对靶标菌线粒体呼吸作用的抑制, 从而表现出增效作用。

马铃薯黑痣病是由种薯和土壤带菌传播的病害, 防治难度较大, 应采用将马铃薯与禾本科作物轮作、使用无病种薯及适时播种等综合措施进行防治 (常来等, 2010)。但在我国河北省及内蒙古自治区等马铃薯一季作区, 马铃薯生产中轮作倒茬困难, 甚至无法倒茬 (王宇, 2012), 因此施用药剂是目前生产中主要的防治手段。曹春梅等 (2011) 研究指出噻呋酰胺对马铃薯黑痣病菌菌丝生长具有较好的抑制效果, 240 g/L 噻呋酰胺悬浮剂 1.5 L/hm² 沟施对马铃薯黑痣病的防效高于 70.0%; 刘宝玉等 (2010) 进行室内毒力测定时发现啮菌酯对马铃薯黑痣病菌菌丝生长抑制效果较好; 陈雯廷等 (2015) 研究表明 250 g/L 啮菌酯悬浮剂 600 mL/hm² 沟施对马铃薯黑痣病的防效高于 60.0%。上述研究的室内毒力测定和田间防效与本试验结果基本相一致。

本研究发现药剂沟施对马铃薯黑痣病的防效好于拌种, 这与刘宝玉等 (2010) 的研究结果相符。药剂沟施可以有效抑制种薯周围土壤中的丝核菌, 保护马铃薯免受或少受丝核菌危害, 是防治黑痣病的首选方法。虽然苗期茎基部喷淋对马铃薯黑痣病防效较差, 但在黑痣病发生较重的地区可在沟施或拌种的基础上进行苗期茎基部喷淋, 从而缓解和降低苗期丝核菌侵染的机会。本研究中 240 g/L 噻呋酰胺悬浮剂和 250 g/L 啮菌酯悬浮剂按有效成分质量比 1:1 桶混 240 g (a.i.)/hm² 沟施对马铃薯安全, 且对黑痣病有较好的防效, 可在田间直接应用。随着我国马铃薯产业的日益发展壮大, 种植面积逐年增加, 重茬、迎茬导致马铃薯黑痣病逐年加重, 应该在研发低毒、高效、低残留的化学药剂基础上开展马铃薯黑

疫病化学防治、农业防治、生物防治等综合防控研究,制订并实施简便易行的马铃薯黑痣病综合防治技术,使马铃薯产业走可持续发展之路。

参 考 文 献 (References)

- Banville GJ. 1989. Yield losses and damage to potato plants caused by *Rhizoctonia solani* Kuhn. American Potato Journal, 66(12): 821–834
- Bi QY, Zhang XF, Wang WQ, Han XY, Ma ZQ. 2009. Using the outcome with SYP-Z048 synergistic mixture of thiram evaluate influencing factors of Wadley. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 24(S): 236–239 (in Chinese) [毕秋艳, 张小凤, 王文桥, 韩秀英, 马志强. 2009. 利用啉菌唑福美双组合增效结果评价 Wadley 方法影响因子. 华北农学报, 24(S): 236–239]
- Cao CM, Li WG, Zhang JP, Zhang QP, Guo JS. 2009. Research status of black scurf in potatoes. Chinese Potato Journal, 23(3): 171–173 (in Chinese) [曹春梅, 李文刚, 张建平, 张庆平, 郭景山. 2009. 马铃薯黑痣病的研究现状. 中国马铃薯, 23(3): 171–173]
- Cao CM, Zhang ZF, Li WG, Hu B, Zhang LH. 2011. Toxicity bioassay and field trial of novel fungicides against *Rhizoctonia solani*. Chinese Potato Journal, 25(4): 246–250 (in Chinese) [曹春梅, 张智芳, 李文刚, 胡冰, 张利辉. 2011. 新型杀菌剂对马铃薯黑痣病菌的室内毒力测定和田间效果分析. 中国马铃薯, 25(4): 246–250]
- Chang L, Wang WQ, Zhu JH. 2010. The occurrence and control strategy of potato black scurf in one cropping region of the north China. Anhui Agricultural Science Bulletin, 16(7): 116–117, 216 (in Chinese) [常来, 王文桥, 朱杰华. 2010. 北方一季作区马铃薯黑痣病的发生及防控策略. 安徽农学通报, 16(7): 116–117, 216]
- Chen WT. 2014. Study and integration on synthetically prevention technology of *Rhizoctonia solani* from potato. Master Thesis. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University (in Chinese) [陈雯廷. 2014. 马铃薯黑痣病综合防控技术的研究与集成. 硕士学位论文. 呼和浩特: 内蒙古农业大学]
- Chen WT, Meng ML, Qu YJ, Chen H, Ma ZW, Hu J. 2015. Integration of prevention technology for control of potato black scurf. Chinese Potato Journal, 29(2): 103–106 (in Chinese) [陈雯廷, 蒙美莲, 曲延军, 陈慧, 马志伟, 胡俊. 2015. 马铃薯黑痣病综合防控技术的集成. 中国马铃薯, 29(2): 103–106]
- Djébali N, Belhassen T. 2010. Field study of the relative susceptibility of eleven potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties and the efficacy of two fungicides against *Rhizoctonia solani* attack. Crop Protection, 29(9): 998–1002
- Gisi U, Binder H, Rimbach E. 1985. Synergistic interaction of fungicides with different modes of action. Transactions of the British Mycological Society, 85(2): 299–306
- Jeger MJ, Hide GA, van den Boogert PHJF, Termorshuizen AJ, van Baarlen P. 1996. Pathology and control of soil-borne fungal pathogens of potato. Potato Research, 39(3): 437–469
- Kosman E, Cohen Y. 1996. Procedures for calculating and differentiating synergism and antagonism in action of fungicide mixtures. Phytopathology, 86(11): 1263–1271
- Liu BY, Hu J, Meng ML, Zhang XY, Shi LH. 2011. Molecular identification and biological characters of the pathogen causing black scurf disease in potato. Journal of Plant Protection, 38(4): 379–380 (in Chinese) [刘宝玉, 胡俊, 蒙美莲, 张笑宇, 石立航. 2011. 马铃薯黑痣病菌病原菌分子鉴定及其生物学特性. 植物保护学报, 38(4): 379–380]
- Liu BY, Meng ML, Hu J, Zhang XY, Yang MM. 2010. Virulence and control efficacy in field of five fungicides on *Rhizoctonia solani* of potato. Chinese Potato Journal, 24(5): 306–310 (in Chinese) [刘宝玉, 蒙美莲, 胡俊, 张笑宇, 杨明明. 2010. 5种杀菌剂对马铃薯黑痣病的病菌毒力及田间防效. 中国马铃薯, 24(5): 306–310]
- Liu XM, Li LJ. 2002. Synergistic interaction of fungicides in mixtures. Pesticide Science and Administration, 23(5): 12–15 (in Chinese) [刘学敏, 李立军. 2002. 杀菌剂混剂的增效作用. 农药科学与管理, 23(5): 12–15]
- Wang Y. 2012. Genetic diversity of *Rhizoctonia solani* from potato in Hebei and Inner Mongolia. Master Thesis. Baoding: Hebei Agricultural University (in Chinese) [王宇. 2012. 河北和内蒙古马铃薯黑痣病菌遗传多样性研究. 硕士学位论文. 保定: 河北农业大学]

(责任编辑:李美娟)