

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2020)04-0229-09

病虫害防治

杀菌剂对马铃薯黑胫病菌毒力及其安全性和田间防效测定

孙彦敏¹, 胡俊^{1*}, 吕文霞², 刘广晶², 武建华¹, 毕采利¹

(1. 内蒙古农业大学, 内蒙古 呼和浩特 010019; 2. 内蒙古中加农业生物科技有限公司, 内蒙古 四子王旗 011800)

摘要: 马铃薯黑胫病(Potato blackleg)是一种种薯传播病害, 危害呈逐年加重趋势。为研究马铃薯黑胫病药效防治措施, 以马铃薯品种‘费乌瑞它’为材料, 采用抑菌圈法测定了不同药剂对黑腐果胶杆菌(*Pectobacterium atrosepticum*)的室内毒力, 并对入选药剂采用拌种、沟施、灌根3种处理方式进行了田间防效试验, 同时对入选药剂使用不同浓度剂量处理种薯在田间进行了药剂安全性测定。结果表明, 噻霉酮、溴硝醇、乙蒜素抑制效果较好, EC_{50} 值分别为38.18, 77.09和168.15 $\mu\text{g/mL}$, 与农用硫酸链霉素相比相差较小。在药剂对马铃薯安全性测定中, 溴硝醇拌种的3个用药浓度对出苗均没有抑制作用, 其他各供试药剂拌种的二倍用量对出苗均有抑制作用。2017和2018年2年防效试验中, 噻霉酮拌种效果最好, 防效分别为75.20%和70.35%, 增产分别为18.18%和24.89%; 其次是溴硝醇拌种、乙蒜素拌种和灌根、噻霉酮灌根, 防效均在52.24%~68.60%; 对比拌种、沟施和灌根3种施药方法, 拌种和灌根效果较好。因此, 噻霉酮、溴硝醇和乙蒜素3种药剂是马铃薯黑胫病防止中的首选药剂, 且使用拌种和灌根效果较好。

关键词: 马铃薯; 黑胫病菌; 杀菌剂; 室内毒力; 田间防效

Toxicity, Safety and Field Control of Bactericide Against Potato Blackleg

SUN Yanmin¹, HU Jun^{1*}, LU Wenxia², LIU Guangjing², WU Jianhua¹, BI Caili¹

(1. Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010019, China;

2. Inner Mongolia Zhongjia Agricultural Biological Technology Co., Ltd., Siziwangqi, Inner Mongolia 011800, China)

Abstract: Potato blackleg is a seed-borne disease of potato, and its harm is increasing year by year. In order to study the control measures of potato blackleg, the indoor toxicity of different bactericides to *Pectobacterium atrosepticum* was measured by bacteriostatic ring method, and the field control effect of selected bactericides was tested by seed dressing, furrow application and root-irrigation using the potato variety 'Favorita' as material. Also, the safety of the selected bactericides was tested in the field with different concentrations and dosages. The inhibitory effects of Benziythia-zolinone, Bronopol and Ethylicin were good, with EC_{50} values being 38.18, 77.09 and 168.15 $\mu\text{g/mL}$, respectively, and inhibitory effect was similar as compared with agricultural streptomycin sulfate. In the determination of the safety of bactericides to potato, the three concentrations of Bronopol had no inhibitory effect on the emergence of seedlings, while the double dosage of other bactericides tested inhibited the emergence. In the two-year control effect test in 2017 and 2018, the seed dressing effect of Benziythia-zolinone was the best, with the control effect of 75.20% and 70.35%, and the yield increase of 18.18% and 24.89%, respectively, followed by Bronopol seed dressing, Ethylicin seed dressing and root-irrigation, and Benziythia-zolinone root-irrigation, with the control effect ranging from 52.24% to

收稿日期: 2019-03-11

基金项目: 国家现代马铃薯产业技术体系(nycytx-15-gwzj-20)。

作者简介: 孙彦敏(1993-), 女, 硕士研究生, 主要从事马铃薯病害研究。

*通信作者(Corresponding author): 胡俊, 教授, 主要从事植物病害综合治理研究, E-mail: hujun6202@126.com。

68.60%。Comparing the three application methods of seed dressing, furrow application and root-irrigation, the effects of seed dressing and root-irrigation were better. Therefore, Benziothia-zolinone, Bronopol and Ethylicin are the preferred bactericides in the control of potato blackleg, and the effect of seed dressing and root-irrigation is better.

Key Words: potato; *Pectobacterium atrosepticum*; bactericide; toxicity; field control efficacy

马铃薯是世界四大粮食作物之一, 中国是世界第一大马铃薯生产国, 产量近7 500万吨, 主要划分为西南、西北、内蒙古和东北四大主产区^[1]。其中内蒙古自治区是中国较大的马铃薯生产基地, 种植面积61.6万公顷, 占全国的18%, 马铃薯产业是当地的主导产业^[2]。生产高产、优质的马铃薯是种植区不断追求的目标, 然而在生产中, 众多病害影响其产量和品质。其中, 马铃薯黑胫病是马铃薯在生长及贮藏期均有发生的一种世界性细菌病害^[3], 感染马铃薯的植株和块茎, 典型症状是根和茎基部腐烂变黑, 植株叶片变黄卷曲, 萎蔫, 继而倒伏、死亡^[4]。薯块发病表皮变黑, 腐烂, 有恶臭味。病菌主要依靠带菌种薯进行远距离传播。马铃薯黑胫病的病原菌为果胶杆菌属(*Pectobacterium* spp.)和狄基氏菌属(*Dickeya* spp.)细菌^[5]。中国马铃薯黑胫病主要由黑腐果胶杆菌(*P. atrosepticum*)侵染引起^[6-9]。

目前, 中国关于马铃薯黑胫病的报道较少, 防治措施不够完善, 且有关药剂防治方面主要使用农用硫酸链霉素这一抗生素类药剂^[10-12]。为降低抗生素在农业上使用可能引起的安全风险, 硫酸链霉素作为农用杀菌剂登记在2016年全部到期, 2018年后将停止使用。但农药作为病害的应急用药, 地位无可取代。作为抗生素的替代品^[13], 研究了许多种其他类型的药剂, 但大多是在室内试验, 而田间试验较少。因此, 本研究收集了当前常见的防治细菌性病害的药剂, 对马铃薯黑胫病菌(*P. atrosepticum*)进行室内毒力及其安全性和田间防效测定, 明确各药剂对马铃薯黑胫病菌的敏感性, 筛选出硫酸链霉素的替代药剂, 并应用于生产, 旨在为化学防治提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

病原菌: 马铃薯黑胫病菌(*P. atrosepticum*), 由内蒙古农业大学植物病理实验室分离、鉴定和保存。

供试种薯: ‘费乌瑞它’原种。

培养基: LB培养基(蛋白胨10 g, 酵母粉5 g, NaCl 5 g, 琼脂20 g, 水1 000 mL)。

供试药剂: 选取16种供试杀菌剂进行室内毒力测定、安全性测定和田间防治试验。具体药剂种类见表1。

1.2 室内毒力测定

采用抑菌圈法。在预试验的基础上, 将各供试药剂母液分别稀释5个浓度梯度。将直径为5 mm滤纸片浸泡到配制好的药液中, 10 min后取出晾干备用。将菌悬液(10^8 cfu/mL)倒入融化冷却至50 ℃左右的LB培养基中, 迅速混合均匀后倒入平板中, 制成含菌平板。在平板上放入3片浸泡好的滤纸片, 28 ℃培养48 h, 用十字交叉法测量抑菌圈直径, 每处理3次重复。以46%氢氧化铜800倍液为对照。

供试药剂对病原菌的生长抑制率为:

生长抑制率(%) = (药剂处理抑菌圈直径 - 对照直径) / (药剂处理直径) × 100

以药剂的浓度对数值作为自变量, 抑制率的几率值作为因变量, 算出各药剂对供试菌的抑制中浓度 EC_{50} 值和相关系数 r 。

1.3 药剂对马铃薯生长安全性及田间防效试验

试验于2017年在内蒙古自治区乌兰察布市四子王旗东八号乡进行。试验小区面积为30 m²(长10 m, 宽3 m), 共设6个处理, 具体处理见表2。先将马铃薯黑胫病菌菌悬液(10^8 cfu/mL)拌于种薯上, 每360 mL菌悬液拌种薯50 kg, 然后再用筛选出的毒力较强的供试药剂进行拌种处理, 晾干后播种。每处理3次重复, 按完全随机区组排列。

2018年增设溴硝醇、乙蒜素、农用硫酸链霉素3种药剂进行田间防效和对马铃薯安全性进行测试。

田间防效试验采用 10^8 cfu/mL菌悬液拌种后(每360 mL菌悬液拌种薯50 kg)分别进行药剂拌种、沟施和灌根处理, 以了解同一种药剂不同施药方法的防效。

表 1 供试药剂
Table 1 Bactericides tested

供试药剂 Bactericide	剂型 Formulation
33.5% 喹啉铜 33.5% Oxine-copper	SC
20% 噻菌铜 20% Thiodiazole-copper	SC
3% 中生菌素 3% Zhongshengmycin	WP
20% 溴硝醇 20% Bronopol	WP
20% 二氯氰尿酸钠 20% Sodium dichloroisocyanurate	WP
15% 络氨铜 15% Cuaminosulfate	AS
3% 噻霉酮 3% Benziothia-zolinone	ME
80% 乙蒜素 80% Ethylicin	EC
20% 松脂酸铜 20% Copper abietate	EW
20% 噻森铜 20% Saisentong	SC
47% 春雷·王铜 47% Chunlei wang tong	WP
80% 啞菌酯 80% Azoxystrobin	WG
2.2% 烷醇·辛菌胺 2.2% Alkanol octylamine	AS
86.2% 氧化亚铜 86.2% Cuprous oxide	WP
46% 氢氧化铜 46% Copper hydroxide	WG
72% 农用硫酸链霉素 72% Agricultural streptomycin sulfate	SPX

表 2 2017 年田间试验处理及方法
Table 2 Field trial treatment and method in 2017

处理 Treatment	处理方法 Method
对照 CK	种薯拌菌
3% 噻霉酮 3% Benziothia-zolinone	3% 噻霉酮 50.40 mL/100 kg 种薯拌种
3% 中生菌素 3% Zhongshengmycin	3% 中生菌素 72 g/100 kg 种薯拌种
47% 春雷·王铜 47% Chunlei wang tong	47% 春雷·王铜 15.34 g/100 kg 种薯拌种
20% 噻菌铜 20% Thiodiazole-copper	20% 噻菌铜 24 g/100 kg 种薯拌种
86.2% 氧化亚铜 86.2% Cuprous oxide	86.2% 氧化亚铜 15.34 g/100 kg 种薯

对马铃薯安全性试验采用菌悬液拌种后进行药剂拌种，药剂浓度为拌种供试浓度的 1/2、1 倍和 2 倍量。

试验小区面积为 9.18 m² (长 3.4 m，宽 2.7 m)，每处理 3 次重复，按完全随机区组排列。以种薯拌菌、空白处理及 72% 农用硫酸链霉素处理为对照。供试药剂及用法、用量见表 3。

1.4 调查方法

空白对照苗齐后调查各药剂对马铃薯植株生长的安全性，即出苗数和株高。当种薯拌菌对照发病后，进行第 1 次病株率调查，1 个月后进行第 2 次病株率调查。9 月 15 日收获并进行测产。

根据出苗数计算出苗抑制率，根据发病率计算

防效。

出苗抑制率(%) = (对照出苗数 - 处理出苗数) / (对照出苗数) × 100

相对出苗率(%) = (处理出苗数 / 对照出苗数) × 100

发病率(%) = (发病株数 / 调查株数) × 100

防治效果(%) = (对照发病率 - 处理发病率) / (对照发病率) × 100

1.5 不同杀菌剂对马铃薯发芽影响试验

根据大田试验出苗情况，对出苗率较低的杀菌剂进行发芽影响验证试验。试验选用直径和高均为 25 cm 的花盆，20 g 左右‘费乌瑞它’切块种薯，每 20 粒种薯块分别用噻霉酮 0.30，0.42 和 0.50 g，春

表3 2018年田间防治黑胫病供试药剂、用法和用量
Table 3 Bactericide, application method and dosage for field control of blackleg in 2018

药剂 Bactericide	拌种浓度 Concentration of seed dressing	沟施浓度 Concentration of furrow application	灌根浓度 Concentration of root-irrigation
20% 溴硝醇 20% Bronopol	15.34 g/100 kg 种薯	23.0 g/667m ²	23.0 g/667m ²
80% 乙蒜素 80% Ethylin	8.16 mL/100 kg 种薯	12.6 mL/667m ²	12.6 mL/667m ²
3% 噻霉酮 3% Benziothia-zolinone	50.40 mL/100 kg 种薯	76.0 mL/667m ²	76.0 mL/667m ²
47% 春雷·王铜 47% Chunlei wang tong	15.34 g/100 kg 种薯	23.0 g/667m ²	23.0 g/667m ²
86.2% 氧化亚铜 86.2% Cuprous oxide	15.34 g/100 kg 种薯	23.0 g/667m ²	23.0 g/667m ²
72% 农用硫酸链霉素 72% Agricultural streptomycin sulfate	1.20 g/100 kg 种薯	1.7 g/667m ²	1.7 g/667m ²

雷·王铜 0.08, 0.13 和 0.20 g, 氧化亚铜 0.08, 0.13 和 0.20 g 拌种。以空白处理及溴硝醇常规用量拌种为对照, 每个处理 2 次重复, 每次重复 10 粒, 20 d 后取出种薯观察发芽情况, 测量芽长, 计算发芽率。

1.6 数据处理

采用 Microsoft Excel 2010 软件计算毒力回归方程、EC₅₀ 值。采用 SPSS 20 进行试验数据分析, 应用 Duncan's 差异显著性检验比较不同处理间在 $P < 0.05$ 水平的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 室内毒力测定

供试的 16 种药剂中, 33.5% 噻啉铜、20% 二氯氰尿酸钠、15% 络氨铜、20% 松脂酸铜、80% 噻菌酯、2.2% 烷醇·辛菌胺、46% 氢氧化铜在含菌平板中均没有产生抑菌圈, 对马铃薯黑胫病菌没有抑制作用; 3% 噻霉酮、20% 溴硝醇、80% 乙蒜素抑制效果较好, EC₅₀ 值依次是 38.18, 77.09 和 168.15 $\mu\text{g/mL}$, 与 72% 农用硫酸链霉素相比, 抑菌圈相差较小; 47% 春雷·王铜、86.2% 氧化亚铜效果一般, EC₅₀ 值分别为 416.87 和 1 504.24 $\mu\text{g/mL}$; 20% 噻菌铜和 3% 中生菌素效果较差, EC₅₀ 值依次是 445.00 和 2 926.40 $\mu\text{g/mL}$ (表 4)。

2.2 药剂对马铃薯生长的安全性

2.2.1 供试药剂不同浓度对马铃薯出苗的影响

拌种处理下, 溴硝醇处理马铃薯种薯的出苗数最多, 3 个供试浓度对出苗均没有抑制作用, 说明溴硝醇对马铃薯幼苗安全; 其中 1 倍量处理出苗抑制率为 -23.80%, 与对照差异显著; 株高最高, 整体生长情况良好。乙蒜素和噻霉酮的 1 倍量以及 1/2 量处理马铃薯种薯对出苗没有抑制作用, 1 倍量处理马铃薯种薯出苗率较高; 2 倍量处理马铃薯种薯对出苗均有抑制作用, 出苗抑制率分别为 7.38% 和 17.80%。春雷·王铜和氧化亚铜 1 倍量处理马铃薯种薯对出苗没有抑制作用, 2 倍量处理马铃薯种薯出苗抑制率较高, 与对照差异显著。经田间观察, 各处理对出苗后的马铃薯生长没有影响 (表 5)。

2.2.2 供试药剂不同施药方式对马铃薯出苗的影响

如图 1 所示, 溴硝醇拌种和沟施、乙蒜素拌种和沟施相对出苗率较高, 均高于 110%, 与对照差异显著, 与农用硫酸链霉素差异不显著; 噻霉酮拌种和沟施、春雷·王铜拌种和沟施、氧化亚铜拌种和沟施的相对出苗率分别为 108.2%、111.5%、106.6%、110.7% 和 104.9%、105.7%, 与对照差异显著, 与农用硫酸链霉素差异显著。

2.2.3 供试药剂对马铃薯发芽的影响

马铃薯发芽情况结果分析如表 6, 噻霉酮 3 个浓

表4 供试药剂对病原菌的室内毒力测定
Table 4 Laboratory test for toxicity of bactericides to *P. atrosepticum*

供试药剂 Bactericide	供试浓度(μg/mL) Concentration	抑菌圈平均直径(mm) Average diameter of bacteriostatic zone	毒力回归方程 Toxicity regression equation	相关系数 Correlation coefficient	EC ₅₀ (μg/mL)
20% 溴硝醇 20% Bronopol	1 250	16.50	$y = 1.135 2x + 2.857 9$	0.989 7*	77.09
	1 000	14.75			
	800	14.17			
	625	12.50			
	500	11.00			
3% 噻霉酮 3% Benziothia-zolinone	5 000	22.50	$y = 1.264 1x + 3.000 4$	0.994 0*	38.18
	4 000	16.67			
	2 500	13.00			
	1 600	12.33			
	1 250	9.75			
80% 乙蒜素 80% Ethylicin	1 000	20.00	$y = 1.031x + 2.705 3$	0.980 6*	168.15
	625	17.04			
	500	14.17			
	400	12.67			
	250	10.67			
47% 春雷·王铜 47% Chunlei wang tong	2 500	12.17	$y = 0.502 1x + 3.684 5$	0.930 3*	416.87
	2 000	11.42			
	1 250	11.08			
	1 000	10.17			
	800	9.67			
86.2% 氧化亚铜 86.2% Cuprous oxide	10 000	12.42	$y = 0.375 6x + 3.806 6$	0.917 5*	1 504.24
	5 000	12.08			
	2 500	10.50			
	2 000	10.46			
	1 250	9.29			
20% 噻菌铜 20% Thiodiazole-copper	10 000	7.95	$y = 1.262 4x + 0.624 1$	0.917 6*	445.00
	5 000	7.11			
	2 500	6.52			
	2 000	5.82			
	1 250	5.33			
3% 中生菌素 3% Zhongshengmycin	10 000	7.07	$y = 2.256 6x - 0.976 1$	0.877 6*	2 926.40
	5 000	5.95			
	2 500	5.47			
	2 000	5.11			
	1 250	5.02			
72% 农用硫酸链霉素 72% Agricultural streptomycin sulfate	1 000	21.67	$y = 0.969 5x + 3.04$	0.964 1*	21.17
	500	16.67			
	400	16.67			
	200	11.50			
	100	8.50			

注: *表示相关系数在0.05水平显著。

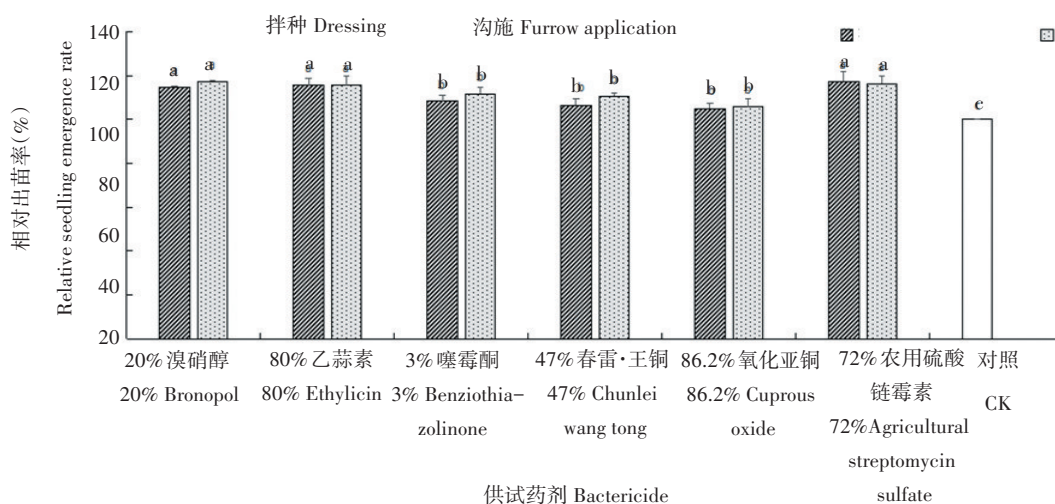
Note: * means correlation efficient significant at 0.05 level of probability.

表5 5种杀菌剂不同浓度对马铃薯出苗及株高影响
Table 5 Effects of five bactericides on seedling emergence and plant height of potato

供试药剂 Bactericide	1 倍量 Normal dosage		1/2 倍量 Half the dosage		2 倍量 Double the dosage	
	出苗抑制率 Inhibition rate of	株高 (cm)	出苗抑制率 Inhibition rate of	株高 (cm)	出苗抑制率 Inhibition rate of	株高 (cm)
	seedling emergence	Plant height	seedling emergence	Plant height	seedling emergence	Plant height
20% 溴硝醇 20% Bronopol	-23.80 h	21.47 a	-15.59 fgh	20.40 ab	-20.49 gh	20.33 ab
80% 乙蒜素 80% Ethylicin	-18.84 gh	19.00 abc	-9.84 efg	19.40 abc	7.38 cd	18.20 bc
3% 噻霉酮 3% Benziothia-zolinone	-10.19 fg	19.33 abc	-4.90 def	19.60 abc	17.80 c	18.80 bc
47% 春雷·王铜 47% Chunlei wang tong	-4.92 def	17.27 c	0.29 de	17.90 c	40.18 b	17.67 c
86.2% 氧化亚铜 86.2% Cuprous oxide	-7.40 efg	13.73 d	0.23 de	17.52 c	56.61 a	14.33 d
对照 CK	0 de	17.73 c	0 de	17.92 c	0 de	17.31 c

注: 不同小写字母表示 0.05 水平差异显著。下同。

Note: Different small letters are used to indicate significant difference at 0.05 level. The same below.



小写字母表示 0.05 水平差异显著。下同。

Small letters are used to indicate significant difference at 0.05 level. The same below.

图1 6种杀菌剂对马铃薯出苗的影响
Figure 1 Effects of six bactericides on seedling emergence of potato

度拌种发芽率为95%, 100%和95%, 芽长均高于对照CK及溴硝醇, 说明噻霉酮对发芽几乎没有抑制作用, 且整体芽势较好; 春雷王铜和氧化亚铜3个浓

度拌种出芽率在70%~95%, 芽长与对照CK及溴硝醇相比无差异, 说明这两种杀菌剂只对发芽有作用, 但发芽后对芽势无影响。

表 6 杀菌剂不同浓度对马铃薯发芽影响
Table 6 Effects of bactericides on sprout of potato

供试药剂 Bactericide	供试浓度(μg/mL) Concentration	发芽数(No.) Shoot number	发芽率(%) Sprouting percentage	芽长(cm) Sprout length
3% 噻霉酮	0.30	19	95	3.59
3% Benziothia-zolinone	0.42	20	100	3.07
	0.50	19	95	3.03
47% 春雷·王铜	0.08	19	95	2.48
47% Chunlei wang tong	0.13	17	85	2.52
	0.20	15	75	2.04
86.2% 氧化亚铜	0.08	18	90	2.49
86.2% Cuprous oxide	0.13	18	90	2.44
	0.20	14	70	2.27
20% 溴硝醇	0.13	20	100	2.52
20% Bronopol				
对照 CK	—	20	100	2.58

表 7 2017 年 5 种杀菌剂对马铃薯防病效果及产量的影响
Table 7 Effects of five bactericides on control efficiency and yield of potato in 2017

处理 Treatment	第 1 次调查 1st survey		第 2 次调查 2nd survey		产量(kg/667m ²) Yield	增产率(%) Yield increase rate
	发病率(%)	防效(%)	发病率(%)	防效(%)		
	Incidence	Efficiency	Incidence	Efficiency		
3% 噻霉酮	8.81 e	76.14 a	10.24 e	75.20 a	2 077 a	18.18 a
3% Benziothia-zolinone						
3% 中生菌素	26.90 b	27.11 d	30.48 b	25.93 d	1 767 c	0.67 d
3% Zhongshengmycin						
47% 春雷·王铜	16.90 d	54.16 b	19.29 d	53.24 b	1 939 b	10.39 b
47% Chunlei wang tong						
20% 噻菌铜	25.95 b	29.65 d	29.52 b	28.24 d	1 785 c	1.68 d
20% Thiodiazole-copper						
86.2% 氧化亚铜	21.90 c	40.59 c	25.48 c	38.17 c	1 908 b	8.63 c
86.2% Cuprous oxide						
对照 CK	36.90 a	—	41.19 a	—	1 755 c	—

2.3 供试药剂对马铃薯黑胫病的防效

2017 年田间防效调查结果如表 7 所示, 2 次调查整体趋势相同。噻霉酮、氧化亚铜、春雷·王铜拌种发病率较低, 与对照差异显著, 各处理之间差异显著, 其中噻霉酮的防病效果最好, 防效分别为 76.14% 和 75.20%; 中生菌素和噻菌铜拌种发病率高, 发病率均高于 25%, 但与对照差异显著。就产量而言, 噻霉酮、氧化亚铜和春雷·王铜拌种处理产量较高, 与对照有显著差异, 其中噻霉酮产量最

高为 2 077 kg/667m², 增产 18.18%, 显著高于其他处理。

2018 年田间防效调查结果如表 8 所示, 2 次调查趋势大致相同。第 1 次调查中, 溴硝醇拌种、乙蒜素拌种、灌根和沟施、噻霉酮拌种和灌根发病率较低, 与对照差异显著, 防病效果较好, 但与阳性对照农用硫酸链霉素 3 种施药方式差异均不显著(乙蒜素拌种、沟施和噻霉酮灌根与农用硫酸链霉素拌种除外), 其中溴硝醇拌种、噻霉酮拌种、乙蒜素灌根

表8 2018年6种杀菌剂对马铃薯防病效果及产量的影响
Table 8 Effects of six bactericides on control efficiency and yield of potato in 2018

处理 Treatment	施药方式 Application mode	第1次调查 1st survey		第2次调查 2nd survey		产量(kg/667m ²) Yield	增产(%) Yield increase rate
		发病率(%) Incidence	防效(%) Efficiency	发病率(%) Incidence	防效(%) Efficiency		
20% 溴硝醇 20% Bronopol	拌种	12.50 fgh	73.81 ab	16.67 hij	68.60 abc	2 006 ab	36.46 abc
	沟施	32.50 bc	31.53 fg	40.00 bcd	26.05 ghi	1 637 efg	10.78 efgh
	灌根	21.67 def	54.54 def	30.83 def	42.91 defg	1 876 bc	26.96 bcd
80% 乙蒜素 80% Ethylicin	拌种	16.67 efg	64.72 bcde	20.00 ghij	62.52 abcd	1 734 cdef	17.34 defg
	沟施	20.83 defg	58.04 cdef	34.17 de	36.70 efgh	1 687 def	14.23 defgh
	灌根	12.50 fgh	73.89 ab	23.33 fghi	56.44 bcde	2 095 a	41.72 a
3% 噻霉酮 3% Benziothia-zolinone	拌种	11.67 gh	75.40 ab	15.83 ij	70.35 ab	1 856 bcd	24.89 bcde
	沟施	23.33 de	50.54 ef	32.50 def	39.45 efg	1 598 fg	8.13 fgh
	灌根	16.67 efg	66.05 bcd	25.83 efgh	52.24 bcde	1 834 bcd	23.99 cde
47% 春雷·王铜 47% Chunlei wang tong	拌种	20.83 defg	56.13 def	28.33 efg	48.13 cdef	1 683 def	13.63 defgh
	沟施	33.33 bc	29.94 fg	44.17 bc	18.61 hi	1 570 fg	6.26 gh
	灌根	30.00 cd	36.87 f	39.17 cd	27.27 fghi	1 641 efg	11.04 efgh
86.2% 氧化亚铜 86.2% Cuprous oxide	拌种	22.50 de	52.46 ef	31.67 def	40.83 efg	1 691 def	14.32 defgh
	沟施	35.83 bc	24.60 gh	49.17 ab	8.39 i	1 509 g	2.11 h
	灌根	40.83 ab	13.93 h	44.17 bc	18.52 hi	1 487 g	0.12 h
72% 农用硫酸链霉素 72% Agricultural streptomycin sulfate	拌种	6.67 h	86.07 a	10.83 j	80.18 a	2 048 a	38.45 ab
	沟施	14.17 efgh	70.06 bc	16.67 hij	68.81 abc	1 839 bcd	25.71 bcde
	灌根	11.67 gh	75.40 ab	18.33 hij	65.98 abc	1 965 ab	32.88 abc
对照 CK	—	47.50 a	—	54.17 a	—	1 479 g	—

防病效果最好, 防效分别为 73.81%、75.4% 和 73.89%; 溴硝醇沟施、春雷·王铜沟施和灌根、氧化亚铜沟施和灌根防病效果较差, 防效均在 40% 以下, 其中氧化亚铜灌根的发病率与对照差异不显著, 其他 4 个处理与对照差异显著。

第 2 次调查中, 溴硝醇拌种、乙蒜素拌种和灌根、噻霉酮拌种和灌根、春雷·王铜拌种发病率较低, 与对照差异显著, 防病效果较好, 与阳性对照农用硫酸链霉素 3 种施药方式差异均不显著(噻霉酮灌根和春雷·王铜拌种除外), 其中溴硝醇拌种、噻霉酮拌种防病效果最好, 防效分别为 68.60% 和 70.35%; 氧化亚铜沟施防病效果最差, 发病率为 49.17%, 防效为 8.39%, 与对照差异不显著; 其他

各处理防病效果一般, 防效在 18%~43%, 与对照以及农用硫酸链霉素相比均有显著性差异。

就产量而言, 各处理拌种和灌根产量普遍高于沟施, 其中溴硝醇拌种和灌根、乙蒜素灌根、噻霉酮拌种和灌根产量较高, 增产 20% 以上, 与对照差异显著, 与农用硫酸链霉素灌根处理差异不显著; 噻霉酮沟施、春雷·王铜沟施、氧化亚铜沟施和灌根产量较低, 增产效果均低于 10%, 与对照相比没有显著差异, 与农用硫酸链霉素 3 种施药方式相比差异显著。

3 讨论

综合以上试验结果可知, 在马铃薯黑胫病的防治中, 噻霉酮拌种防病效果最好, 防效在 70% 左右;

其次是溴硝醇拌种、乙蒜素拌种和灌根、噻霉酮灌根, 防效在 52.24%~68.60%, 与农用硫酸链霉素防效相当, 可作为农用硫酸链霉素的代替药剂。Bartz 和 Kelman^[14]以及 Bartz^[15]报道, 氨基化合物, 溴硝醇和环丙羧酸均可控制黑胫病的发生; Wyatt 和 Lund^[16]认为, 用春雷霉素或维吉尼亚霉素代替链霉素也可控制黑胫病的发生。本研究中, 春雷·王铜防效与噻霉酮、溴硝醇以及噻菌铜有显著差异, 这可能与环境因素有关。

对比拌种、沟施和灌根 3 种施药方法, 虽然不同处理方法之间防病差异较大, 但拌种和灌根效果较好, 这可能与该病害是以种薯传播有关, 拌种和灌根 2 种方式可以直接将药剂接触种薯, 有利于从源头控制病害, 而沟施却将药剂作用于土壤, 间接接触种薯, 不利于病害的直接控制。

并且在 6 月和 7 月对病害的 2 次调查中发现, 6 月发病率呈上升趋势, 7 月发病率趋于平缓, 由此可见, 该病害以初侵染为主, 再次侵染危害较小。在病害防治过程中, 应主要注意初侵染的控制。

因此, 在防治马铃薯黑胫病的过程中, 噻霉酮、溴硝醇和乙蒜素 3 种药剂是生产中的首选药剂, 可代替农用硫酸链霉素。且在防治病害的过程中, 建议尽量按照使用说明规定浓度用药, 在避免高浓度用药的同时又要确保用药浓度不要太低, 以达到有效防治病害的目的。3 种施药方法的对比表明拌种和灌根效果较好, 尤其是拌种用药可以有效控制初侵染源, 在生产水平低的情况下, 方便播种, 可以大大提高生产效率。

[参 考 文 献]

- [1] 缪佐竹. 马铃薯生产形势分析 [C]//第八届云南省科协学术年论文集——专题二: 农业. 中国云南楚雄彝族自治州: 出版社不详, 2018.
- [2] 李志平, 郭景山. 2017 年内蒙古马铃薯产业现状、存在问题及发展建议 [C]//屈冬玉, 陈伊里. 马铃薯产业与脱贫攻坚. 哈尔滨: 哈尔滨地图出版社, 2018.
- [3] Czajkowski R, Pérombelon M C M, Veen J A V, *et al.* Control of blackleg and tuber soft rot of potato caused by *Pectobacterium* and *Dickeya* species: a review [J]. *Plant Pathology*, 2011, 60(6): 999–1013.
- [4] 牛志敏. 马铃薯黑胫病的发生与防治 [J]. *中国马铃薯*, 2002, 16(2): 116–117.
- [5] Dees M W, Lebecka R, Perminow J I S, *et al.* Characterization of *Dickeya* and *Pectobacterium* strains obtained from diseased potato plants in different climatic conditions of Norway and Poland [J]. *European Journal of Plant Pathology*, 2017, 148(4): 839–851.
- [6] 王信程, 亮王亚, 艺高旭, 等. 青海省马铃薯黑胫病原菌的鉴定 [J]. *浙江农业学报*, 2018, 30(8): 1369–1375.
- [7] 余小漫, 蓝国兵, 何自福. 广东马铃薯黑胫病的病原鉴定 [J]. *植物病理学报*, 2015, 45(5): 449–454.
- [8] 王旭, 罗来鑫, 李健强. 内蒙古马铃薯黑胫病原菌的鉴定 [C]//中国植物病理学会 2008 年学术年会论文集. 广州: 中国农业科学技术出版社, 2008: 71.
- [9] 林燕文, 陈妙英, 毛露甜. 马铃薯黑胫病菌的分离、纯化及 PCR 检测 [J]. *中国马铃薯*, 2016, 30(3): 169–174.
- [10] 吴玲霞. 3 种药剂处理对马铃薯黑胫病防效初报 [J]. *甘肃农业科技*, 2016(6): 49.
- [11] 孙彦良, 孟兆华. 马铃薯黑胫病的发生及防治方法 [J]. *中国马铃薯*, 2008, 22(6): 371–372.
- [12] Czajkowski R, Boer W J, Wolf J M. Chemical disinfectants can reduce potato blackleg caused by '*Dickeya solani*' [J]. *European Journal of Plant Pathology*, 2013, 136(2): 419–432.
- [13] Bonde R, de Souza P. Studies on the control of potato bacterial seed-piece decay and blackleg with antibiotics [J]. *American journal of Potato Research*, 1954, 31(10): 311–316.
- [14] Bartz J A, Kelman A. Reducing the potential for bacterial soft rot in potato tubers by chemical treatments and drying [J]. *American Journal of Potato Research*, 1986, 63(9): 481–493.
- [15] Bartz J A. Suppression of bacterial soft rot in potato tubers by application of kasugamycin [J]. *American Journal of Potato Research*, 1999, 76(3): 127–136.
- [16] Wyatt G M, Lund B M. The effect of antibacterial products on bacterial soft rot of potatoes [J]. *Potato Research*, 1981, 24(3): 315–329.