



师正浩. 28%唑啉菌胺·氟吡菌胺悬浮剂防治马铃薯晚疫病田间药效试验[J]. 黑龙江农业科学, 2024(5):44-48.

28%唑啉菌胺·氟吡菌胺悬浮剂防治 马铃薯晚疫病田间药效试验

师正浩

(黑龙江省农业科学院 植物保护研究所, 黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要:为明确复配药剂对马铃薯晚疫病的田间防治效果及最佳使用剂量,本研究采用茎叶喷雾处理,定期调查的方法进行田间药效试验。结果表明,28%唑啉菌胺·氟吡菌胺悬浮剂在210.0~315.0 g·hm⁻²的有效成分用量下,第一次施药10 d后对马铃薯晚疫病防效可达79.66%~87.56%,第二次施药10 d后对马铃薯晚疫病防效可达80.68%~88.60%,均显著优于对照药剂,且对应有效成分用量少于对照药剂;两次施药后5 d对马铃薯薯害等级均为1.0,未见对马铃薯产生明显药害。比空白对照增产16.34%~24.28%,综合用药成本及效果,推荐有效成分用量为210.0~315.0 g·hm⁻²。28%唑啉菌胺·氟吡菌胺悬浮剂能够有效防治马铃薯晚疫病并对马铃薯具有一定的增产效果和较好的安全性。

关键词:唑啉菌胺;氟吡菌胺;马铃薯晚疫病;化学防治

马铃薯作为保证粮食安全和脱贫攻坚重大战略的农作物之一,兼具主粮、菜用和饲用等重要功能^[1]。2021年我国马铃薯栽培面积达578万hm²,已成为全世界马铃薯种植面积最大的国家^[2]。保障马铃薯生产安全已成为当前确保我国粮食安全的重要路径之一。马铃薯晚疫病是由致病疫霉(*Phytophthora infestans*)侵染造成的毁灭性病害,晚疫病严重制约马铃薯产业的健康发展,已被我国列入一类农作物病虫害名录^[3]。马铃薯晚疫病在大流行年份病株率可达80%,造成马铃薯产量损失10%~30%,严重流行时可达50%以上^[4]。2023年我国马铃薯晚疫病预测发病面积可达166.67 hm²^[5]。目前马铃薯晚疫病防治方法主要为:选育栽培抗病品种、晚疫病预测预报和化学防治等^[6-8],其中,利用内吸性杀菌剂防治晚疫病应用最为广泛。然而由于不科学施药导致近年来在河北、内蒙古、吉林、甘肃等马铃薯主产区,晚疫病菌对常用杀菌剂普遍产生抗性^[9-10]。采用化学药剂复配则可以增强防治效果,同时延缓病菌产生抗性。有研究表明,氟醚菌胺与烯酰吗啉按有效成分质量比1:2或1:3、氟吡菌胺与吡唑醚菌酯按1:4复配时,对疫霉菌具有更强的抑制作用^[11-12]。氟吡菌胺能够抑制线粒体中的琥珀酸脱氢酶的活性,阻断线粒体呼吸链电子传递,迫使ATP合成受阻,从而抑菌和杀菌^[13];唑啉菌胺

是一种双作用位点杀菌剂,不仅可以与复合物Ⅲ上的Qo-distal位点结合,还可以与Qi-位点结合,对于各类卵菌均表现出较好的抑菌活性,EC₅₀均小于5 μg·mL⁻¹^[14];通过将这2种作用类型不同的杀菌剂进行复配,发挥增效作用,进而降低单剂的使用量,能够延缓病原菌对杀菌剂产生抗性^[15]。据此,本研究拟通过氟吡菌胺和唑啉菌胺进行复配,探讨28%唑啉菌胺·氟吡菌胺悬浮剂对马铃薯晚疫病的田间防效,能够为晚疫病的田间用药和对抗药性病菌的防除提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地在黑龙江省哈尔滨市道外区民主乡的国家现代农业科技示范展示基地内,试验地土壤类型为黑土,土壤肥力良好,土壤pH7.0左右,有机质含量约为4%~5%。

1.2 材料

1.2.1 供试马铃薯 马铃薯品种为延薯12号。延薯12号属中熟鲜食品种,生育期(从出苗到50%叶片发黄)在86 d左右。株高58.2 cm左右,茎绿色,叶绿色,花冠白色,花繁茂,天然不结实。块茎圆形,黄皮黄肉,表皮光滑,匍匐茎短,芽眼浅,单株结薯数5~6个,块茎大而整齐,商品薯率82.3%左右。

收稿日期:2023-12-13

基金项目:黑龙江省植物保护研究所青年基金项目(zbsqn2023-1)。

作者简介:师正浩(1994—),男,硕士,研究实习员,从事农药学研究。E-mail:shizhenghao_haas@163.com。

1.2.2 供试药剂 试验药剂:28%唑啉菌胺·氟吡菌胺悬浮剂,湖南新长山农业发展股份有限公司生产。对照药剂:30%唑啉菌胺悬浮剂,湖南新长山农业发展股份有限公司生产;20%氟吡菌胺悬浮剂,湖南新长山农业发展股份有限公司生产;80%烯酰吗啉水分散粒剂,青岛瀚生物科技股份有限公司生产。

1.2.3 施药器械 施药器械为 WS-16D 卫士电动喷雾器,两扇形喷头,由山东卫士植保机械有限公司生产。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 试验采用随机区组排列,小区面积为 20 m²,4 次重复。设置 28%唑啉菌胺·氟吡菌胺悬浮剂 3 个处理,有效成分用量分别为 210.0、262.5 和 315.0 g·hm⁻² 及 3 个单剂和空白处理作为对照。3 个单剂分别为 30%唑啉菌胺悬浮剂 225 g·hm⁻²、20%氟吡菌胺悬浮剂 105 g·hm⁻²、80%烯酰吗啉水分散粒剂 288 g·hm⁻²。均于 2022 年 6 月 27 日马铃薯开花期选择马铃薯晚疫病中心病株进行第 1 次喷药,于 7 月 6 日马铃薯结薯期进行第 2 次喷药,试验设计如表 1 所示。

表 1 不同处理药剂有效成分用量和具体施药量

处理	药剂	有效成分用量/ (g·hm ⁻²)	施药剂量/ [mL(g)· (667 m ²) ⁻¹]
1	28%唑啉菌胺·氟吡菌胺悬浮剂	210.0	50.0
2	28%唑啉菌胺·氟吡菌胺悬浮剂	262.5	62.5
3	28%唑啉菌胺·氟吡菌胺悬浮剂	315.0	75.0
4	30%唑啉菌胺悬浮剂	225.0	50.0
5	20%氟吡菌胺悬浮剂	105.0	35.0
6	80%烯酰吗啉水分散粒剂	288.0	24.0
7(CK)	空白对照	—	—

1.3.2 测定项目及方法 药害情况调查:共调查 4 次,于 7 月 2 日(第一次喷药后 5 d)和 7 月 11 日(第二次喷药后 5 d)调查马铃薯受害药害情况。

马铃薯药害分为 5 级,标准如下,

1 级:马铃薯生长正常,无任何受害症状,对产量无影响。

2 级:马铃薯轻微药害,药害少于 10%,对产量无影响。

3 级:马铃薯中等药害,以后能恢复,对产量无影响。

4 级:马铃薯药害较重,难以恢复,并导致减产。

5 级:马铃薯药害严重,不能恢复,导致明显

绝产或减产。

病叶数、病情指数和产量调查:于 7 月 6 日、7 月 16 日调查并记录田间各小区的病叶数及病情等级,计算病情指数。依据 GB/T 17980.34—2000《农药田间药效试验准则》,每小区对角线 5 点取样调查,每点调查 2 株,按下列分级标准记录。

0 级:无病斑;

1 级:病斑面积占整个叶面积 5% 以下;

3 级:病斑面积占整个叶面积 6%~10%;

5 级:病斑面积占整个叶面积 11%~20%;

7 级:病斑面积占整个叶面积 21%~50%;

9 级:病斑面积占整个叶面积 50% 以上。

病情指数及防治效果按下列公式进行计算:

病情指数=
$$\frac{\sum(\text{各级病叶数} \times \text{相对级数值})}{\text{调查总叶数} \times 9} \times 100$$

防治效果(%)=
$$\frac{\text{空白对照区病指} - \text{处理区病指}}{\text{空白对照区病指}} \times 100$$

产量调查:8 月 29 日收获测产。选取小区中间段实收测产,测产面积不小于 10 m²,称量块茎质量,折算公顷产量,并计算增产率。

1.3.3 数据分析 数据采用 DPS v7.05 进行分析,差异显著性采用 Duncan's 新复极差法(DMRT)检验。

2 结果与分析

2.1 不同药剂处理对马铃薯的安全性

由表 2 可知,在两次施药后 5 d,马铃薯未发生明显药害,不同浓度 28%唑啉菌胺·氟吡菌胺悬浮剂(处理 1~3)及其他对照处理(处理 4~6)对马铃薯药害等级均为 1.0,马铃薯出苗不推迟,生长正常,未见药害症状。说明 28%唑啉菌胺·氟吡菌胺悬浮剂 210~315 g·hm⁻² 对马铃薯是安全的。

2.2 不同药剂处理对马铃薯病叶数的影响

由图 1 可知,处理 1~3 随着有效成分用量的增大,病叶总数均呈现出显著下降趋势,且处理 1~处理 3 的病叶总数相比于各单剂对照组和空白对照组均显著降低,7 月 6 日和 7 月 16 日病叶总数分别为空白对照组的 23.81%、18.65%、14.68% (7 月 6 日)和 31.66%、24.39%、20.75% (7 月 16 日)。单剂对照组中,处理 5 的防效较好,两次调查中病叶总数均显著低于处理 4 和处理 6,病叶总数分别为空白对照的 33.73% 和 46.20%。处理 1~处理 3 各级病叶数、病叶总数均低于各对照组,说明 28%唑啉菌胺·氟吡菌胺悬浮剂 210.0~315.0 g·hm⁻² 用量下对马铃薯晚疫病具有较好的抑制效果。

表 2 不同药剂处理对马铃薯药害安全性的影响

处理	药害安全性/级									
	第一次喷药后 5 d					第二次喷药后 5 d				
	I	II	III	IV	平均	I	II	III	IV	平均
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
6	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
7(CK)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

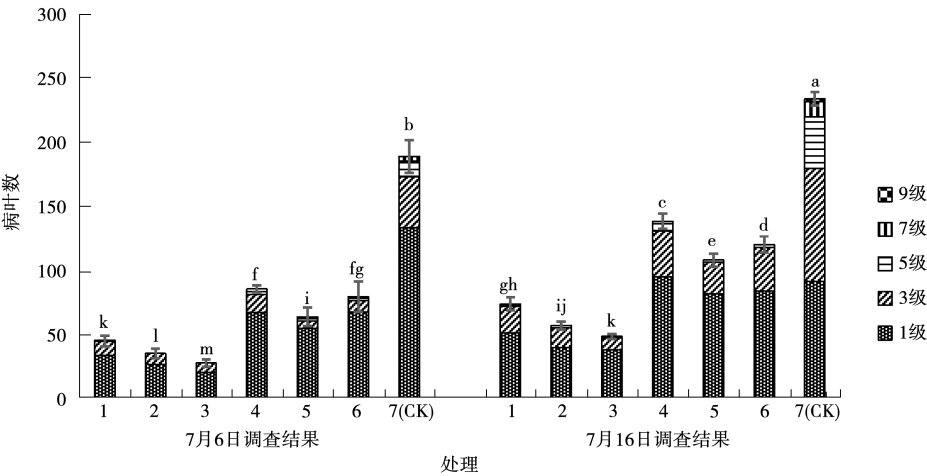


图 1 不同药剂处理对马铃薯晚疫病病叶数的影响

注：不同小写字母分别表示不同处理间在 $P<0.05$ 水平差异显著。

2.3 不同药剂处理对马铃薯晚疫病的防治效果

由表 3 可知,在两次调查中处理 1~处理 3 的病情指数随着有效成分用量的升高而降低,防效随着有效成分用量的升高而显著上升。处理 1~处理 3 的防效为 79.66%~87.56%(7 月 6 日调查)和 80.68%~88.60%(7 月 16 日调查),对马铃薯晚疫病的防效均显著高于各单剂对照组。处理 1 在有效成分用量和制剂用量都接近处理 4 的情况下,防效显著高于处理 4,反映了唑啉菌胺和氟吡菌胺复配具有良好的增效作用。第二次调查各处理组防效相比于第一次调查结果差异不大,说明 28%唑啉菌胺·氟吡菌胺悬浮剂具有防效稳定、持效期长的特点。

2.4 不同药剂处理对马铃薯产量的影响

由表 4 可知,处理 1~处理 3 马铃薯的平均产量呈现逐渐升高的趋势,均显著高于各单剂对照组和空白对照组马铃薯的平均产量,处理 1~处理 3 的平均产量相比于空白对照组增产率分别达到了 16.34%、18.22%和 24.28%;处理 1~处理 3 中,处理 3 的平均产量最高,为 $2\,228.00\text{ kg}\cdot(667\text{ m}^2)^{-1}$,显著高于处理 1 和处理 2。单剂对照组中处理 6

的平均产量较高,为 $2\,022.67\text{ kg}\cdot(667\text{ m}^2)^{-1}$,显著高于处理 4,与处理 5 无显著差异;处理 4、处理 5 为 28%唑啉菌胺·氟吡菌胺悬浮剂两种有效成分的单剂对照,相比于有效分量最低的处理 1,平均产量仍显著低于处理 1。以上结果说明 28%唑啉菌胺·氟吡菌胺悬浮剂对于马铃薯具有一定增产效果,相比于单一药剂,复配剂展现出更好的增产增效作用,随着用药量增大,减轻了马铃薯因晚疫病造成的减产,间接增加了马铃薯平均产量。

表 3 不同药剂处理对马铃薯晚疫病的防治效果

处理	7 月 6 日		7 月 16 日	
	病情指数	防效/%	病情指数	防效/%
1	2.99	79.66 cB	3.69	80.68 cB
2	2.28	84.51 bA	2.84	85.11 bA
3	1.83	87.56 aA	2.18	88.60 aA
4	5.66	61.49 fD	7.25	62.04 fE
5	3.77	74.37 dC	4.88	74.48 dC
6	4.75	70.55 eC	6.06	68.30 eD
7(CK)	14.69	—	19.11	—

注：同列数据后不同大、小写字母分别表示在 $P<0.01$ 和 $P<0.05$ 水平差异显著。下同。

表 4 不同药剂处理对马铃薯产量的影响

处理	产量/[kg·(667 m ²) ⁻¹]				平均产量/[kg·(667 m ²) ⁻¹]	增产率/%
	I	II	III	IV		
1	2058.00	2041.67	2119.67	2123.33	2085.67 bBC	16.34
2	2108.00	2070.67	2158.33	2140.33	2119.33 bB	18.22
3	2225.00	2249.00	2152.33	2285.67	2228.00 aA	24.28
4	1924.33	1942.67	1995.33	1933.67	1949.00 dD	8.72
5	2005.00	2041.33	2028.00	1971.00	2011.33 cCD	12.20
6	2044.67	2027.33	2047.67	1971.00	2022.67 cCD	12.83
7(CK)	1779.67	1808.33	1759.00	1823.67	1792.67 eE	—

3 讨论

近年来随着单一作用位点的内吸性杀菌剂频繁过量使用,致病疫霉对甲霜灵、啉菌酯、烯酰吗啉等主要防治药剂的抗性逐渐增强^[16],已成为马铃薯晚疫病防治中亟待解决的问题。研究表明黑龙江地区马铃薯晚疫病病原菌在田间环境对甲霜灵、精甲霜灵已产生了较强的抗药性^[17-18]。刘洋等^[19]发现甲霜灵类杀菌剂对马铃薯晚疫病田间防治效果仅为 25.17%~28.85%。在这种背景下,筛选作用机理不同、高效的替代药剂通过复配使用可以有效减轻药剂对病原菌群体的选择压力,延缓抗药性的产生。本研究中涉及到的两种有效成分氟吡菌胺和唑啉菌胺均为新型、高效的卵菌抑制剂^[14,19],并且尚未发现产生明显抗药性。吴杰等^[20]研究发现在 9 种常规药剂中对马铃薯晚疫病防效最好的仍是以氟吡菌胺为主要成分的氟吡菌胺·霜霉威盐酸盐,这一结论与本研究结果一致;且本研究中 28%唑啉菌胺·氟吡菌胺悬浮剂在315.0 g·hm⁻²的有效成分用量下对马铃薯晚疫病的田间防效与 687.5 g·L⁻¹氟吡菌胺·霜霉威盐酸盐的防效基本一致,但单位面积所用有效成分量明显降低,反映了氟吡菌胺与唑啉菌胺的复配组合具有更好的增效作用。本研究中 28%唑啉菌胺·氟吡菌胺悬浮剂在210.0 g·hm⁻²有效成分用量下两次调查的防效均可达 80%左右,说明唑啉菌胺和氟吡菌胺两种有效成分复配合理,在较低用量水平具有理想的防效。此外,罗彦涛等^[21]发现氟吡菌胺与氟醚菌酰胺之间存在交互抗性,马铃薯晚疫病菌对氟吡菌胺的固有抗性风险为高度,应加强马铃薯晚疫病菌对氟吡菌胺的抗性风险管理^[22],在晚疫病预测预报基础上,采用氟吡菌胺与不同作用机理的杀菌剂交替、

轮换、混合使用延缓马铃薯晚疫病菌对氟吡菌胺的抗性发展,延长氟吡菌胺的使用寿命。

目前 28%唑啉菌胺·氟吡菌胺悬浮剂在国内尚无农药证件的登记。随着病原菌抗性不断发展,28%唑啉菌胺·氟吡菌胺悬浮剂将在马铃薯晚疫病的防除上发挥更大的作用。该研究仅在小范围内试验地进行,而不同马铃薯种植区域的病原菌抗性水平不同,未来还需选择更多马铃薯种植区域进行田间药效试验,针对不同地区晚疫病发生情况,进一步验证 28%唑啉菌胺·氟吡菌胺的防除效果和安全性。

4 结论

研究表明,杀菌剂 28%唑啉菌胺·氟吡菌胺悬浮剂对马铃薯晚疫病具有较好的防治效果,在 210.0~315.0 g·hm⁻²用量下,第一次施药后 10 d 对马铃薯晚疫病的防效分别达到 79.66%、84.51%和 87.56%;第二次喷药后 10 d,株防效分别达到 80.68%、85.11%和 88.60%,上述防效均显著高于各对照组;对马铃薯增产率分别达到 16.34%、18.22%和 24.28%,增产效果显著优于各对照药剂组。因此 28%唑啉菌胺·氟吡菌胺悬浮剂防治马铃薯晚疫病适合大面积推广应用,推荐用量为 210.0~315.0 g·hm⁻²,应用适期应在马铃薯开花期,在晚疫病中心病株茎叶喷雾。该试验结果可为马铃薯晚疫病的化学防治提供理论依据。

参考文献:

[1] 李中慧,张颢城,王秀丽.中国马铃薯供需现状及发展前景[J].农业展望,2022,18(6):79-85.
[2] 张烁.中国马铃薯种植区划研究[D].北京:中国农业科学院,2021.
[3] 中华人民共和国农业农村部公告第 333 号[J].中华人民共和国农业农村部公报,2020(10):116.

- [4] 黄冲,刘万才.近几年我国马铃薯晚疫病流行特点分析与监测建议[J].植物保护,2016,42(5):142-147.
- [5] 田峰奇,王路遥,董莎萌.马铃薯与致病疫霉互作研究进展与展望[J].植物保护,2023,49(5):89-110,126.
- [6] ISLAM S, EUSUFZAI T K, ANSAREY F H, et al. A breeding approach to enhance late blight resistance in potato[J]. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 2022, 97(6): 719-729.
- [7] SUN H G, SONG X Y, GUO W, et al. Potato late blight severity monitoring based on the relief-mRmR algorithm with dual-drone cooperation[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2023, 215: 108438.
- [8] BEN NAIM Y, COHEN Y. Replacing mancozeb with alternative fungicides for the control of late blight in potato[J]. Journal of Fungi, 2023, 9(11): 1046.
- [9] 闵凡祥,王贵江,杨帅,等.黑龙江省马铃薯晚疫病 CARAH 监测预警模型的应用评价[J].中国农学通报,2021,37(29):92-98.
- [10] 张大为,惠娜娜,王立,等.甘肃省马铃薯致病疫霉交配型组成及其对甲霜灵的抗药性[J].西北农业学报,2014,23(6):184-188.
- [11] 孟润杰,王文桥,路粉,等.氟醚菌酰胺与烯酰吗啉混配对马铃薯晚疫病菌增效作用及田间药效[J].农药,2017,56(2):141-144.
- [12] 张鹏,王文桥,黄啟良,等.25%氟菌·唑醚水分散粒剂配方及其对马铃薯晚疫病的田间防效[J].植物保护,2013,39(3):89-94,107.
- [13] 徐英,徐娜娜,庄占兴,等.氟吡菌酰胺研究开发综述[J].世界农药,2017,39(6):37-41,64.
- [14] 高续恒,李成成,苗建强,等.新型呼吸抑制剂唑啉菌胺的生物学活性与抗性机制初探[C]//中国植物病理学会.中国植物病理学会2019年学术年会论文集.中国农业科学技术出版社,2019.
- [15] 吴小美,王海霞,云英子,等.植物病原真菌对杀菌剂抗性的研究进展[J].植物保护,2023,49(5):243-259.
- [16] WAHEEDA.致病疫霉对烯酰吗啉和唑菌酯的抗药性进化[D].福州:福建农林大学,2018.
- [17] 王文桥,王丽,韩秀英,等.北方五省(区)马铃薯晚疫病菌对甲霜灵和精甲霜灵的敏感性检测[J].植物保护,2012,38(3):116-121.
- [18] 李成斌,张红霞,李岩,等.2015—2017年北方五省(区)致病疫霉抗药性监测及与唑菌酯交互抗性[J].河北农业大学学报,2018,41(6):75-79,103.
- [19] 刘洋,赵秀梅,郑旭,等.马铃薯晚疫病对甲霜灵和精甲霜灵抗药性的田间药效试验[J].黑龙江农业科学,2022(6):53-56,83.
- [20] 吴杰,赵建江,路粉,等.马铃薯晚疫病菌对氟吡菌酰胺抗性监测及9种常规药剂对马铃薯晚疫病田间防效评估[J].植物病理学报,2021,51(1):85-94.
- [21] 罗彦涛,孟润杰,赵建江,等.马铃薯晚疫病菌对不同药剂敏感性及相关药剂田间防效验证[J].农药,2016,55(2):134-137.
- [22] 刘西莉,苗建强,张灿.植物病原菌抗药性及其抗性治理策略[J].农药学报,2022,24(5):921-936.

Field Efficacy Test of 28% Ametoctradin · Fluopicolide Suspension Against Potato Late Blight

SHI Zhenghao

(Institute of Plant Protection, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China)

Abstract: In order to determine the field control effect and optimal dosage of 28% ametoctradin and fluopicolide suspension on potato late blight, the field efficacy test was conducted by means of stalk and leaf spray treatment and regular investigation. The results showed that: Under the dosage of $210.0-315.0 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$, the control effect of 28% ametoctradin and fluopicolide suspension on potato late blight could reach 79.66%—87.56% after 10 days of the first application. 10 days after the second application, the control effect of potato late plague was from 80.68% to 88.60%, which was significantly better than that of the control agent, and the dosage of corresponding effective components was less than that of the control agent. After two rounds of application, the damage level to potato was 1.0 for 5 days, and no significant damage to potatoes was observed. Compared with the control group, the yield increase rate was 16.34%—24.28%. Considering the cost and effect of medication, the recommended dosage of active ingredients was $210.0-315.0 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$. The suspension of 28% ametoctradin and fluopicolide can effectively control potato late blight and has good safety for potato.

Keywords: ametoctradin; fluopicolide; potato late blight; chemical control