

中图分类号: S532 文献标识码: B 文章编号: 1672-3635(2017)03-0160-05

施用新型农药控失剂对马铃薯晚疫病的防治效果和产量的影响

肖庆红¹, 陈学明², 蔡冬清³, 吴正岩³, 赵盼^{4,5}, 黄新异⁶, 武东波¹, 仲乃琴^{4,5*}

(1. 宁夏回族自治区农业综合开发办公室, 宁夏 银川 750000; 2. 宁夏回族自治区海原县水务局, 宁夏 海原 755200;

3. 中国科学院合肥物质科学研究院, 安徽 合肥 230031; 4. 中国科学院微生物研究所, 北京 100101;

5. 植物基因组学国家重点实验室, 北京 100101; 6. 中国科学院兰州化学物理研究所, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 农药的高流失率、低利用率一直以来都是当前农业生产中面临的主要问题。新型农药控失剂的使用, 能够减少农药流失, 提高利用率, 缓解农药过量应用带来的问题。采用田间小区试验, 研究了在种植过程中施用新型农药控失剂后对马铃薯晚疫病的防治效果和产量的影响, 旨在为马铃薯种植中农药减施增效提供理论依据。结果表明, 在农药施用不减量的条件下, 添加农药控失剂可以显著提高对马铃薯晚疫病的防治效果, 提高幅度最高达47.53%, 并提高马铃薯产量, 增产幅度最高可达38.93%; 而在减少农药施用次数1次, 每次减量10%的条件下, 添加农药控失剂仍可以提高晚疫病防效45.69%并小幅增产, 增产幅度3.95%。表明研发的新型农药控失剂可以显著提高农药对马铃薯晚疫病的防治效果, 对马铃薯种植中农药施用具有显著的减施增效作用。

关键词: 马铃薯; 晚疫病; 农药控失剂; 防效; 产量

Effect of Novel Fungicide Loss-control Agent on Potato Late Blight and Yield

XIAO Qinghong¹, CHEN Xueming², CAI Dongqing³, WU Zhengyan³, ZHAO Pan^{4,5},

HUANG Xinyi⁶, WU Dongbo¹, ZHONG Naiqin^{4,5*}

(1. Ningxia Agricultural Comprehensive Development Office, Yinchuan, Ningxia 750000, China; 2. Ningxia Haiyuan Water Authority, Haiyuan, Ningxia 755200, China; 3. Institute of Physical Sciences, Chinese Academy of Sciences, Hefei, Anhui 230031, China;

4. Institute of Microbiology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 5. State Key Laboratory of Plant Genomics, Beijing 100101, China; 6. Lanzhou Institute of Chemical Physics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou, Gansu 730000, China)

Abstract: The high loss and low utilization rate of fungicide are serious problems in present agricultural production. The use of novel fungicide loss-control agent can reduce the loss and improve the utilization of fungicide. Meanwhile, it also can decrease other problems caused by overuse of fungicide. In this experiment, the field experiments were conducted to investigate the effects of using novel fungicide loss-control agent on potato late blight control effect and yield during potato production. It aims to provide a theoretical basis for reducing fungicide quantity and increasing control effect and yield in potato planting. The results showed that on the conditions of not any reduction of fungicide,

收稿日期: 2016-04-13

基金项目: 中国科学院科技服务网络计划(KFJ-EW-STS-067)。

作者简介: 肖庆红(1980-), 男, 硕士, 从事农业科技项目示范与推广。

*通信作者(Corresponding author): 仲乃琴, 正高级工程师, 主要从事马铃薯化肥农药减施增效技术研发、集成与示范, E-mail: nqzhong@im.ac.cn。

adding fungicide loss-control agent significantly improved the control effect on potato late blight and potato yield. The increase rates were 47.53% and 38.93%, respectively. Under eliminating one fungicide application and reducing 10% every time, adding fungicide loss-control agent still improved the control effect on potato late blight of 45.69%. Meanwhile, the yield slightly increased 3.95%. It indicated that the novel fungicide loss-control agent could significantly improve the control effect of fungicide on potato late blight and play a remarkable role in reducing fungicide quantity and increasing control effect and yield in potato production.

Key Words: potato; late blight; fungicide loss-control; control efficiency; yield

马铃薯营养丰富, 在世界范围内广泛种植, 是继小麦、玉米和水稻之后的世界第四大粮食作物^[1]。中国马铃薯种植面积和总产量均居世界第一位, 马铃薯在保证中国粮食安全, 增加农民收入方面起到了重要作用。虽然中国是马铃薯种植大国, 但是马铃薯的单产水平远低于荷兰、美国、英国等马铃薯种植强国。究其原因, 是由于中国缺乏丰富的种质资源, 马铃薯品种抗病性差, 尤其是对晚疫病、病毒病等的抗性弱, 病害多发严重影响中国马铃薯的产量^[2,3]。因此, 中国种植者为了获得较高的产量和收益, 通常会加大农药的施用量和施用次数, 不仅造成严重的资源浪费, 还会引起农药残留、环境污染以及病虫害抗性增强等问题。如何减少农药使用量和使用频率、增强防效是目前科研工作者的热门研究课题之一^[4-7]。针对这一问题, 中国科学院微生物研究所和中国科学院合肥物质科学研究院联合攻关, 开发出一种新型农药控失剂, 与农药混合同时施用, 可以增强农药在植物或者土壤表面的附着能力, 有效减少农药的挥发和迁移损失, 从而减少农药施用量和用药频次, 提高农药利用率, 缓解农药对环境的污染风险, 达到农药减施增效的目的。本研究在黑龙江省进行了新型农药控失剂防治马铃薯晚疫病试验, 旨在验证新型农药控失剂的使用效果, 为促进农业绿色丰产提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 植物材料

马铃薯品种: ‘荷兰 15 号’; 种薯级别: 原种二代。

1.1.2 试验药剂

代森锰锌(江西农垦农药公司), 施用稀释

1 000 倍; 霜脲锰锌(南京博士邦化工科技有限公司), 施用稀释 800 倍; 烯酰吗啉(南京强盛农业科技有限公司), 施用稀释 800 倍; 农药控失剂(中国科学院微生物研究所和中国科学院合肥物质科学研究院联合研发), 施用剂量 750 g/hm²。

1.2 试验方法

试验设在黑龙江省农垦科学院经济作物研究所栽培试验区, 土壤基础条件: 土壤类型为壤土, 前茬马铃薯。速效氮 154.0 mg/kg, 速效磷 21.7 mg/kg, 速效钾 177 mg/kg, pH 6.4。

采用裂区试验设计, 2 次重复, 每处理 4 垄, 行长 5 m, 垄距 0.67 m, 小区面积 13.4 m², 共设 18 个处理, 36 个小区。播种时间为 2015 年 4 月 28 日, 开沟点播, 播种间距 0.25 m, 首次喷药时间为 2015 年 7 月 1 日, 最后 1 次喷药时间为 9 月 1 日。药肥一体化模式的间隔天数(A)为主区, 设 A1: 常规药肥一体化模式(从现蕾期开始, 7 d 1 次, 到成熟期结束), A2: 常规药肥一体化模式(从现蕾期开始, 10 d 1 次, 到成熟期结束); 控失剂添加量(B)为副区, 设 B1 为不加控失剂, B2 为加施药量 5% 控失剂, B3 为加施药量 10% 的控失剂; 农药减量(C)为裂区, 设 C1 为不减量, C2 为施药量减量 10%, C3 为施药量减量 20%。各处理在收获时记录小区产量, 计算商品薯率。

1.3 调查方法与标准

病害调查: 在第 4 次和最后 1 次用药肥后 5 d, 进行晚疫病调查; 采用对角线法每小区取 5 株, 对叶片逐一调查, 最后计算病情指数及防效。马铃薯晚疫病分级标准:

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51%以上。

病情指数 = Σ (各级病叶数 × 各级病叶级数) / (调查叶片数 × 最高病叶级数) × 100

防治效果(%) = (对照病情指数 - 药剂处理病情指数) / 对照病情指数 × 100

1.4 数据分析

用 Microsoft Office Excel 2007 整理数据, DPS 3.01 专业软件统计分析, 新复极差法(SSR)检验显著性。

2 结果与分析

2.1 不同处理对马铃薯晚疫病病情指数及防效的影响

各试验处理第1次喷施药肥时间为7月1日, 在最后1次喷施药肥后5 d(9月5日)进行晚疫病调查, 结果见表1, 从表1中可以看出, 病情指数最

高的处理是 A2B1C3(喷施药肥间隔 10 d、不加控失剂、减少农药量 20%), 而病情指数最低的处理是 A1B3C1(喷施药肥间隔 7 d、加 10%控失剂、农药不减量), 以生产常用的药肥一体化模式处理(A1B1C1)作对照, 分别计算各个处理水平的防效, 结果见表 1。除了处理 A1B1C2 为 6.64%, A2B1C1、A2B1C2 和 A2B1C3 防效低于生产常规药肥一体化处理外, 其他处理防效高于 10%, 防效最好的处理是 A1B3C1, 较对照高 47.53%。对试验各处理的病情指数进行显著性分析, 结果见表 2。对于喷施药肥间隔时间不同的主处理 A, 间隔 7 d 的 A1 处理的病情指数要超过间隔 10 d 的 A2 处理, 但二者差异不显著; 对于是否加控失剂的处理 B, 不加控失剂的处理 B1 病情指数要高于加 5%控失剂的处理 B2 和加 10%控失剂的 B3, 并且差异达到了显著水平; 对于农药是否减量的处理 C, 减量 20%的 C3 处理的病情指数高于不减量的 C1 处理和减量 10%的 C2 处理, 但是各处理之间的差异不显著。

表 1 不同处理对马铃薯晚疫病的防治效果

Table 1 Control efficacy of different treatments on potato late blight

处理 Treatment	病情指数 Disease index			相对防效(%) Control effect	处理 Treatment	病情指数 Disease index			相对防效(%) Control effect
	I	II	平均 Average			I	II	平均 Average	
A1B1C1	15.28	17.28	16.28	—	A2B1C1	15.79	17.24	16.52	-1.45
A1B1C2	14.04	16.36	15.20	6.64	A2B1C2	17.65	15.63	16.64	-2.19
A1B1C3	13.16	15.94	14.55	10.63	A2B1C3	23.81	18.52	21.16	-30.00
A1B2C1	14.93	8.87	11.90	26.92	A2B2C1	17.50	4.29	10.89	33.09
A1B2C2	8.79	8.64	8.72	46.46	A2B2C2	10.34	7.34	8.84	45.69
A1B2C3	11.43	12.47	11.95	26.60	A2B2C3	14.10	6.35	10.23	37.19
A1B3C1	9.68	7.41	8.54	47.53	A2B3C1	13.48	7.23	10.36	36.39
A1B3C2	6.75	10.38	8.57	47.39	A2B3C2	13.73	14.04	13.88	14.74
A1B3C3	10.00	13.46	11.73	27.94	A2B3C3	12.82	11.67	12.24	24.79

2.2 不同处理对马铃薯产量的影响

由表 3 可知, 试验处理 A2B3C1(喷施药肥间隔 10 d、加药肥量 10%的控失剂、农药不减量)产量最高, 达到 56 830 kg/hm², 大薯率也最高达到 80.81%, 而产量最低的是处理 A2B1C3(喷施药肥间隔 10 d、不加控失剂、农药减量 20%), 产量为 27 314 kg/hm²。高于生产常规药肥一体化处理

A1B1C1 产量 10%的处理有 3 个, 分别为 A2B3C1、A1B3C1 和 A1B2C2。

对马铃薯产量试验结果方差分析表明(表 4), 处理 A(间隔天数)对产量影响未达到显著水平; 而处理 B(控失剂)中, B2、B3(分别添加 5%和 10%的控失剂)的产量与 B1(不加控失剂)相比差异达到显著水平; 而处理 C(农药减量)中, C1(农药不减量)

表2 不同处理对马铃薯晚疫病防治效果方差分析
Table 2 Analysis of variance for different treatments on potato late blight

处理 Treatment	病情指数 Disease index	差异显著性 Difference significant		
		0.05	0.01	
主处理 A Main plot A				
A1	13.42	a	A	
A2	11.94	a	A	
裂区 B Split plot B				
B1	16.73	a	A	
B3	10.89	b	A	
B2	10.42	b	A	
次裂区 C Sub-split plot C				
C3	13.64	a	A	
C1	12.42	a	A	
C2	11.97	a	A	

注：采用SSR法检验显著性。同一列标有不同大写字母表示组间差异极显著 ($P < 0.01$)，不同小写字母表示组间差异显著 ($P < 0.05$)，标有相同字母表示差异不显著。下同。
Note: The significant difference is tested by SSR. The data with different capital letters in same column indicate highly significant difference ($P < 0.01$); the data with different lowercase letters in same column indicate significant difference ($P < 0.05$); the data with a same letter in the same column indicate there has no significant differences. The same below.

与C3(农药减量20%)的产量差异达到显著水平，而C2(农药减量10%)与C1(农药不减量)差异不明显。

3 讨 论

晚疫病是目前危害马铃薯生产最重要的病害，每年在全世界因马铃薯晚疫病造成的损失约170亿美元，中国超过10亿美元^[8,9]。目前马铃薯晚疫病防治主要以化学药剂为主，王云龙等^[10]、王梦飞等^[11]、杨兰芳等^[12]、陈爱昌等^[3]分别在不同地点，不同年份进行了多种药剂效果的田间药效试验，对不同地点的晚疫病防治应选取的药剂进行了试验，得到了不同的农药组合。但化学农药利用率低、释放速度快、药效持效短，并且过度使用化学农药防治晚疫病既增加生产成本，又对环境造成危害。因此需要开发新型环保农药，如生物农药^[13,14]，或改进农药剂型，如缓释技术等^[15]。农药控失剂是一种可以控制农药向环境流失的新型农药助剂。该助剂适用于液体和固体农药，可以提高农药附着性，最大限度地降低农药对环境的污染。农药

控失技术与现有缓释技术具有显著的区别：前者是针对农药分子的流失，通过改性黏土自组装形成微纳网络结构将农药分子固定在叶面和土壤表面；后者是针对农药分子的释放速率，通过微胶囊、化学键、吸附、包裹等方法降低农药分子释放速率。
根据本试验的结果，综合分析可知，添加农药控失剂的各处理组对马铃薯晚疫病的防治效果都高于生产常规的药肥一体化模式。采用间隔10 d施药，在生产周期内少用1次药，对马铃薯晚疫病的防效也高于或近似于生产常规；不加控失剂，施药肥间隔时间长，农药减量的处理对于晚疫病的防效低于生产常规药肥一体化模式。试验结果表明，添加10%的控失剂可以使农药对马铃薯晚疫病防效提高47.53%，增产35.80%(处理A1B3C1)；而添加10%的控失剂，在农药施用次数减少但是农药不减量的情况下对马铃薯晚疫病防效仍然提高36.39%，增产38.93%(处理A2B3C1)；添加5%的控失剂，在农药施用次数减少、每次减量10%的情况下，对马铃薯晚疫病防效提高45.69%，增产3.95%(处理A2B2C2)。该结果说明，使用研发的新型控失剂，在等量施药的情况下，可以显著提高马铃薯晚疫病的防效并增加产量；在减少10%农药施用量的情况下，仍然可以显著提高对晚疫病防效并有小幅增产。表明研发的新型农药控失剂，与农药进行充分混匀后，可以显著提高农药对马铃薯晚疫病的防效，降低因晚疫病造成的经济损失，减少病害的发生，提高经济效益，对马铃薯种植中农药施用具有显著的减施增效作用。

[参 考 文 献]

[1] 杨帅, 闵凡祥, 高云飞, 等. 新世纪中国马铃薯产业发展现状及存在问题[J]. 中国马铃薯, 2014, 28(5): 311-316.
[2] 谢开云, 屈冬玉, 金黎平, 等. 中国马铃薯生产与世界先进国家的比较[J]. 世界农业, 2008(5): 35-38, 41.
[3] 陈爱昌, 魏周全, 孙兴明, 等. 不同药剂组合对马铃薯晚疫病的防治效果分析[J]. 中国马铃薯, 2015, 29(6): 365-367.
[4] 朱万斌, 王海滨, 林长松, 等. 中国生态农业与面源污染减排[J]. 中国农学通报, 2007, 23(10): 184-187.

表3 不同试验处理马铃薯产量
Table 3 Potato yields of different treatments

处理 Treatment	I		II		平均产量(kg/hm ²) Average yield (kg/ha)	大薯率(%) Large-sized tuber percentage	与生产常规比较(%) Compared to conventional method
	产量(kg/667m ²) Yield	折合产量(kg/hm ²) Equivalent yield (kg/ha)	产量(kg/667m ²) Yield	折合产量(kg/hm ²) Equivalent yield (kg/ha)			
A1B1C1	2 715.14	40 727	2 739.14	41 087	40 907	58.17	—
A1B1C2	2 472.46	37 087	2 103.44	31 552	34 319	66.07	-16.10
A1B1C3	2 959.15	44 387	2 367.12	35 507	39 947	64.83	-2.35
A1B2C1	2 302.78	34 542	3 048.82	45 732	40 137	42.93	-1.88
A1B2C2	3 200.49	48 007	3 346.17	50 193	49 100	64.53	20.03
A1B2C3	2 675.47	40 132	2 661.47	39 922	40 027	58.28	-2.15
A1B3C1	3 525.84	52 888	3 880.86	58 213	55 550	71.14	35.80
A1B3C2	1 997.77	29 967	2 897.81	43 467	36 717	57.78	-10.24
A1B3C3	3 017.15	45 257	2 091.44	31 372	38 314	61.27	-6.34
A2B1C1	2 496.46	37 447	2 220.44	33 307	35 377	56.72	-13.52
A2B1C2	2 355.45	35 332	2 664.13	39 962	37 647	31.47	-7.97
A2B1C3	1 446.41	21 696	2 195.44	32 932	27 314	61.46	-33.23
A2B2C1	2 558.46	38 377	2 625.80	39 387	38 882	54.67	-4.95
A2B2C2	2 267.11	34 007	3 402.50	51 038	42 522	53.29	3.95
A2B2C3	2 532.79	37 992	2 445.46	36 682	37 337	58.16	-8.73
A2B3C1	3 433.84	51 508	4 143.54	62 153	56 830	80.81	38.93
A2B3C2	2 339.78	35 097	2 166.44	32 497	33 797	71.30	-17.38
A2B3C3	1 662.08	24 931	2 835.14	42 527	33 729	73.74	-17.55

注: 大薯标准 > 75 g。

Note: Big tuber standard > 75 g.

表4 各处理组合对马铃薯产量差异显著性分析
Table 4 Analysis of difference significant for different
treatment combinations

处理 Treatment	产量 Yield	差异显著性 Difference significant	
		0.05	0.01
主处理 A Main plot A			
A1	41 669	a	A
A2	38 159	a	A
裂区 B Split plot B			
B3	42 490	a	A
B2	41 334	a	A
B1	35 919	b	A
次裂区 C Sub-split plot C			
C1	44 614	a	A
C2	39 017	ab	A
C3	36 111	b	A

- [5] 张荣华, 许庆芬, 徐宁, 等. 往农药里添加控失剂防马铃薯晚疫病效果初探[J]. 现代化农业, 2014(11): 5-6.
- [6] 杨云芳, 吕娟娟, 谢成虎. 新型农药防控马铃薯晚疫病对比试

验[J]. 农业科技与信息, 2015(19): 76-77.

- [7] 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其相应药剂田间防效验证[J]. 农药, 2016, 55(2): 134-137.
- [8] 谢开云, 车兴壁, Christian D, 等. 比利时马铃薯晚疫病预警系统及其在我国的应用[J]. 中国马铃薯, 2001, 15(2): 67-71.
- [9] Fry W E, Goodwin S B, Dyer A T, *et al.* Historical and recent migrations of *Phytophthora infestans*: chronology, pathways and implications[J]. Plant Disease, 1993, 77(7): 653-661.
- [10] 王云龙, 闵凡祥, 高云飞, 等. 10种药剂处理对马铃薯晚疫病的防治效果分析[J]. 中国马铃薯, 2014, 28(2): 94-99.
- [11] 王梦飞, 杨富, 马涛. 不同杀菌剂防治马铃薯晚疫病田间药效试验[J]. 中国马铃薯, 2011, 25(1): 47-49.
- [12] 杨兰芳, 吴德喜, 赵剑锋, 等. 不同杀菌剂对马铃薯晚疫病的田间防效试验[J]. 中国马铃薯, 2014, 28(3): 172-174.
- [13] 郭梅, 阎凡祥, 王晓丹, 等. 生物源农药防治马铃薯晚疫病研究进展[J]. 中国马铃薯, 2007, 21(4): 227-230.
- [14] 田恒林, 沈艳芬, 肖春芳, 等. 防治马铃薯晚疫病新药剂—丁子香酚[J]. 中国马铃薯, 2013, 27(3): 162-165.
- [15] 杨淑珍. 农药缓释剂研究进展[J]. 山西农业科学, 2012, 40(2): 186-188.