

中图分类号: S532 文献标识码: B 文章编号: 1672-3635(2014)06-0357-05

马铃薯晚疫病优化防治决策

谢成君^{1*}, 刘普明¹, 谢 强¹, 杨宁权²

(1. 西吉县农业技术推广服务中心, 宁夏 西吉 756200; 2. 宁夏农业技术推广总站, 宁夏 银川 750001)

摘要: 依据比利时马铃薯晚疫病预警系统模型预测, 确定马铃薯主要生育期内, 病菌生成潜在侵染次数、代数和最佳防治期及防治次数, 运用多目标决策方法, 通过对西吉县‘青薯9号’品种马铃薯晚疫病田间药剂防治试验进行决策分析, 获得了防治成本低(46.5~49.5元/667m²)、防治效果高(病指防效82.39%~85.78%)和保产效果好(41.40%~45.49%)的综合效益决策矩阵及决策靶, 为指导马铃薯晚疫病田间防治提供了科学依据。

关键词: 马铃薯晚疫病; 预警系统; 管理决策

Optimize Decision-making for Potato Late Blight Control

XIE Chengjun^{1*}, LIU Puming¹, XIE Qiang¹, YANG Ningquan²

(1. Xiji Agricultural Technology Extension and Service Center, Xiji, Ningxia 756200, China;

2. Ningxia Agricultural Technology Extension Station, Yinchuan, Ningxia 750001, China)

Abstract: Based on a Belgium Warning System against Potato Late Blight, potential infection number, generation of *Phytophthora infestans* de Bary, and optimal spray time and number of spray were determined using a multi-objective decision method. Based on the analysis on a field trial for late blight control of 'Qingshu 9' in Xiji County, decision-making matrix and target were established for low cost (46.5-49.5 Yuan/667m²), high late blight control efficiency (efficiency for disease index 82.39%-85.78%), and high yield increase (41.40%-45.49%). These data provide a sound base for guiding late blight control in field.

Key Words: potato late blight; prewarning system; decision-making

收稿日期: 2014-04-26

基金项目: 2013年宁夏回族自治区科技支撑计划项目。

作者简介: 谢成君(1956-), 男, 研究员, 从事农作物病虫害的防治、预测预报研究及推广工作。

*通信作者(Corresponding author): 谢成君, E-mail: zbxcj@163.com。

- =====
- | | |
|---|---|
| [4] 鲁绍凤, 杨艳丽, 胡先奇, 等. 云南省马铃薯主栽品种对晚疫病的抗性分析[J]. 云南农业大学学报, 2006, 21(5): 586-590. | [11] 郭书普. 马铃薯、甘薯、山药病虫害鉴别与防治技术图解[M]. 北京: 化学工业出版社, 2012. |
| [5] 金光辉, 吕文河. 俄罗斯马铃薯资源在黑龙江省的晚疫病田间自然抗性评价[J]. 作物杂志, 2008(1): 79-82. | [12] 全国农业技术推广服务中心. 中国植保手册·马铃薯病虫害防治分册[M]. 北京: 中国农业出版社, 2009. |
| [6] 王信, 程亮, 郭青云. 青海省马铃薯品种对晚疫病病菌的抗性分析[J]. 中国马铃薯, 2011, 25(4): 238-241. | [13] 吕佩珂, 苏蕙兰, 张建勋, 等. 中国粮食作物、经济作物、药用植物、病虫原色图鉴[M]. 呼和浩特: 远方出版社, 1999. |
| [7] 姚裕琪, 巩秀峰, 高奇华, 等. 马铃薯品种对晚疫病的抗性评价[J]. 福建农业科技, 2001(4): 5-6. | [14] 陈学林, 王彦彪, 马虎生. 定西市主要栽培马铃薯品种的农艺性状和营养价值分析[J]. 西北师范大学学报: 自然科学版, 2010, 46(6): 71-74. |
| [8] 龙玲, 刘红梅, 熊咏, 等. 毕节地区主栽马铃薯品种对晚疫病的田间抗性评价[J]. 贵州农业科学, 2009, 37(12): 49-52. | [15] 韩春江, 俞晓花. 脱毒马铃薯陇薯3号无公害栽培技术[J]. 农村科技, 2008, 26(1): 6-7. |
| [9] 李葆春, 李广. 甘肃定西地区降水资源的分布格局[J]. 草业科学, 2006, 23(10): 60-62. | [16] 谈孝凤, 金星, 袁洁, 等. 贵州马铃薯主栽品种对晚疫病的田间抗性评价[J]. 种子, 2009, 28(3): 45-48. |
| [10] 张炳炎. 马铃薯病虫害及防治原色图谱[M]. 北京: 金盾出版社, 2010. | |

西吉县马铃薯播种面积从1997年的1.4万hm²,发展到近年的8.0万hm²,占全县粮食作物播种面积的49.59%~51.65%^[1]。为了做好马铃薯晚疫病预测预报及防治工作,2011年西吉县农业技术推广服务中心引进比利时马铃薯晚疫病预警系统(System against Potato Late Blight),经3年应用,逐步建立和完善马铃薯晚疫病数字化监测预警系统^[2-4],全程监测马铃薯晚疫病发生情况,及时发布预警情报,保证了及时用药和防止滥用农药。但在田间药剂防治上,对不同区域、抗病品种,在晚疫病侵染第几代防治,用什么药剂防治才能达到综合效益最佳,有待研究探讨。

本研究通过目标决策方法^[5,6],探讨当地防治马铃薯晚疫病田间优化管理方法,为指导大面积防控提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 优化管理决策分析方法

设 U 为管理决策空间, A 为事件集(防治时间), B 为对策集(防治药剂), R 为效果集(防治效果等目标),则 $U=(A、B、R)$, A 与 B 的组合称为局势, $S_{ij}=(a_i, b_j)$,而 S_{ij} 与 r_{ij} (效果测度)的全体为决策单元, $r_{ij}/S_{ij}=r_{ij}/(a_i, b_j)$,其中 r_{ij} 根据所反映的目标性质,由 S_{ij} 实测效果白化值换算得到。当 S_{ij} 有 n 个指标时,第 k 个目标效果测度记为 $r_{ij}^{(k)}$,故有相应决策单元 $r_{ij}^{(k)}/S_{ij}$,决策向量 $(S_i^{(k)}, Q_i^{(k)})$ 及决策矩阵 $M^{(k)}$, n 个目标加权综合矩阵为 $M^{(\Sigma)}$ 。

其中 $r_j^{(\Sigma)}=\sum_{k=1}^n W_k \cdot r_{ij}^{(k)} r_j$, $\sum_{k=1}^n W_k=1$, W_k 为 k 目标的权重系数。

其中:

$$M^{(k)}= \begin{vmatrix} r_{11}^{(k)} & r_{12}^{(k)} & \cdots & r_{1m}^{(k)} \\ r_{21}^{(k)} & r_{22}^{(k)} & \cdots & r_{2m}^{(k)} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ r_{n1}^{(k)} & r_{n2}^{(k)} & \cdots & r_{nm}^{(k)} \end{vmatrix}$$
$$M^{(\Sigma)}= \begin{vmatrix} r_{11}^{(\Sigma)} & r_{12}^{(\Sigma)} & \cdots & r_{1m}^{(\Sigma)} \\ r_{21}^{(\Sigma)} & r_{22}^{(\Sigma)} & \cdots & r_{2m}^{(\Sigma)} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ r_{n1}^{(\Sigma)} & r_{n2}^{(\Sigma)} & \cdots & r_{nm}^{(\Sigma)} \end{vmatrix}$$

1.2 试验设计

1.2.1 防治决策

根据当地不同区域抗病品种调查、品比抗性试验和晚疫病田间始见期,初步研究拟定土石山区、葫芦河川道区的不同品种,应在第3代、第4代、第5代为第1次防治的代数。以后防治次数根据当年晚疫病侵染循环各代出现的次数(姊妹代)间隔时间和药效期来确定。在防治代,第1次侵染4~6 min,用保护剂防治,在7 min以后2 d内用治疗剂进行喷药防治^[4]。防治药剂类型按照治疗剂和保护剂交替使用的原则选择。

1.2.2 供试药剂及田间设计

本试验于2013年设在西吉县葫芦河川道区黄家川,选用主栽品种‘青薯9号’(较抗病)。防治时间事件集 A 设 a_1 为第3代、 a_2 为第4代第1次防治。防治对策集 B 选用药剂(b_j)及用量见表1。田间试验设计见表2。共13个处理(包括清水对照),各设3次重复,共39个小区,随机排列,小区面积25 m²(5 m×5 m),覆膜种植,每小区种5垄10行,行距50 cm,株距33 cm,密度4 000株/667m²。5月2日播种,5月下旬出苗。

表1 马铃薯晚疫病田间防治药剂及剂量
Table 1 Fungicide and rate used for late blight control in field

药剂代号及名称 Code and name of fungicide used	剂型 Form	剂量(mL,g/667m ²) Rate	稀释倍数 Dilution factor	生产厂家 Manufacturer
①75%代森锰锌 75% Mancozeb	WDG	150	600	河北双吉化工有限公司
②68.75%氟吡菌胺霜霉威 68.75% Fluopicolide propamocarb	SC	75	1000	拜耳作物科学公司
③75%甲霜锰锌 75% Metalaxyl mancozeb	WP	150	500	江苏宝灵化工有限公司
④72%霜脲锰锌 72% Cymoxanil mancozeb	WP	150	500	上海杜邦农化有限公司
⑤80%代森锰锌 80% Mancozeb	WP	150	500	利民化工股份有限公司
⑥72%霜脲锰锌 72% Cymoxanil mancozeb	WP	150	500	河北双吉化工有限公司
⑦52.5%酮·霜脲氰 52.5% Cymoxanil ketone	WDG	50	1200	上海杜邦农化有限公司

表2 马铃薯晚疫病田间药剂防治试验设计

Table 2 Experimental design of late blight control in field

对策代码(b_i)	防治次数及药剂处理 Application times and treatment				事件(a_i) Event	
	第1次	第2次	第3次	第4次	a_1	a_2
	First time	Second time	Third time	Fourth time	(第3代)	(第4代)
b_1	①	①	①	①	a_1	a_2
b_2	①	③	①	③	a_1	a_2
b_3	①	③	④	⑥	a_1	a_2
b_4	⑤	④	⑤	④	a_1	a_2
b_5	①	⑥	①	⑥	a_1	a_2
b_6	⑦	②	④	②	a_1	a_2

注：①②…⑦为表1中各种药剂的代码。
Note: ①②…⑦ denote the code in table 1.

2 结果与分析

2.1 防治时间确定

根据马铃薯晚疫病预警系统监测, 试验田晚疫病为中偏重流行, 事件集 a_1 、 a_2 均防治4次。即 a_1 第3代侵染时间7月15日, 保护剂7月20日, 保护兼治疗剂7月23日防治; 第4代侵染时间7月26日, 保护剂8月2日、治疗剂8月4~6日防治; 第5代侵染时间8月8日, 保护剂8月10日, 治疗剂8

月17日防治; 第6代侵染时间8月24日, 保护剂8月12日, 治疗剂9月1日防治。 a_2 为第4代开始防治, 第2次第5代、第3次第6代施药时间同事件集 a_1 , 第4次施药第7代, 侵染时间9月4日, 保护剂9月6日、治疗剂9月11日防治。

2.2 防治效果

对试验结果(表3)资料进行方差分析, 病情指数防治效果经 $\sin^{-1}\sqrt{P}$ 代换后, 经 F 测验各处理间达极显著水准, LSR 测验, 处理 a_2b_6 与 a_1b_6 、 a_2b_4 有显著

表3 马铃薯晚疫病不同处理防治保产效果

Table 3 Effect on yield of various treatments for late blight control

事件 (a_i) Event	对策代码 (b_i) Code	病情指数 Disease index				防治效果 (%) Efficiency	小区产量(kg) Plot yield				单产 (kg/667m ²) Per unit area yield	保产效果 (%) Yield increase
		I	II	III	T		I	II	III	T		
a_1	b_1	13.41	16.56	19.92	16.63	57.00	68.0	71.5	65.0	68.17	1818.7	21.30
	b_2	10.05	9.30	7.82	9.06	76.57	75.6	70.0	88.0	77.70	2073.0	38.26
	b_3	7.33	8.75	12.50	9.53	75.36	70.2	66.0	82.8	73.00	1947.6	29.89
	b_4	7.14	11.02	9.26	9.14	76.36	61.2	80.2	74.8	72.10	1923.6	28.29
	b_5	17.02	16.25	14.35	15.87	58.95	83.0	58.8	70.0	70.60	1883.6	25.62
	b_6	7.01	4.50	5.00	5.50	85.78	90.0	97.2	58.8	82.00	2186.8	45.85
a_2	b_1	11.41	10.56	12.32	11.43	70.44	80.4	77.6	66.0	74.67	1992.1	32.86
	b_2	7.12	7.22	6.10	6.81	82.39	70.8	83.2	84.4	79.50	2120.2	41.40
	b_3	8.10	6.54	8.50	7.71	80.06	78.1	73.2	85.2	78.80	2103.3	40.28
	b_4	5.25	5.70	6.02	5.66	85.78	82.8	71.4	90.4	81.77	2181.5	45.49
	b_5	7.40	9.10	6.60	7.70	80.09	61.2	95.4	80.4	79.00	2107.7	40.57
	b_6	3.02	3.12	4.10	3.41	91.18	73.4	80.4	97.2	83.70	2233.1	48.93
CK (清水) (Water)		36.50	38.40	41.12	38.67		65.2	48.0	55.4	56.2	1499.4	

差异, 与其他处理达极显著差异。表明 a_2b_6 处理防治效果最好, 为 91.18%, a_1b_6 、 a_2b_4 处理均为 85.78%。各处理小区产量无显著差异, 但有明显的保产效果, 处理 a_2b_6 、 a_1b_6 、 a_2b_4 667m² 产量分别比 CK 高 733.7、687.4 和 682.1 kg, 保产效果各为 48.93%、45.85%、45.49%, 仍居前三位, 其余各处理保产效果 21.30%~41.40%。以上 3 个处理虽然防治、保产效果较好, 但药剂成本较高, 不达综合效益决策目标。

2.3 目标效果测度

对于 3 个目标, 要求防治成本 $M^{(1)}$ 低, 防治效果 $M^{(2)}$ 和保产效果 $M^{(3)}$ 好, 对于 $M^{(1)}$ 采用下限测度, 对于 $M^{(2)}$ 和 $M^{(3)}$ 采用上限测度, 既 $r_{ij}=U_{\min}/U_{ij}$, $r_{ij}=U_{ij}/U_{\max}$, 其中 $U_{\min}$ 和 $U_{\max}$ 为 S_{ij} 所有实测效果最小和最大者。 $M^{(1)}$ 、 $M^{(2)}$ 和 $M^{(3)}$ 实测效果白化值如表 4。

表 4 马铃薯晚疫病不同防治方案实测效果测度值
Table 4 Measured value of various schemes for late blight control

项目 Item	对策代码(b_i) Code	事件(a_i) Event	
		a_1	a_2
防治成本 $M^{(1)}$ (元/667m ²) Cost	b_1	45.0	45.0
	b_2	46.5	46.5
	b_3	59.3	59.3
	b_4	75.0	75.0
	b_5	49.5	49.5
	b_6	118.5	118.5

防治效果 $M^{(2)}$ (%) Efficiency	b_1	57.00	70.44
	b_2	76.57	82.39
	b_3	75.36	80.06
	b_4	76.36	85.78
	b_5	58.95	80.09
	b_6	85.78	91.18

保产效果 $M^{(3)}$ (kg/667m ²) Yield increase	b_1	319.3	492.7
	b_2	573.6	620.8
	b_3	448.2	603.9
	b_4	424.2	682.1
	b_5	384.2	608.3
	b_6	667.4	733.7

将表 4 中资料测度后得 3 个目标矩阵 $M^{(k)}$, $k = (1, 2, 3)$ 。

$$M^{(1)} = \begin{vmatrix} \frac{1.000}{S_{11}} & \frac{0.968}{S_{12}} & \frac{0.759}{S_{13}} & \frac{0.600}{S_{14}} & \frac{0.909}{S_{15}} & \frac{0.380}{S_{16}} \\ \frac{1.000}{S_{21}} & \frac{0.968}{S_{22}} & \frac{0.759}{S_{23}} & \frac{0.600}{S_{24}} & \frac{0.909}{S_{25}} & \frac{0.380}{S_{26}} \end{vmatrix}$$

$$M^{(2)} = \begin{vmatrix} \frac{0.625}{S_{11}} & \frac{0.840}{S_{12}} & \frac{0.827}{S_{13}} & \frac{0.837}{S_{14}} & \frac{0.647}{S_{15}} & \frac{0.941}{S_{16}} \\ \frac{0.773}{S_{21}} & \frac{0.904}{S_{22}} & \frac{0.878}{S_{23}} & \frac{0.941}{S_{24}} & \frac{0.878}{S_{25}} & \frac{1.000}{S_{26}} \end{vmatrix}$$

$$M^{(3)} = \begin{vmatrix} \frac{0.435}{S_{11}} & \frac{0.782}{S_{12}} & \frac{0.611}{S_{13}} & \frac{0.578}{S_{14}} & \frac{0.524}{S_{15}} & \frac{0.937}{S_{16}} \\ \frac{0.672}{S_{21}} & \frac{0.846}{S_{22}} & \frac{0.823}{S_{23}} & \frac{0.930}{S_{24}} & \frac{0.829}{S_{25}} & \frac{1.000}{S_{26}} \end{vmatrix}$$

2.4 综合决策矩阵优化处理

根据目标相对重要性, 经有关专家和植保人员评估, 各目标权重为 $W_1 = 0.28$, $W_2 = 0.32$, $W_3 = 0.40$, 因此综合目标矩阵为:

$$M^{(\Sigma)} = \begin{vmatrix} \frac{0.654}{S_{11}} & \frac{0.853}{S_{12}} & \frac{0.722}{S_{13}} & \frac{0.667}{S_{14}} & \frac{0.671}{S_{15}} & \frac{0.782}{S_{16}} \\ \frac{0.796}{S_{21}} & \frac{0.899}{S_{22}} & \frac{0.823}{S_{23}} & \frac{0.841}{S_{24}} & \frac{0.867}{S_{25}} & \frac{0.826}{S_{26}} \end{vmatrix}$$

$$M^* = \begin{vmatrix} \frac{0.899}{S_{22}} & \frac{0.867}{S_{25}} & \frac{0.853}{S_{12}} & \frac{0.841}{S_{24}} & \frac{0.826}{S_{26}} & \frac{0.823}{S_{23}} \\ \frac{0.796}{S_{21}} & \frac{0.782}{S_{16}} & \frac{0.722}{S_{13}} & \frac{0.671}{S_{15}} & \frac{0.667}{S_{14}} & \frac{0.654}{S_{11}} \end{vmatrix}$$

按 $W^{(\Sigma)}$ 中效果测度值大小, 将决策元由大到小排序形成优化综合决策矩阵 M^* 。

2.5 优化综合决策矩阵的应用

为了便于田间管理人员的掌握和使用, 可以进一步将 $M^{(\Sigma)}$ 和 M^* 改写成决策树和决策靶(图 1)的直观形式。从图 1 可以看出, 当地马铃薯晚疫病田间管理, 首先应选择决策靶中心趋势 S_{22} 和 S_{25} , 即在 ‘青薯 9 号’ 品种上晚疫病发生第 4 代开始, 667m² 用 75% 代森锰锌 WDG150 g 600 倍液、75% 甲霜锰锌 WP150 g 500 倍液或 75% 代森锰锌 WDG150 g 600 倍液、72% 霜脲锰锌 WP150 g 500 倍液, 根据马铃薯晚疫病预警系统发生代数交替喷施药剂, 可达到防治成本低(46.5~49.5 元/667m²)、防治效果高(病指防效 82.39%~85.78%)和保产效果好(41.40%~45.49%)3 个目标综合最佳的目的。

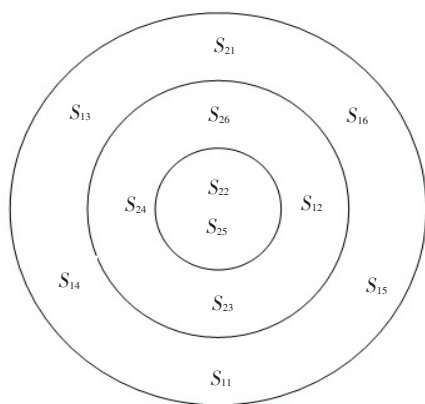


图1 决策靶

Figure 1 Decision-making target

3 讨 论

经葫芦河川区主栽品种‘青薯9号’马铃薯晚疫病优化管理决策试验研究,防治首选方案为 S_{22} 、 S_{25} ,即于晚疫病侵染第4代开始,用代森锰锌、甲霜锰锌或代森锰锌、霜脲锰锌按常规药量喷施,综合效益较好。其次选用 S_{24} 、 S_{23} 方案。对经济条件好的区域还可选用 S_{26} 方案。对不同区域、不同抗病品种,结合预警监测系统所掌握的代数^[2]事件 a_i ,选用以上优化防治对策 $b_{2,5}$,可提高防治的综合效果。

由于不同区域、不同品种的抗病性以及晚疫病侵染的迟早和农药等价格的变动,在应用决策矩阵及决策靶时,应注意对事件、对策、目标的

设置,以及目标权重值都需在主客观条件的变化过程中应不断改进修正,形成一个随时变动决策矩阵,这样才能取得最佳效果^[7]。

药剂防治作为我国现阶段农作物病虫害综防管理的重要手段,如何改进田间防治决策技术,实施优化管理是一个值得研究的问题。本研究只是对当地马铃薯‘青薯9号’晚疫病田间药剂防治的现状,对其实施优化管理决策的初步尝试,有利于克服晚疫病药剂防治带来的某些弊病,提高病害防治的综合效益,以及综防管理的决策水平。决策矩阵如何应用于不同区域马铃薯晚疫病防治上,必须在晚疫病预警监测系统的前提下,有待进一步研究。

[参 考 文 献]

- [1] 谢成君,常建平,刘普明,等.西吉县马铃薯病虫害发生为害现状及防治对策[J].中国农技推广,2008,24(11):41-43.
- [2] 谢成君.农作物主要病虫害预测[M].银川:宁夏人民出版社,1998.
- [3] 谢成君.用模糊综合决策模型预测马铃薯晚疫病流行程度[J].马铃薯杂志,1994,8(1):23-25.
- [4] 谢成君,刘普明,王颖,等.马铃薯晚疫病预警系统在西吉县的应用[J].中国马铃薯,2014,28(2):106-110.
- [5] 谢成君.黑绒金龟[M].银川:宁夏人民出版社,2005.
- [6] 吕雨土.浙西地区稻飞虱种群田间优化管理决策的研究[J].昆虫知识,1993,30(6):321-324.
- [7] 侯殿明.苹果园山楂红蜘蛛优化防治决策的研究[J].植物保护,1998,24(3):23-26.



大庆金辉农业科技开发有限公司

大庆金辉农业科技开发有限公司成立于2012年3月15日,是一家以农业科技开发、农业机械设备、化肥研发与销售为项目的私营公司,总部位于大庆国家级高新技术产业开发区。公司以服务三农为宗旨,以质量和诚信求生存,以科技创新求发展,以广交天下朋友为理念,以农民增收为己任,始终以农业生产者的市场需求为导向,以解决生产中出现的实际问题为立足之本。

公司本着节约就是增效的观念,重点研究并生产的产品有信丰圆牌马铃薯中微量元素水溶肥;防治早晚疫病高效、低成本新型复配药剂(亩成本低于10元/次);防治除草剂药害(包括前茬、封闭及苗后除草剂使用不当引起的)的专用药剂;马铃薯种薯繁育专用播种机、收获机等;脱毒马铃薯,品种有鲜薯食用型中晚熟品种‘克新13号’、‘克新18号’;淀粉加工专用型品系‘ND0702-49’;早熟品种‘早大白’、‘尤金’、荷兰系列、‘中薯5号’和‘龙引薯1号’等。

此外,公司还重点发展以下几方面的业务:

针对各地区的土壤类型及养分含量,结合马铃薯的需肥规律,为客户制订一整套科学合理的立体化平衡施肥技术体系。

根据各地区的气候特点制订早晚疫病综合防治技术体系(包括高效低成本早晚疫病防治药剂)。

致力于马铃薯种薯繁育技术体系及种薯质量控制技术研究,可根据客户的需求,对马铃薯种薯生产进行全程指导。

联系地址:大庆市高新区火炬新街40号 邮 编:163310

联系人:金光辉

邮 箱:dqjhny@163.com

联系电话:0459-6280535 13946967350