

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2014)02-0100-06

甘肃省渭源县马铃薯晚疫病流行病学研究

郭 瑞¹, 漆文选², 杜立和², 王生荣^{1*}

(1. 甘肃农业大学草业学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 渭源县农技中心, 甘肃 渭源 743000)

摘 要: 为了探究甘肃省渭源县马铃薯晚疫病流行规律, 有效地防治马铃薯晚疫病, 在甘肃渭源县对马铃薯晚疫病田进行了一个生长季节的监测和调查。结果表明: 不同品种晚疫病发生程度不同, 晚熟品种比早熟品种晚发生, 早熟品种抗病性比晚熟品种差; 马铃薯晚疫病的流行与气象条件的关系中, 相对湿度、降雨量和马铃薯晚疫病流行呈正相关, 日照时数与马铃薯晚疫病流行呈负相关, 其中相对湿度为晚疫病流行的主导因素, 在这期间温度不是当地晚疫病流行的主导因素。

关键词: 渭源; 马铃薯晚疫病; 流行病学; 季节流行曲线

Epidemiology of Potato Late Blight in Weiyuan County of Gansu Province

GUO Rui¹, QI Wenxuan², DU Lihe², WANG Shengrong^{1*}

(1. College of Prataculture, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China;

2. Weiyuan Agricultural Extension Center, Weiyuan, Gansu 743000, China)

Abstract: In order to effectively control potato late blight, we studied the epidemiology of potato late blight by monitoring and observing potato late blight in a growing season of Weiyuan County of Gansu Province. The comparison research of occurrence patterns of potato late blight for different potato varieties showed that resistance of late maturing variety was stronger than that of early maturing variety. After observation of the relationship between the epidemiology of the late blight and the meteorological conditions, it revealed that there was a positive correlation of relative humidity and rainfall with the epidemiology of late blight, with a bigger correlation coefficient for relative humidity, whereas the sunshine hours were negatively related with the epidemiology. However, temperature was not found to have a significant effect on the epidemiology of potato late blight in this period.

Key Words: Weiyuan; potato late blight; epidemiology; seasonal epidemic curve

马铃薯晚疫病近年来在甘肃省马铃薯产区大范围流行, 成为限制马铃薯产业的主要障碍。2013年甘肃省马铃薯种植面积73.7万hm², 发病面积高达54万hm², 直接经济损失上百亿元。据研究, 甘肃省马铃薯晚疫病菌生理小种组成复杂, 各种克服抗病基因的毒性基因都存在^[1-3]。抗药性监测表明, 晚疫病菌对甲霜灵类杀菌剂已经产生抗药性, 而

对霜脲氰是敏感的^[4-6], 因此可用霜脲氰等非甲霜灵类药剂防治马铃薯晚疫病, 延缓抗药性的产生。

为了能够及时准确地对马铃薯晚疫病做出预测预报^[7, 8], 探索马铃薯晚疫病感病率与品种、相对湿度、气温、降雨量等气象因子的关系, 我们在甘肃省渭源县布置试验, 定点定时进行观测晚疫病在当地条件下的发生、发展和流行过程, 并

收稿日期: 2014-03-08

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项资金资助(CARS-10-P18); 甘肃省重大科技专项(1102NKDA025); 甘肃省农业厅财政病虫害防治专项(2012-034)。

作者简介: 郭瑞(1988-), 男, 硕士研究生, 从事马铃薯晚疫病研究。

*通信作者(Corresponding author): 王生荣, 教授, 博士生导师, 研究方向为真菌分类及真菌性病害, E-mail: wangsr@gsau.edu.cn。

取得了一些结果, 这对探究甘肃中部地区马铃薯晚疫病的发病流行规律和指导农业生产中的准确防治具有十分重要的意义。

1 材料与方 法

1.1 地 点

试验地点设在甘肃省渭源县五竹镇, 试验田海拔 2 262 m, 年平均气温 5.7℃, 无霜期 110~157 d, 年降雨量 523.7 mm。

1.2 供试品种

‘农天 1 号’、‘宕薯 6 号’、‘L0527’、‘陇薯 3 号’、‘中薯 20 号’, 均为甘肃省栽培的马铃薯品种, 其中‘陇薯 3 号’为大面积主栽品种, 选其作为对照 (CK)。

1.3 试验设计

试验采取随机区组设计, 每小区 15 m², 重复 3 次, 每小区保持相同的株数, 小区间隔离行 1 m, 四周设置保护行, 2013 年 4 月 26 日播种。

1.4 调查方法

每小区采用双对角线 5 点取样法, 每点取 5 株。前期以 10 d 为一观察周期, 分别记录各品种发病情况以及当时的气象条件。7~9 月为晚疫病高发期, 每 2 d 调查 1 次, 从发现中心病株开始, 定点定株定时调查发病情况、测量病斑大小, 计算发病率、严重度、病情指数, 直到病情不再扩展为止。

1.5 气象数据

气象数据由渭源县气象局气象观测站提供。

1.6 数据处理

调查数据用 Excel 和 SPSS 软件进行处理和统计分析, 其中

普遍率: $I = (\text{调查发病叶片数} / \text{调查叶片总数}) \times 100\%$

严重度: $S = (\text{病斑面积} / \text{叶片面积}) \times 100\%$

病情指数: $DI(\%) = I \times S \times 100$, 其中 DI 为病情指数, I 为普遍率, S 为严重度^[9]。

侵染速率: $r = \frac{1}{t_2 - t_1} \left(\ln \frac{X_2}{1 - X_2} - \ln \frac{X_1}{1 - X_1} \right)$

其中 X_1 、 X_2 分别代表 t_1 、 t_2 时的病情。

2 结果与分析

2.1 马铃薯晚疫病田间流行动态

通过对渭源县五竹镇试验田马铃薯晚疫病一个

生长季节的观察研究, 结合气象条件可知, 2013 年由于苗期雨水充足, 马铃薯长势比往年好, 5、6 月降雨偏少、气温偏高、田间湿度较低, 前期没有发生晚疫病。但 7 月上中旬多雨、高温、田间湿度大, 为马铃薯晚疫病发生流行提供了有利条件, 7 月 15 日发现中心病株, 7 月 18 日的病情开始扩展, 7 月 20 日试验田发现晚疫病株。7 月下旬持续降雨、田间湿度大, 马铃薯晚疫病普遍发生流行, 早熟品种比晚熟品种先发生, 且早熟品种比晚熟品种流行快。8 月 1~5 日天天雷阵雨, 每天都有晨露, 8 月 6~9 日连续降雨、田间湿度增大、温度升高, 晚疫病大流行; 8 月 10~15 日天气以阴为主, 早晨田间有露, 田间湿度较大, 晚疫病流行加重; 8 月 15 日以后没有降雨, 晚疫病流行受到抑制; 8 月底到 9 月初气温下降晚疫病流行减慢趋于停止。

调查结果表明, 早熟品种‘中薯 20 号’于 7 月 20 日发现有病斑产生, ‘农天 1 号’、‘陇薯 3 号’、‘宕薯 6 号’7 月 22 日发现病斑, ‘L0527’直到 7 月 24 日才发现病斑。通过调查发现, 早熟品种‘中薯 20 号’抗病性明显差于其他晚熟品种, 8 月 6 日出现一半叶片干枯, 8 月 12 日 3/4 叶片干枯, 8 月 20 日试验小区基本枯死; 其他晚熟品种 8 月 15 日之后陆续出现一半叶片枯死; 其中‘L0527’抗病性最强, 8 月 25 日出现一半叶片枯死。病情指数的大小能够反映品种的抗病性, 通过调查计算所得的病情指数我们可以看出, 早熟品种‘中薯 20 号’的病情指数比晚熟品种‘宕薯 6 号’高 23 个百分点, 比晚熟品种‘陇薯 3 号’高 32 个百分点, 而比晚熟品种‘L0527’高 46 个百分点, 抗病性从强到弱依次为‘L0527’、‘农天 1 号’、‘陇薯 3 号’(CK)、‘宕薯 6 号’、‘中薯 20 号’。

2.2 马铃薯晚疫病季节流行曲线

将各供试品种的病情指数按时间变化绘制出季节流行曲线, 如图 1。

由图 1 可知, 各供试品种马铃薯晚疫病季节流行曲线都为 S 形曲线, 但曲线走势各不相同, 早熟品种和晚熟品种差异大。其中, 早熟品种‘中薯 20 号’流行曲线最陡峭、病情指数最高, ‘中薯 20 号’病情指数比其它晚熟品种高出 25 个百分点左右, ‘L0527’流行曲线最平缓、病情指数最低, ‘农天 1 号’、‘宕薯 6 号’、‘陇薯 3 号’相差不大。7 月 16~28 日为马铃薯晚疫病始发期, 病情增长缓慢, 7 月 28 日~8 月 25 日为马铃薯晚疫病盛发期, 病情呈指

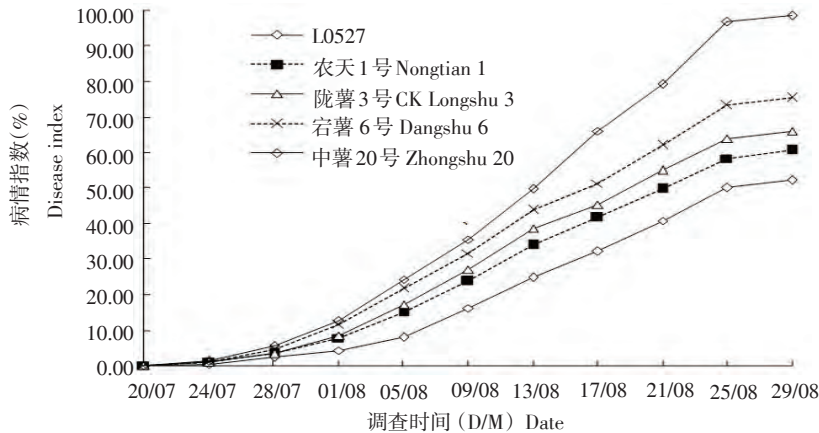


图1 2013年供试品种马铃薯晚疫病季节流行曲线

Figure 1 Seasonal epidemic curve of various tested varieties infected with potato late blight in 2013

数增长且速率快, 8月25日之后马铃薯晚疫病进入衰退期, 病情增长变缓趋于停止, 流行曲线也趋于水平。

2.3 马铃薯晚疫病侵染速率

把7月21~31日, 7月31日~8月10日, 8月10~20日, 8月20~30日, 每10 d作为一个侵染阶段, 计算分析‘陇薯3号’晚疫病的病叶率(表1), 绘制晚疫病侵染速率曲线(图2), 分别以斜率 r_1 、 r_2 、 r_3 和 r_4 表示各时段的侵染速率。可以看出, 斜率值 r_2 最大, 表明7月31日~8月10日阶段扩展速度

最快; 其次是 r_3 , 8月10~20日阶段的扩展速度次之; 前期和后期两个时段扩展速率都较慢, 所以 r_1 、 r_4 较小。分析气象数据(表2), 7月上旬的气象条件达到了晚疫病发生的条件, 于7月15日发现中心病株; 7月中旬降雨少, 但天气以阴天、多云为主, 田间平均相对湿度在74.5%, 气温10.2~24.4℃, 7月20日马铃薯晚疫病开始扩展; 7月下旬有一次连续性降雨, 田间相对湿度75.9%, 气温10.0~26.4℃, 马铃薯晚疫病开始流行; 8月上旬以

表1 马铃薯晚疫病田间侵染速率(r)

Table 1 Infection rate of potato late blight in different stages

调查日期(D/M) Date	21/07	31/07	10/08	20/08	30/08
病叶率 Diseased leaf rate	0.1233	0.2614	0.6822	0.8809	0.9263
$\ln [X/(1-X)]$	-1.966	-1.022	0.765	2.001	2.534
r	$r_1 = 0.0944$		$r_2 = 0.1787$		$r_3 = 0.1236$
				$r_4 = 0.0533$	

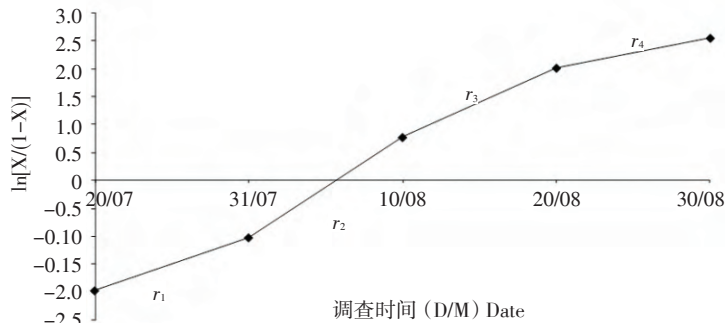


图2 逻辑值线与分段计算 r 值的可平均性

Figure 2 Logistic value line and average of r value

表2 2013年气象资料
Table 2 Meteorological data in 2013

时间 Date		降雨量 (mm) Rainfall	相对湿度 (%) Relative humidity	日照时数 (h) Sunshine hour	平均气温 (℃) Averagec temperature	最高气温 (℃) Max temperature	最低气温 (℃) Min temperature
7月 July	上旬	121.7	81.5	3.36	16.9	25.9	11.2
	中旬	15.9	74.5	4.98	16.7	24.4	10.2
	下旬	44.6	75.9	4.65	16.6	26.4	10.0
8月 August	上旬	34.8	78.0	4.01	17.3	25.8	7.8
	中旬	0	71.9	5.00	19.1	25.8	11.0
	下旬	19.2	72.7	6.85	17.4	25.7	8.4

雷阵雨天气为主且频率比较高，每天早上田间都有露，田间相对湿度78%，加上前期积累的菌量，马铃薯晚疫病大发生，故侵染速率 r_2 较大；8月中旬基本没有降雨，田间相对湿度72%，一定程度上抑制了马铃薯晚疫病的扩展，侵染速率变慢；8月下旬连续干旱，晚疫病病菌生长受到抑制，病害扩展变慢，故 r_4 最小。

2.4 气象因子对马铃薯晚疫病的影响

不同气象因子对晚疫病的影响差异是显著的，为了观察在甘肃渭源当地条件下，病害扩展与各气象因子之间的关系，我们定点定时进行了

观测，总结出在渭源当地条件下，温度不是晚疫病流行的限制因子，而降雨和阴天则是左右晚疫病流行的关键因子。

表3中病害扩展量为‘陇薯3号’调查前后两次晚疫病病斑直径的差值，将表3数据用SPSS软件做相关性分析，可知病害扩展与气温、日照时数、降雨量、相对湿度的相关系数分别为0.080、-0.433($P < 0.05$)、0.446($P < 0.05$)、0.553($P < 0.01$)，则相对湿度与病害扩展极显著相关，日照时数、降雨量和病害扩展显著相关，温度和病害扩展不相关。由此可知，降雨量、相对湿度

表3 病斑扩展量和气象数据
Table 3 Lesion extended value and meteorological data

调查时间(D/M) Date	气温(℃) Temperature	日照时数(h) Sunshine	降雨量(mm) Rainfall	相对湿度(%) Relative humidity	病斑扩展量(mm) Lesion extended value
20/07	16.5	11.05	0	69	0
22/07	18.7	6.20	0.6	68	2.0
24/07	17.3	4.05	6.8	80	4.0
26/07	15.6	0	18.3	89	5.0
28/07	13.6	0	14.4	89	5.5
30/07	18.1	11.90	0	70	4.0
01/08	17.3	2.85	4.8	75	8.0
03/08	16.5	10.90	0.5	71	4.0
05/08	19.8	3.10	0	76	7.0
07/08	16.0	2.05	32.8	79	8.0
09/08	17.0	1.95	1.3	81	9.0
11/08	18.3	4.70	0	78	4.5
13/08	18.7	4.25	0	77	5.0
15/08	18.9	5.70	0	72	4.0
17/08	19.4	5.30	0	71	3.5
19/08	19.9	4.30	0	71	4.0
21/08	18.6	6.20	0	72	2.5
23/08	20.3	6.20	0	68	1.5
25/08	19.6	6.50	0	73	1.5
27/08	16.3	0	2.1	76	1.0
29/08	14.4	4.65	1.5	70	0.5

和马铃薯晚疫病流行呈正相关,日照时数和马铃薯晚疫病流行呈负相关;其中,相对湿度是马铃薯晚疫病流行的主导因子,温度不是影响晚疫病流行的限制因素。因此,降雨量增加、日照时数减小、相对湿度增大有利于晚疫病发生发展;天气晴朗、日照充足,相对湿度减小不利于晚疫病发生发展。

2.4.1 相对湿度与发病

由图3可知,相对湿度是影响马铃薯晚疫病的主要因子,相对湿度增大,病害扩展加快;相对湿

度减小,病害扩展减慢。由于7月上中旬持续降雨,导致晚疫病在7月20日发生,7月20~22日相对湿度持续小于70%,晚疫病并未流行;7月24~28日相对湿度增加到80%以上,造成晚疫病流行;7月28日~8月11日相对湿度基本都大于75%,加上前期菌量的积累,病害扩展加快,致使晚疫病大流行;8月13日以后相对湿度降到75%以下,天气干燥,气温回升,晚疫病流行减慢,进入衰退期。

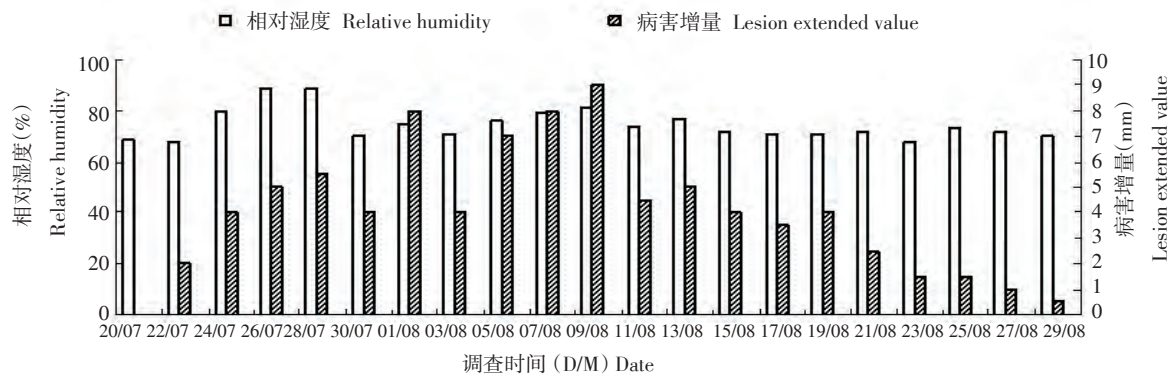


图3 病害扩展量和相对湿度

Figure 3 Lesion extended value and relative humidity

2.4.2 日照时数与发病

天气晴朗,日照时数长不利于晚疫病扩展,天阴日照时数则缩短,晚疫病扩展加快。由图4可知,7月24~28日日照时数为0,为晚疫病菌提供了良好的生长环境,导致晚疫病扩展并不断加快;8月上旬平均日照时数小于5 h,加上前期菌量积累,晚疫病扩展较7月下旬变快;8月中下旬日照时数在6 h以上,晚疫病扩展受到抑制,病害流行速度减慢。

2.4.3 降雨量与发病

调查表明,降雨量是左右马铃薯晚疫病流行的一个关键因子。降雨有利于马铃薯晚疫病扩展,连续降雨加快晚疫病的扩展。7月24~28日连续降雨、雨量大,7月下旬降雨量达44.6 mm,7月28日后晚疫病扩展加快,导致晚疫病流行;8月上旬雷阵雨天气居多,降雨量34.8 mm,每天早上田间都有露,加上前期菌量积累,从8月7日开始,出现了病害扩展的一个高峰(图5),扩展速度加

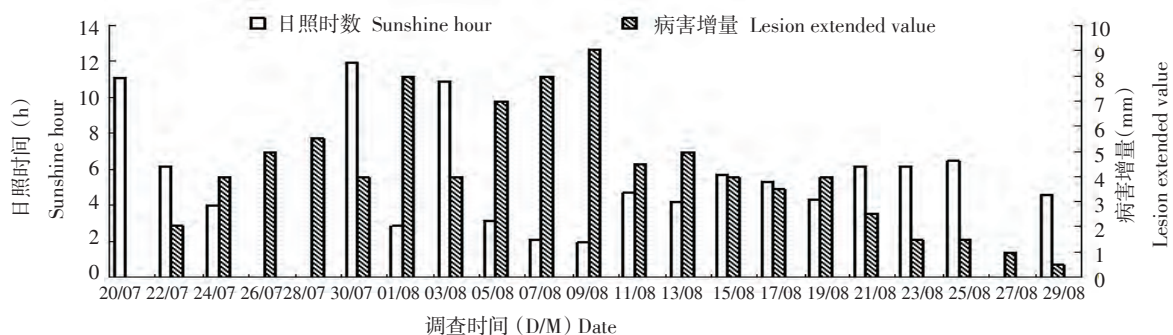


图4 病害扩展量和日照时数

Figure 4 Lesion extended value and sunshine hours

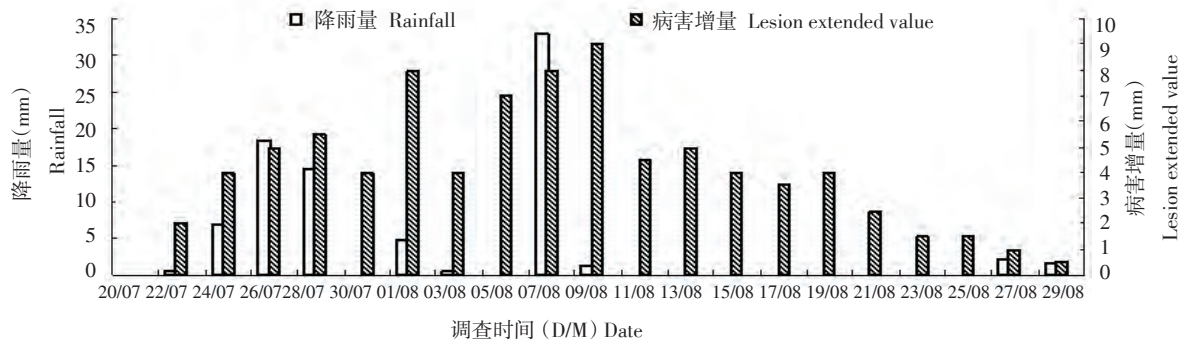


图5 病害扩展量和降雨量

Figure 5 Lesion extended value and rainfall

快，晚疫病短期内大流行；从8月中下旬基本没有降雨，气候干燥，田间湿度低，晚疫病扩展受到抑制，病情相对稳定。

3 讨 论

甘肃渭源属高寒二阴地区，6~9月降雨多，气温低，日照时数短，露、雾天气多，属于马铃薯晚疫病常发区。近年来由于连作严重，栽培管理技术落后，防治意识不强，防治药剂单一等，致使马铃薯晚疫病发生逐年加重。同一品种在不同条件下抗性不同，不同品种对生理小种抗性不同，晚熟品种抗性好于早熟品种，早熟品种比晚熟品种发病早、流行快、病情指数高。当地大面积品种‘陇薯3号’抗性有逐年减弱的趋势，建议‘农天1号’、‘L0527’和‘陇薯3号’轮流种植，延缓抗性的减弱。

气象因素直接关系马铃薯晚疫病的侵染速率^[10,11]，相对湿度增大，降雨量增多，日照时数减少，侵染速率增大。气象条件与马铃薯晚疫病流行的关系密切，相对湿度、降雨量与马铃薯晚疫病流行呈正相关，日照时数与马铃薯晚疫病流行呈负相关；降雨增加，日照时数减少，相对湿度增大有利于晚疫病流行；天气晴朗，光照充足，相对湿度减小不利于晚疫病流行；降雨、日照时数和雾露天气是增加和保持空气湿度的前提条件。气温7~25℃有利于晚疫病流行^[12,13]，甘肃渭源7~9月温度8~25℃上下波动较小，适宜马铃薯晚疫病流行。因此，相对湿度为影响马铃薯晚疫病流行的主导因素，降雨和日照时数为次主要因素，温度不是此期间晚疫病流行的主导因素。

[参 考 文 献]

- [1] 成兰芳, 王生荣. 甘肃马铃薯晚疫病病毒毒理类型及分布初探 [J]. 西北农业学报, 2011, 20(11): 179-182.
- [2] 成兰芳, 张文解, 李惠霞, 等. 甘肃省马铃薯晚疫病病毒生理小种鉴定 [J]. 甘肃农业大学学报, 2011, 46(3): 65-69.
- [3] 韩森, 国立耘. 甘肃和内蒙古地区马铃薯晚疫病病毒力型及其分布 [C]// 李玉. 中国菌物学会 2010 年年会论文集. 2010: 114-115.
- [4] 姚国胜, 吕国朝, 杨志辉, 等. 马铃薯晚疫病病毒对甲霜素敏感性及其交配型测定 [J]. 华北农学报, 2007, 22(增刊): 260-262.
- [5] 陈良华, 杨志辉, 丁明亚, 等. 河北、吉林两省马铃薯晚疫病病毒对3种杀菌剂的敏感性测定 [J]. 中国农学通报, 2009, 25(13): 171-174.
- [6] 吕伟, 李慧霞, 王生荣. 甘肃马铃薯晚疫病病毒对霜脲霉的敏感性测定 [J]. 湖南农业科学, 2010(13): 89-90.
- [7] 孙忠科, 牛畅, 杨淑慎. 马铃薯晚疫病研究 [J]. 生命科学研究, 2006, 10(2): 71-75.
- [8] 姚玉璧, 张存, 万信, 等. 黄土高原马铃薯晚疫病发生发展与气象条件关系的研究—以甘肃定西市为例 [J]. 植物保护, 2008, 34(4): 90-92.
- [9] 马占鸿. 植物流行病学 [M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [10] 肖悦岩, 季伯衡, 杨之为, 等. 植物病害流行与预测 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2005.
- [11] De Weille G A. Laboratory results regarding potato blight and their significance in the epidemiology of blight [J]. European Potato Journal, 1963, 6: 121-130.
- [12] 张厚桐. 春季马铃薯晚疫病的气象因素分析 [J]. 山东气象, 2002, 22(2): 12-13.
- [13] 王利亚, 孙茂林, 杨艳丽, 等. 云南马铃薯晚疫病区域性流行学的研究 [J]. 西南农业学报, 2005, 18(2): 157-162.