

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635 (2005) 01-0033-04

综 述

马铃薯晚疫病流行学及防治方法研究进展

曹 静, 客绍英

(唐山师范学院生物系, 河北 唐山 063000)

摘 要: 马铃薯晚疫病流行性强, 危害严重, 是限制马铃薯生产的主要病害之一。针对目前生产上该病害防治困难的现状, 本文综述了马铃薯晚疫病流行学和防治方法的研究进展, 并对今后的研究提出了建议。

关键词: 马铃薯; 晚疫病; 流行; 防治

马铃薯是世界 4 大粮食作物之一, 主产区在中国和东欧。我国是世界上马铃薯第一生产大国, 每年因晚疫病造成的经济损失达 10 亿美元左右, 而生产上对该病的防治时间存在很大的盲目性, 往往造成人力财力上的浪费。因此, 马铃薯晚疫病的流行学及防治方法的研究在生产上起着决定性的作用。

1 马铃薯晚疫病病害流行学的研究

1.1 病害循环

据林传光等^[1]人对我国马铃薯晚疫病发生规律的研究, 晚疫病的流行可分为 3 个阶段: ①中心病株的出现; ②普遍发病阶段; ③严重发生阶段。带菌种薯为主要初侵染来源, 萌芽后成为田间中心病株, 中心病株上产生的孢子囊随风雨传播。有水分存在时, 孢子囊迅速萌发通过气孔或直接侵入叶片, 菌丝一旦侵入寄主组织中就不再受外界相对湿度的影响, 3~10 d, 孢囊梗成丛由叶背气孔伸出, 叶背面气孔由于湿度大而使正面气孔有利于菌丝生长^[2]。在植株的地上部分发病过程中, 部分孢子囊落到地面, 随雨水或灌溉水渗入土中, 接触并通过伤口、皮孔或芽眼侵入块茎使块茎发病, 成为下一季的初侵染来源。在叶片上潜育期 2~8 d, 块茎 1 个月左右^[3]。

1.2 环境因素对马铃薯晚疫病流行的影响

马铃薯晚疫病的发生和流行受品种和气象条件

的影响较大, 其中又以气象条件为主。一旦条件合适很快会大流行。1953 年和 1954 年林传光、黄河等人研究表明, 条件适宜时病原菌 4 d 可以完成一次侵染循环过程, 667 m² 范围内从出现明显的发病中心到普遍蔓延大约要经过 10 d 的时间。在晚疫病流行季节, 每次再侵染的潜育期相当稳定, 一般是 3~4 d^[1]。在影响该病流行的气象条件中, 温、湿度和降雨最为重要。

温度对病害流行的影响主要是对病原物的影响。研究表明, *Phytophthora infestans* 菌丝在培养基上生长最快的温度为 17~19℃左右^[4], 一旦和寄主建立了寄生关系, 菌丝就能忍受外界环境中 40.6~43.3℃的高温^[5]; 产孢的最适宜温度为 19~22.5℃^[6-8]。高于 32.5℃随着温度上升孢子囊产量会逐渐下降。在 40℃条件下孢子囊产量会减少 95%^[9]。孢子囊间接萌发的最适温为 12~13℃^[6,10], 25℃~26.7℃是孢子囊的致死温度^[11]。Hyre^[9] 研究表明, 低于 7.2℃或高于 25.5℃对晚疫病的流行不利。

湿度对叶片晚疫病流行的影响主要集中在 *P. infestans* 生活史的 2 个关键阶段即孢子囊的产生和萌发 (直接和间接), 二者都需要高湿的条件^[12,13]。对 *P. infestans* 高度敏感的品种中, 菌丝一旦和寄主建立寄生关系, 在组织内的生长不受外界湿度的限制。降雨能增加叶片和茎表面的空气湿度, 形成一个有利于孢子囊产生和存活的环境。但孢子囊的产生并不需要自由水^[13]。降雨对晚疫病的影响主要取决于它们维持时间的长短, 而不在于强度的大小^[14]。叶片表面的水层最低得维持 3 h 才能造成侵染^[15],

收稿日期: 2004-08-28

作者简介: 曹静 (1975-), 女, 唐山师范学院讲师, 硕士, 主要从事植物生理学及植物病理学教学和科研工作。

否则, 孢子囊一旦干燥再重新给予水分后也不能萌发。欧州和北美的研究人员都将晚疫病的流行和生长季降水建立了很明确的联系^[4]。曹克强等人在瑞士研究发现, 田间马铃薯晚疫病流行的关键气象条件为: 24 h 内至少有 6 h 降雨且温度不低于 10℃; 空气相对湿度至少连续 6 h 保持在 90% 以上^[16]。曹静等人报道, 在设施条件下马铃薯晚疫病流行的关键环境条件为: 24 h 内: ①温度变化在 10~25℃之间; ②最低相对湿度在 96% 以上; ③降雨累积时间不少于 8 h^[17]。

风主要影响马铃薯晚疫病菌孢子囊的扩散, 一般情况下扩散区域主要集中在作物冠层附近, 在离地面 1 km 以上的高空很少能发现孢子囊^[18]。

马铃薯比较喜欢凉爽的环境, 营养生长的最适温为 17℃ 左右, 该温度正好也适合马铃薯晚疫病菌的生长, 因此在马铃薯生长季节降雨和空气相对湿度是马铃薯晚疫病流行的主导气象因素。

1.3 马铃薯晚疫病预测预报的研究

到目前为止, 科学工作者已研制出许多马铃薯晚疫病的预警系统来预测大田病害发生的时间。这些预报都以病原物对空气中各项参数(空气温度、空气相对湿度和降雨等)的反应为基础, 有的比较简单, 主要依赖温度变化进行预报^[19]。有的比较复杂, 依赖多种参数的变化^[20-21]。预测的方法主要有两种: 一种是用已经观测到的气象数据来进行预测^[19, 22], 另一种方法是以未来的天气情况为基础进行预测。在气象数据的采集上, 过去多用自记钟式温湿度记录仪, 现在不少地方都采用了电子式气象数据采集器, 其组成为: 数据记录器、电子传感器、一个简单的电路、蜂窝式无线电收发两用机和一个 modem, 系统不仅能采集气象数据, 还能马上将这些信息传输到中心电脑, 指挥中心可依据所获数据以及天气预报的数据对未来病害的发生趋势作出预测^[23]。目前河北农业大学和农业部农业技术推广中心联合研制了“中国马铃薯晚疫病预警系统”, 该系统以当地的疫情和未来 4 d 的天气情况(温度变化范围、降雨量和天气情况)为依据进行预测。中国农科院蔬菜花卉研究所和重庆市植保植检站从比利时引进了一套马铃薯晚疫病流行情况的预警系统, 该模型也是基于气象数据(降雨、相对湿度和温度)和晚疫病菌侵染规律而进行预测预报。但任何一个决策支持系统都有一定的局限性, 都必

需与当地的实际情况进行不断磨合后才能在该地区正确应用。近年来国外有的预警系统将马铃薯的抗病性也作为预测的依据^[24]。目前用于生产的病害预测和防治决策支持系统是在马铃薯晚疫病的田间流行试验和药效试验的基础上建立的, 随着计算机科学的发展, 许多病害流行试验和药效试验都能在计算机上模拟^[25-27], 这为马铃薯晚疫病病害流行学的研究和预测预报系统的发展提供了便利的条件。

2 马铃薯晚疫病防治的研究

根据马铃薯晚疫病的发病特点, 可采取加强田间管理、选择适宜的播种期和收获期、选用抗病品种以及喷洒化学药剂等方法进行防治。目前生产上以后 2 种方法为主。

2.1 抗病育种

随着含抗性基因品种的推广, 晚疫病菌能很快适应而产生相对的毒力基因, 使抗病品种很快丧失抗性^[28-30]。因此传统的育种方法已不能满足生产的需要。近几年分子生物学技术的快速发展为抗病育种提供了雄厚的技术基础和崭新的途径, 但目前仍处于初始阶段。90 年代后美国、德国和中国的科学家从遗传工程角度来探索抗马铃薯晚疫病的育种途径, 先后报道了表达烟草 Osmotin 蛋白和细菌葡萄糖氧化酶的转基因马铃薯, 可推迟晚疫病症状出现的时间^[31-32]; 细菌核酸酶(Barnase)基因在马铃薯 *prp-1* 启动子驱动下导入马铃薯能大大降低 *P. infestans* 的产孢率^[33]; 马铃薯自身的 Osmotin-like 蛋白和番茄受侵染后产生的 Osmotin-like 蛋白的转基因植株能降低 *P. infestans* 的侵染率^[31, 34]; 利用甜蛋白基因诱导表达也可提高马铃薯对晚疫病的抗性^[35]; 利用农杆菌介导成功的将菜豆几丁质酶基因导入到马铃薯中等^[36]。虽然马铃薯是最早获得转基因植株的作物之一, 并在抗晚疫病遗传工程研究中获得了重大突破, 但商品化的品种并不多。

2.2 药剂防治

20 世纪 80 年代以来先后用于生产的化学药剂主要有 64% 杀毒矾可湿性粉剂、75% 百菌清可湿性粉剂、65% 代森锌可湿性粉剂、25% 瑞毒霉可湿性粉剂、58% 雷多米尔-锰锌(甲霜灵锰锌)可湿性粉剂、72% 克露可湿性粉剂等^[37-42]。瑞毒霉系列药剂一度作为特效药大面积推广, 然而近年来其防治效果因菌株积累了抗药性而逐渐下降。李炜等对

1994年秋季在河北、黑龙江、内蒙古、甘肃等省马铃薯种植区采集的病叶和病薯上分离的66个菌株进行了测定,结果表明,有33.3%的菌株对瑞毒霉表现了高度的抗性,43.9%的菌株表现为中度抗性,抗性的发生往往是伴随这个地区连续使用瑞毒霉后而发现的^[43],而且抗性菌株在转移过程中,对瑞毒霉的抗性程度保持不变^[44]。

化学药剂的弊端越来越被人们重视,而很多植物能够产生杀虫或抑菌的次生代谢产物,一段时期以来针对有害昆虫开发的植物提取物已经取得了很大进展,植物源杀菌剂的研究也正逐渐展开。自20世纪70年代以来国内外很多学者进行了有益的探索,近几年国内学者逐渐开始了植物提取物对马铃薯晚疫病影响的研究,蒋继志等报道,大蒜、洋葱、丁香等植物离体组织及其提取物对马铃薯晚疫病病菌静止孢萌发、附着孢形成均有强烈抑制作用^[45];2001年曹克强等人研究表明,大蒜、木贼提取物及生物洁净剂和香茅油,对马铃薯晚疫病病菌的孢子萌发、菌丝生长以及叶片侵染的抑制作用明显^[46];同年王树桐等人研究表明, *Terminalia chebula* Retz 等对马铃薯晚疫病病菌也有较强的抑制作用^[47]。

综上所述,目前国内外对马铃薯晚疫病流行的研究、大田马铃薯晚疫病的预测预报以及该病的防治上都取得了很大进展。近几年来保护地马铃薯的种植面积日益扩大且以脱毒种薯繁育为主,然而脱毒薯更易感染晚疫病^[48],而该病在保护地条件下的流行动态及病原菌大量侵染的关键气象条件报道很少。而且只报道了设施条件下该病流行的气象条件^[17],关于病原物严重侵染日设施条件下和外界气象条件的相关性未见报道,因此在预测预报时只能依据设施条件下的气象条件,限制了大范围的预测预报。

为了能更广泛的对设施条件下该病的流行进行准确的预报,有必要明确我国不同地区病原物严重侵染日设施内外气象条件的相关性。此外目前该病防治时药剂选用存在一定的盲目性,不仅造成人力、物力的浪费、防治效果差而且容易引起环境污染,每年造成的经济损失和环境危害严重。因此在掌握各种条件下马铃薯晚疫病流行规律的基础上如何加快加强价格低廉、无公害、对马铃薯晚疫病病菌具有明显抑制作用或具有明显诱导抗性的生物制剂的研制已成为必要。

[参 考 文 献]

- [1] 林传光, 黄河, 王高才, 等. 马铃薯晚疫病的田间动态观察及防治试验 [J]. 植物病理学报, 1955, 1(1): 31-42.
- [2] 徐明珍, 胡群宝. 马铃薯晚疫病的发生规律与防治方法 [J]. 云南农业科技, 1998, 5: 44-47.
- [3] 徐雍皋, 徐敬友. 农业植物病理学 [M]. 江苏科学技术出版社, 1995: 303.
- [4] Utrata A. Agrometeorological conditions determining the occurrence of potato blight (*Phytophthora infestans* de Bary) in Poland [J]. European Plant Protection Organisation Bulletin, 1980, 10: 75-81.
- [5] Harrison J G. Effects of the aerial environment on late blight of potato foliage—a review [J]. Plant Pathology, 1992, 41: 384-416.
- [6] Crosier W. Studies in the biology of *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary [M]. Cornell University Agricultural Experiment Station Memoir No.155, 1934: 40.
- [7] Vowinkel O Die. Anfälligkeit deutscher Kartoffelsorten gegenüber *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary unter besonderer Berücksichtigung der Untersuchungsmethoden [J]. Arbeiten aus det [J]. Biologischen Reichsanstalt für Land-und Forstwirtschaft, 1926, 14: 588-641.
- [8] Kable P F, D R Mackenzie. Survival of *Phytophthora infestans* in potato stem lesions at high temperatures and implications for disease forecasting [J]. Plant Disease, 1980, 64: 165-167.
- [9] Hyre R A. Progress in forecasting late blight of potato and tomato [J]. Plant Disease Reporter, 1954, 38: 245-253.
- [10] Melhus I E. Hibernation of *Phytophthora infestans* in the Irish potato [J]. Journal of Agricultural Research, 1915, 5: 71-102.
- [11] Wallin J R, W G Oyman. Influence of post-inoculum air temperature maxima on survival of *Phytophthora infestans* in potato leaves [J]. American Potato Journal, 1958, 35: 769-773.
- [12] 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.
- [13] Harrison J G, R Lowe, J Heilbronn. Epidemiology of late blight caused by *Phytophthora infestans* [M]. Scottish Crop Research Institute Annual Report for 1988, 1989: 106.
- [14] De Weille G A. Forecasting crop infection by the potato blight fungus [M]. Koninklijk Nederlands Meteorologisch Institute.

- Mededelintgen en Verhandeligen No. 82, 1964: 144.
- [15] Rotem J, Y Cohen, E Bshi. Host and environmental influences on sporulation *in vivo* [J]. Annual. Review of Phytopathology, 1978, 16: 83~101.
- [16] Cao K Q, M Ruckstuhl, H R Forrer. Crucial weather condition for *P. infestans*: A reliable tool for improved control of potato late blight [J]. Special PAV-report, 1996, 1: 85~90.
- [17] 曹静, 罗智敏, 胡同乐, 等. 温室马铃薯晚疫病流行动态初步研究[J]. 河北农业大学学报, 2002, 25 (增刊 1): 190~192.
- [18] Rogoshin A N, A V Filippov. Distribution and conidial viability of *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary in the air above infected potato fields[J]. Mikologiya i Fitopatologiya, 1983, 17: 225~227.
- [19] Smith L P. Potato blight forecasting by 90 percent humidity criteria [J]. Plant Pathology, 1956, 5: 83~87.
- [20] Schrödter H, J Ullrich. Weitere Untersuchungen zur Biometeorologie und Epidemiologie von *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. Ein neues Konzept zur Lösung des Problems der epidemiologischen Prognose [J]. Phytopathologische Zeitschrift, 1966, 56: 265~278.
- [21] Schrödter H, J Ullrich. Eine mathematischstatistische Lösung des Problems der Prognose von Epidemien mit Hilfe meteorologischer Parameter, dargestellt am Beispiel der Kartoffelkrautfaule (*Phytophthora infestans*) [J]. Agricultural Meteorology, 1967, 4: 119~135.
- [22] Duvauchelle S. Lutte contre le mildiou de la pomme de terre en France: modèles de prévision pour les avertissements agricoles et stratégie d'utilisation des spécialités contenant des matières actives systémiques face à la résistance [J]. European Plant Protection Organisation Bulletin, 1991, (21): 49~55.
- [23] Krause R A, L B Masie, R A Hyre. Blitecast: a computerized forecast of potato late blight plant [J]. Disease Reporter, 1975, (59): 95~98.
- [24] Cupsa I, V Ignat, G Pamfil. Possibilities of forecasting primary infection of potato late blight [A]. Proceedings of the 10th International Congress of Plant Protection [C]. 1983: 164.
- [25] Shtienberg D, M A Doster, J R Pelletier, *et al.* Use of simulation models to develop a low-risk strategy to suppress early and late blight on potato foliage [J]. The American Phytopathological Society, 1989, 79 (5): 590~595.
- [26] Volkmar Gutsche, Eberhard Klrge, Hans Stachewicz. A combined laboratory-computer-test for evaluation of the efficiency of fungicides against potato late blight disease [J]. Arch Phytopathol Pflanzenschutz, Berlin, 1986, 22 (1): 79~82.
- [27] Shtienberg D, W E Fry Field. Computer simulation evaluation of scheduling methods for control of early and late blight of potato [J]. The America Phytopathological Society, 1990, 80 (9): 772~776.
- [28] 张志铭. 河北省马铃薯晚疫病及其防治 [A]. 中国马铃薯晚疫病防治研讨会文集 [C]. 1993, 13~18.
- [29] 刘晓鹏, 谢从华. 湖北恩施地区马铃薯晚疫病菌生理小种的组成及分布 [J]. 马铃薯杂志, 1995, 9 (2): 81~82.
- [30] 张明厚. 马铃薯晚疫病菌生理分化现象的研究概况 [J]. 东北农学院学报, 1964, 1 (1): 33~41.
- [31] 李汝刚, 伍宁丰, 范云六, 等. 表达 Osmotin 蛋白的转基因马铃薯对晚疫病的抗性分析 [J]. 生物工程学报, 1999, 15 (2): 135~139.
- [32] Wu G, B J Shortt, E B Lawrence, *et al.* Disease resistance conferred by expression of a gene encoding H₂O₂-generating glucose oxidase in transgenic potato plant [J]. The Plant Cell, 1995, 7: 1357~1368.
- [33] Strimttatter G, J Janssens, C Opsomer, *et al.* Inhibition of fungal disease development in plant by engineering controlled cell death [J]. Bio-Technology, 1995, 13: 1085~1089.
- [34] Liu D, K G Raghothama, P M Hasegawa, *et al.* Osmotin over-expression in potato delays development of disease symptoms [J]. Proc Natl Acad Sci USA, 1994, 91: 1888~1892.
- [35] 金红, 岳东霞, 周良炎. 利用甜蛋白基因诱导表达提高马铃薯对晚疫病的抗性研究 [J]. 华北农学报, 2001, 16 (1): 67~72.
- [36] 周思军, 李希臣, 刘昭军, 等. 通过农杆菌介导将菜豆几丁质酶基因导入马铃薯 [J]. 中国马铃薯, 2000, 14 (2): 70~72.
- [37] 吴炳芝, 段文学, 孙毅民. 马铃薯晚疫病防治方法的研究 [J]. 植物保护, 2000, 26 (3): 31~32.
- [38] 许长敏, 连仰焯. 德化县 1998 年晚疫病大流行原因与防治对策 [J]. 马铃薯杂志, 1999, 13 (4): 251~252.
- [39] 王仁贵, 刘丽华. 利用甲霜灵颗粒剂防治马铃薯晚疫病的研究进展 [J]. 黑龙江农业科学, 1994, 5: 22~25.
- [40] 沈云树. 城口县 1998~1999 年马铃薯晚疫病发生特点及其原因分析 [J]. 中国马铃薯, 2000, 14 (3): 187~188.
- [41] 梁远发. 加强晚疫病的防治提高马铃薯产量 [J]. 四川农业科技, 1995, 4: 24.
- [42] 刘公民, 谢从华, 黄元勋. 瑞毒霉防治马铃薯晚疫病实验示范 [J]. 马铃薯杂志, 1994, 8 (2): 107~110.
- [43] 李炜, 张志铭, 樊慕贞. 马铃薯晚疫病对瑞毒霉抗性的测定 [J]. 河北农业大学学报, 1998, 21 (3): 63~65.
- [44] 李炜, 张志铭, 李川. 马铃薯晚疫病病菌对瑞毒霉抗性的研究 [J]. 河北农业大学学报, 1998, 21 (3): 53~60.
- [45] 蒋继志, 史鹃, 赵丽坤, 等. 几种植物提取物诱导马铃薯对致病疫霉的抗性 [J]. 植物病理学报, 2000, 31 (2): 145~151.
- [46] 曹克强, Ariena H G van Bruggen. 几种植物提取物和天然产物对马铃薯晚疫病菌的抑制作用 [J]. 河北农业大学学报, 2001, 24 (2): 90~96.
- [47] 王树桐, 王晓燕, 曹克强, 等. 对马铃薯晚疫病菌有杀菌毒性的中草药的筛选 [J]. 河北农业大学学报, 2001, 24 (2): 107.
- [48] 李川, 张志铭, 宋伯符, 等. Y 病毒 (PVY) 对晚疫病 (*Phytophthora infestans*) 的影响 [J]. 河北农业大学学报 1999, 22 (2): 57~60.