

马铃薯银腐病的研究进展

彭学文，朱杰华

(河北农业大学植保学院，保定 071001)

摘 要：马铃薯银腐病是一种贮藏期发生的病害，近年来在局部地区日趋严重。马铃薯银腐病菌侵入表皮内造成污损而影响其经济价值，银腐病的病害循环包括大田和贮藏期两个阶段。由于马铃薯银腐病菌对噻菌灵产生抗性，增加了银腐病的防治难度。本文就马铃薯银腐病的症状、马铃薯银腐病菌的生物学特性，TBZ 抗性及其防治进行综合评述。

关键词：马铃薯银腐病； *Helminthosporium solani*；银腐病症状；生物学特性；TBZ 抗性；综合防治

中图分类号：S532 文献标识码：A 文章编号：1672-3635 (2003) 01-102-05

马铃薯银腐病是由茄长蠕孢（*Helminthosporium solani* Dur & Mont）引起的一种真菌性病害。该病于 1871 年由 Harz 首先在莫斯科发现^[1]。随后，在其它许多国家发现了此病（见表 1）。银腐病在欧洲已经成为一种非常重要的病害，我国于 2001 年在云南省也发现了银腐病。银腐病是马铃薯贮藏期间一种常见的非常重要的病害，它虽对产量影响不大，但在块茎表

面造成污损而降低马铃薯的使用价值和经济价值。马铃薯银腐病在美国^[2]、英国^[3]和加拿大^[4]曾造成流行，使块茎褪色，脱去表皮，在贮藏期间因失水而降低品质。为了对银腐病有更为系统的认识，本文全面综述国内外对银腐病病原的生物学特性、病害流行的原因及防治策略的研究进展，为进一步研究银腐病的发生规律及防治技术奠定基础。

表 1 2001 年以前已发现银腐病的国家

国 别	报道人	报道日期	国 别	报道人	报道日期
加拿大	Connors	1924	法 国	El-Immane et al	1995
智 利	Hermila-sanz	1976	德 国	Stachewicz	1999
印 度	Singh	1972	以色列	Zimmerman-Gries	1974
摩洛哥	El-Immane et al	1995	荷 兰	Mooi	1968
新西兰	Weish & Callaghan	1968	波 兰	Sneig	1992
俄 国	Harz	1871	瑞 典	Bang	1993
英 国	Hide et al	1969	美 国	Melhus	1913
Belarus	Ivanyuk & Zezyulina	1991	中 国	K·Y·Ryu, Luo Wen-fu	2001

1 银腐病的症状

马铃薯银腐病在马铃薯的生长期就已开始侵染，主要危害块茎。银腐病的坏死斑首先出现在茎

基部的块茎上，呈现小的、苍白色的病斑^[5,6]，但病斑下面的组织是健康的。银腐病菌可侵染白皮、红皮、黄褐皮的马铃薯，在白皮和黄褐色皮的马铃薯上出现典型的银色坏死斑，使表皮部分或全部褪色，严重者皱缩，病斑覆盖块茎表面大部分面积。再侵染对马铃薯块茎表皮细胞结构的影响不如初侵染明显，但对块茎外观影响很大，在贮藏期间块茎上多处形成黑色环形坏死斑，病斑逐渐扩展、联

收稿日期：2002-11-14

合,最后覆盖大部分块茎^[7]。再侵染可产生分生孢子和菌丝,在贮存期间引起病害的传播。

黑痣病和银腐病在块茎表面上产生相同的危害,可以一起发生,经常混淆,但银腐病病斑的初期边缘比较清楚,并常常由于分生孢子梗和分生孢子的形成而呈烟雾状。银腐病和黑痣病的区别在于银腐病病斑上不产生菌核,而黑痣病病斑产生菌核^[8]。显微镜检查,两者均产生黑色菌丝,只有通过分生孢子的微观形态区别。

2 银腐病菌生物学特性

银腐病菌可在 PDA、黑麦及水琼脂等培养基上生长,但生长极为缓慢。且不易从土壤和薯块中分离出来。据 K·Y·Ryu、罗文富等报道^[5]在 20℃ 恒温、黑暗条件下培养,马铃薯银腐病菌在上述三种培养基上的生长速度不同,在 PDA 培养基上的生长速度是 1.15~1.30 mm/d;黑麦培养基的生长速度是 1.08~1.54 mm/d;水琼脂培养基上的生长速度为 0.38~0.54 mm/d。而光照培养比黑暗培养的生长速度快。据 Hunger & McIntyre 报道^[9],侵染马铃薯的银腐病菌生长在块茎的木栓层、栓内层和皮层的细胞间及细胞内。通过扫描电子显微镜观察,分生孢子梗从块茎的表皮下生出而不从块茎表面的菌丝长出。马铃薯银腐病菌产生的分生孢子较大,圆柱形、黑色、稍弯曲、具厚壁,由 3~10 个细胞组成,其尺度为 15.0~64.0 μm × 4.0~8.1 μm^[9]。K·Y·Ryu、罗文富等^[5]报道的分生孢子尺度为 20~80 μm × 7.5~10 μm,分生孢子从分生孢子梗近基部向上轮状着生。分生孢子梗尺度为 150~550 μm × 7.0~10.0 μm,无分枝,1~6 根丛状生长,基部球形,7~19 个横隔膜,分生孢子梗随着培养时间的延长,颜色从浅灰色变为棕色^[5]。在块茎上坏死部位色深的地方比在坏死部位色浅的地方产生的分生孢子和分生孢子梗多。在形成分生孢子的坏死区出现褐色至黄褐色病斑,更严重的坏死区呈现银色光泽。在 15℃~32℃ 和较高的相对湿度下,分生孢子萌发,附着胞在接种两天后长出,菌丝通过皮孔侵入表皮引起变色和细胞的瓦解^[10]。

3 侵染循环

银腐病的初侵染发生在大田和贮存期间,贮藏中的病薯是主要的初侵染来源,在贮藏中马铃薯银

腐病菌能形成分生孢子,分生孢子形成的温度范围是 2℃~27℃,相对湿度在 85%~100% 时产生大量的分生孢子;相对湿度为 90% 时产生分生孢子的量最大;当相对湿度为 80% 时,分生孢子形成的量明显减少;当贮存马铃薯的温度为 4℃ 时,分生孢子形成的数量为 0~1.2×10⁴ 个/d,而当贮存温度在 10℃ 时,分生孢子形成的数量为 0~2.4×10⁴ 个/d^[11]。马铃薯经常贮存在温度为 4~5℃、85%~95% 的相对湿度下,一旦病原菌存在即可产生分生孢子,分生孢子可以通过通风系统扩散到临近的马铃薯块茎上,通过皮孔或直接侵染健康的马铃薯。

另据报道^[12,13],初侵染还发生在大田中,病原菌由土壤传播,也可由种薯带菌传播。Merida 和 Loria 曾做过试验^[13],发现在银腐病发生过的大田中种植脱毒马铃薯能感染马铃薯银腐病菌,马铃薯银腐病菌首先侵染块茎的茎基部,并在马铃薯成熟以后起薯前通过皮孔侵染邻近的子代马铃薯。当块茎形成以后,坏死斑首先出现在匍匐茎末端的块茎上,离种薯近的子代马铃薯首先被侵染。Burke (1983) 发现^[14]只有当马铃薯成熟以后但还未收获时被侵染。而 Firman 和 Allen (1995) 发现马铃薯块茎形成 4~6 周以后即可被马铃薯银腐病菌侵染^[15]。在起薯前浇水或连续降雨,会增加马铃薯银腐病的严重度,造成银腐病的流行。

4 噻菌灵抗性

在 1968 年,噻菌灵 (thiabendazole 简称 TBZ) 由于其内吸性好,广谱,曾被广泛应用于防治马铃薯上的许多土传和种传病害,效果很好。但到 1977 年, TBZ 抗性菌株开始产生^[16],如美国于 1977 年发现抗性菌株^[17],Hide 等^[14]在 1988 年发现英国的银腐病菌产生抗性菌株。其它许多国家的银腐病菌也产生了抗性。Merida 和 Loria^[18] 分析比较了从美国纽约收集的菌株,通过试验分析了病菌对 TBZ 的敏感性和基因分化,并通过分析 RFLP 指纹图谱发现种群内菌株基因的相似性不比种群间大,同时发现 TBZ 一敏感菌株和抗性菌株(来自 upstate New York and Suffolk county New York)没有明显的聚集现象。经 Mckay & Cooker 研究^[19]抗性产生的原因是在马铃薯银腐病菌中的 β-微管蛋白的密码子 198 中单一碱基位点突变(由谷氨酸突变

到谷氨酰胺或丙氨酸)造成的。这种突变阻止 TBZ 和马铃薯银腐病菌上的 β -微管蛋白结合, 形成抗性基因。其它苯丙咪唑类杀菌剂产生抗性的机理和 TBZ 一样。由于抗性的产生, 银腐病的发病率提高。

5 马铃薯银腐病的综合防治

5.1 马铃薯收获前后的管理

种植密度合理: 种植过密, 造成通风不良, 产量降低, 而且有利于病害的发生与流行。据 Firman & Allen 在 1995 年报道^[20], 在 30 cm × 30 cm 的密度下种植, 银腐病的发病率明显高于 40 cm × 40 cm。

合理灌溉: 浇水次数少, 造成干旱, 使生长受阻; 浇水次数多, 提高土壤湿度, 有利于病害的发生。Hide 等 1994 年报道^[21], 把收获前 3 d 浇水的马铃薯和未浇水的马铃薯分别贮存在温度为 7 °C, 相对湿度为 95%, 发现浇过水的马铃薯发病的严重度明显高于未浇水的马铃薯。

适时种植、收获: 种植过早过晚, 对马铃薯的生长都不利。早种和晚收都增加银腐病的严重度^[22], 适时早收能减轻马铃薯银腐病的严重度^[23]。马铃薯块茎在成熟以后, 先把茎秆割掉, 让地面充分干燥约两周后选择一个晴天收获马铃薯^[24]。但发病的严重度与植株的衰老并无明显的相关性。

窖内消毒: 马铃薯银腐病菌的分生孢子在贮藏期间能存在于植物病残体中。因此, 在入窖前要彻底清理卫生、彻底消毒, 且消毒时保持窖内空气潮湿至少 10 min, 马铃薯在入窖前一或两天开窗通风彻底干燥。

搬运和收获后的管理: 马铃薯在搬运和堆放过程中, 由于马铃薯银腐病菌能产生许多分生孢子, 并且能非常容易的从病薯向健薯传播, 搬运工具要周期性地清洗和消毒, 特别是搬运不同生产田中的马铃薯。贮存前对马铃薯要进行筛选和处理, 经过处理的马铃薯要进行连续的通风直到薯块表面干燥为止。

5.2 药剂防治

化学防治历来被看作是防治病害的主要方法。但由于 TBZ 产生抗性以后, 人们努力寻找新的药剂或复配药剂用来防治此病, 因此, 大量的药剂被应

用于防治银腐病。1968 年, Mooi^[25]发现用有机汞制剂 (Organomercurial) 处理块茎, 对表面的菌丝非常有效, 但表皮里的菌丝未被杀死, 在贮藏期或大田中继续生长, 形成分生孢子, 继续侵染。由于万利得 (Imazalil) 在贮藏期间能有效地控制银腐病, 曾在美国广泛地应用于防治贮藏期马铃薯块茎上的银腐病^[23]。Hall 和 Hide^[26]在 1988 年和 1989 年通过两年的时间在大田中种植感染马铃薯银腐病菌的马铃薯, 首先把感病种薯浸泡在万利得 + 噻菌灵的复配药液中 5 min, 然后播种, 结果发现降低了马铃薯银腐病的严重度, 起到了很好的防治效果, 同时发现 Imazalil + TBZ 的复配制剂对 TBZ 产生抗药性的菌株也有效。但 Wainwright A 等发现万利得 (Imazali) 的防治效果比 Pencycuron 的效果要好^[27]。扑霉灵 (Prochloraz) 和甲基立枯磷 (Tolclofos-methyl) 的复配制剂处理薯块也能减轻银腐病的发生程度^[28]。在新西兰, 用 Fenpiclonil 防治贮存期发生的马铃薯银腐病效果好^[29]。Frazier 等经过试验发现^[30]适乐时 (Fludioxonil)、克菌丹 (Captan) 和大生 (Mancozeb) 或甲基托布津 (Thiophanate-methyl) 和大生 (Mancozeb) 处理薯块, 在贮藏期间防治马铃薯银腐病效果好, 适乐时 (Fludioxonil) 单独使用效果也较好, 但甲基托布津 (Thiophanate-methyl) 单独使用无效。Oliver 等人^[31]1999 年报道用 0.2 M 的山梨酸钾, 丙酸钙, 碳酸氢钠和碳酸氢铵的溶液防治贮存期间马铃薯银腐病, 发现经山梨酸钾处理的块茎, 银腐病的病斑坏死面积比对照减少 26%~60%, 78%~99% 的分生孢子被山梨酸钾抑制, 不能萌发。由于其对哺乳动物毒性低, 又无潜在的不良影响, 可作为防治马铃薯银腐病的药剂。其它有机盐或无机盐的防治效果不明显。

5.3 品种抗病性

Merida 等人^[32]1993 年通过试验得出: 早熟品种如 Norland, Red Norland, Dark Red Norland 等比晚熟品种易感病。而晚熟品种 Russet Burbank, Elba 在大田中表现为抗病, 但在贮藏期间发病。Rodriguez 等^[33]通过在室内接种试验发现 *Solanum demissum*, *S. chacoense*, *S. acaule*, *S. stoloniterum*, *S. oxycarpum* 和 *S. hondelmannii* 这些种的马铃薯侵染率低, 具有一定的抗病性。

5.4 生物防治

据 Uzi Afek 等报道^[34], 在贮存期间喷 10% 的

过氧化氢 (Hydrogen peroxide plus 简称 HPP) 贮存 6 个月检查发现, 用 10% 的 HPP 控制银腐病菌, 使马铃薯银腐病菌的严重度从 38% 降低到 2%, Elson 等人^[35]做了大量的试验, 筛选出 *Pseudomonas putida* (PMI), *Nocardia globerula* (S244), *Xanthomonas campestris* (P76) 三种微生物防治马铃薯银腐病有较好的效果。如用 PMI 防治噻菌灵敏感菌株 SS2-2, 能使马铃薯银腐病的严重度从 32.6% 下降到 11.2%。

5.5 贮藏期管理

在贮藏期间, 温度和湿度是关键。在晴朗的天气下收获块茎, 前 2~3 周, 让块茎充分干燥、成熟, 使伤口愈合, 块茎应贮藏在 10~15℃, 相对湿度为 90% 的环境中具有治疗作用。然后, 立即降温到 5℃, 能降低分生孢子的萌发率。据 Hide 报道^[36], 经过此处理的马铃薯银腐病发病率降低 (在贮藏期间如果相对湿度为 85% 时, 因失水可造成块茎表面的皱缩)。马铃薯一般贮藏在大于 90% 的相对湿度以保持品质和减少皱缩, 贮存温度可根据马铃薯用途的不同而不同, 如种薯 3~4℃ 的条件下^[11]。低温、适合的湿度及良好的通气系统能减少马铃薯被侵染的机会。Ogilvy (1992) 发现马铃薯贮存在 4℃ 能很好地控制马铃薯银腐病^[37]。在贮存期间定时通风能降低温度, 减小湿度。在银腐病发病严重时, 可以用药进行防治。

由于马铃薯银腐病在局部地区发生日趋严重和普遍, 且对 TBZ 已经产生抗性。对其如何合理有效防治已势在必行。同时, 由于我国 WTO 的成功加入, 出口的马铃薯产品受着国外绿色壁垒和技术壁垒的封锁。因此, 为适应形势发展, 应采取农业防治、生物防治、物理防治和化学防治并举的综合防治措施。首先对马铃薯特别是种薯贮存应尽快寻求一种最佳的条件, 以便在贮存期消灭菌源, 并选育出抗银腐病的品种。同时尽快研制出抗性产生慢、低毒、低残留、高效广谱杀菌剂或生物农药以便更好的防治银腐病, 同时兼治其它大田及贮藏期病害。

参 考 文 献

- [1] Harz I. Spondylocadium atrovirens [J]. Bulletin of society Im-
p-ria - Moscow, 1861, 44, 12.
- [2] Rodriguez D A, Secor G A, Gudmestad N C, et al. Sporulation of
Helminthosporium solani and infection of potato tubers in seed and
commercial storages [J]. Plant Disease, 1996, 80; 1063—1070.
- [3] Hide G A, Hall S M, and Boorer K J. Resistance to thiabendazole in
isolates of *Helminthosporium solani*, the cause of silver scurf disease of
potatoes [J]. Plant Pathology, 1988, 37; 377—380.
- [4] Holley J W, and Kawchuk L W. Distribution of thiabendazole and
thiophanate-methyl resistant strains of *Helminthosporium solani*
and *Fusarium sarrbuccinum* in Alberta potato storages [J].
Canadian Plant Disease Survy, 1996, 76; 21—22.
- [5] Ryu K Y. 罗文富, 杨艳丽, 陈海如, 郭华春, 王毅. 云南省
马铃薯银腐病 (*Helminthosporium solani*) 的研究 [J]. 中国
马铃薯, 2001, 15 (4); 195—199.
- [6] Boyd A E W. Potato storage disease. Plant Pathology, 1992,
51; 297—321.
- [7] Kiran K Shetty, Mary Jo Frazier, Gale E Kleinkopf, et al.
Potato storage research kimberly research and extension center
3793 north 3600 east kimerly, idaho83341 [J/OL]. Http: //
www. kimberly. uidaho. edu/potatoes/page3. htm. 2002—4
—22.
- [8] 李济宸 主译, 张志铭 审校. 马铃薯病害及其防治 [M]. 河北
科学技术出版社, 1992.
- [9] Barnett H L, and Hunter B B. *Helminthosporium*. In: Barnett H L,
Hunter B B, eds, Illustrated genera of imperfect fungi [J]. Ameri-
can Phytopathological Society Press, 1998, 124—125.
- [10] Heiny D K, and McIntyre G A. *Helminthosporium solani* Dur
& Mont. Development on potato periderm [J]. American potato
Journal, 1983, 60; 773—789.
- [11] Rodriguez D A, Secor G A, Gudmestad N C, et al. Sporulation of
Helminthosporium solani and infection of potato tubers in seed and
commercial storages [J]. Plant Disease, 1996, 82; 1063—1070.
- [12] Jellis G J, and Taylor G S. The development of silver scurf
(*Helminthosporium solani*) disease of potato [J]. Annals of
Applied Biology, 1977, 86; 19—28.
- [13] Merida C L, and Loria R. Survival of *Helminthosporium solani*
and in vitro colonization of senescent plant tissue [J]. American
Potato Journal, 1994, 74; 591—608.
- [14] Burke O D. The silver scurf disease of potatoes [R]. Bulletin of
Cornell University Agricultural Experimental Station, 1938,
692, 1—30.
- [15] Firman D M, and Allen E J. Transmission of
Helminthosporium solani from potato seed tubers and effects
of soil conditions, seed inoculum and seed physiology on silver
scurf disease [J]. Journal of Agricultural Science, 1995,
124; 219—234.
- [16] Hide G A, Hall S M, and Boorer K J. Resistance to thiabendazole
isolates of *Helminthosporium solani*, the cause of silver scurf disease
of potatoes [J]. Plant Pathology, 1988, 37; 377—380.
- [17] Merida C L, and Loria R. First report of resistance of
Helminthosporium solani to thiabendazole in the US [J]. Plant
Disease, 1990, 74; 614.

- [18] Merida C L, and Loria R. Comparison of thiabendazole-sensitive and resistant *Helminthosporium solani* isolates from New York [J]. Plant Disease, 1994, 78; 187—192.
- [19] McKay G J, and Cooke L R. A PCR-based method to characterise and identify benzimidazole resistance in *Helminthosporium solani*. FEMS Microbiology Letters [M], 1997, 152; 371—387.
- [20] Firman D M, and Allen E J. Effects of seed size, planting pattern on the severing of silver scurf (*Helminthosporium solani*) and black scurf (*Rhizoctonia solani*) disease of plants [J]. Annals of Applied Biology, 1995, 127; 73—75.
- [21] Hide G A, Boorer K J, and Hall S M. Effect of watering potato plants before harvest and of curing conditions on development of tuber diseases during storage [J]. Potato Research, 1994, 37 (2); 169—172.
- [22] Firman D M, and Allen E J. Transmission of *Helminthosporium solani* from potato seed tubers and effects of soil conditions seed physiology on silver scurf disease [J]. Journal of Agricultural Science, 1995, 124 (2); 219—234.
- [23] Hide G A, Hall S M, and Boorer K J. Controlling potato tuber blemish disease on cv Estima with chemical and non-chemical methods [J]. Annals of Applied Biology, 1994, 124; 253—265.
- [24] Stachewicz H. Possibilities of controlling silver scurf. Möglichkeiten der silberschorfbekämpfung [J]. Kartoffelbau, 1999, 50 (3); 74—77, 79—80.
- [25] Mooi J C. The silver scurf disease of the potato. Mededeling van het Instituut voor plantenziektenkundig onderzoek [M], 1982, 482; 1—62.
- [26] Hall S M, and Hide G A. Fungicide treatment of seed tubers infected with thiabendazole-resistant *Helminthosporium solani* polycytalum pustulans for controlling silver scurf and spot on stored progeny tubers [J]. Potato Research, 1992, 35 (2); 143—147.
- [27] Wainwright A, and Nicholson Tmann D H. Control of silver scurf and black scurf in potatoes with pencycuron/tolyfluand seed tuber treatment [R]. Brighton Crop Protection Conference, Farnham, UK; British crop protection council, 1996 275—280.
- [28] Harris R I, Greig R J, and Atkinson R J. Potato tuber disease control by seed treatment with tolclofos-methyl/prochloraz man-ganese chloride mixtures [R]. Brighton crop protection conference, pests and diseases. Farnham, UK; British Crop Protection Council, 1998, 901—906.
- [29] Welsh R D, and Callaghan O M. Evaluation of fenpiclonil as potato tuber treatment for the control of *Rhizoctonia solani* and *Helminthosporium solani* [R]. In: Proceedings of the Forty-ninth New Zealand Plant Protection Conference, 1996, 152—156.
- [30] Frazier M J, Shetty K K, Kleinkopf G G, et al. Management of silver scurf (*Helminthosporium solani*) with fungicide seed treatments and storage practices [J]. American Journal of Potato Research, 1998, 75; 129—135.
- [31] Oliver C, Macneil C R, and Loria R. Application of organic and inorganic salts to field-grown potato tubers can suppress silver scurf during potato storage [J]. Plant Disease, 1999, 83; 814—818.
- [32] Merida C L, Loria R, and Halseth D E. Effects of potato cultivar and time of harvest on the severity of silver scurf [J]. Plant Disease, 1994, 78; 146—149.
- [33] Rodriguez D A, Secor G A, Gudmestad N C, et al. Screening tuber-bearing *Solanum* species for resistance to *Helminthosporium solani* [J]. American Potato Journal, 1995, 72 (11); 667—679.
- [34] Uzi Afek, Janeta, et al. Control of silver scurf disease in stored potato by using hydrogen peroxide plus (HPP) [J]. Crop Protection, 2001, 20; 69—71.
- [35] Elson M K, Schisler D A, and Bothast R J. Selection of microorganisms for biological control of silver scurf (*Helminthosporium solani*) of potato tubers [J]. Plant Disease, 1997, 81; 647—652.
- [36] Hide G A, Boorer K J, and Hall S M. Effect of watering potato plants before harvest and of during conditions on development of tuber diseases during storage [J]. Potato Research, 1994, 37; 169—172.
- [37] Ogilvy S E. The use of pre-planting and post-harvest fungicides and storage temperatures for control of silver scurf in ware potatoes [J]. Aspects of Applied Biology, 1992, 33; 151—158.

2003 年马铃薯学术年会延期紧急通知

马铃薯专业委员会各团体会员单位、专业委员会委员、顾问委员及马铃薯各界同仁:

我们非常抱歉地通知, 第五届世界马铃薯大会因故延期至 2003 年 11 月。2003 年全国马铃薯学术年会的承办单位云南省农业厅希望本次学术年会仍与世界马铃薯大会同时进行。为了保证参加全国马铃薯学术年会的代表能同时参加世界马铃薯大会, 便于与各国马铃薯界同行进行学术交流, 经马铃薯专业委员会研究决定, 同意 2003 年全国马铃薯学术年会延期举行, 会议具体时间另行通知。请互相转告, 不明事宜与马铃薯专业委员会联系。

联系电话: 0451—5190370

中国作物学会马铃薯专业委员会

2003 年 4 月 5 日