

马铃薯早疫病病菌的分离鉴定和生物学特性研究

何 凯¹ 杨水英¹ 黄振霖² 青 玲¹ 孙现超¹ 李振轮^{3*}

(¹西南大学植物保护学院, 重庆 400715; ²重庆市农业技术推广总站, 重庆 400020; ³西南大学资源环境学院, 重庆 400715)

摘 要: 采用组织分离法对重庆市巫溪县马铃薯早疫病病原菌进行分离鉴定, 并对该菌的生物学特性进行研究。结果表明: 重庆地区马铃薯早疫病病菌丝有横隔和分支; 分生孢子梗单生或丛生; 分生孢子倒棒状或手雷形, 大小为 (46.32~156.33) $\mu\text{m} \times$ (11.58~28.95) μm , 具纵横隔膜。结合 rDNA-ITS 序列分析, 确定为茄链格孢菌 (*Alternaria sonali* Sorauer)。生物学特性研究表明, 光照对菌丝生长影响不显著, 但黑暗条件有利于产孢; 菌丝生长最适温度为 27~28 $^{\circ}\text{C}$, 最适 pH 值为 6; 分生孢子萌发最适温度为 30 $^{\circ}\text{C}$, 最适 pH 值为 7~8。营养特性研究表明, 蔗糖、果糖、乳糖、麦芽糖和淀粉都比葡萄糖更有利于菌丝生长, 其中蔗糖、果糖、乳糖效果较好; 甘氨酸和硝态氮能促进菌丝生长, 铵态氮抑制菌丝生长。

关键词: 马铃薯早疫病; 茄链格孢; 形态特征; 生物学特性

中图分类号: S435.32 文献标识码: A 文章编号: 1000-6346 (2012) 12-0072-06

Identification and Biological Characteristics of Potato Early Blight

HE Kai¹, YANG Shui-ying¹, HUANG Zhen-lin², QING Ling¹, SUN Xian-chao¹, LI Zhen-lun^{3*}

(¹College of Plant Protection, Southwest University, Chongqing 400715, China; ²Chongqing Agricultural Technology Extension Centre, Chongqing 400020, China; ³College of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400715, China)

Abstract: Potato (*Solanum tuberosum* L.) early blight pathogen in Wuxi County, Chongqing city was isolated and identified, and its biological characteristics were studied. The results indicated that there were septate and branch hyphae in mycelium of potato early blight pathogen in Chongqing area. And the conidiophore was solitary or clustered, and the spore was of clavate or grenade shape. The size of conidia was (46.32-156.33) $\mu\text{m} \times$ (11.58-28.95) μm with longitudinal and latitudinal septa. Analysis of rDNA-ITS sequence of pathogen indicated that the strains were *Alternaria sonali* Sorauer. Studies on its morphologic characteristics indicated that light had no remarkable influence on mycelial growth, but darkness was favorable for spore-bearing. The optimum temperature for mycelial growth ranged from 27 to 28 $^{\circ}\text{C}$, the optimum pH value was 6. The optimum temperature for conidial germination was 30 $^{\circ}\text{C}$, the optimum pH value was 7-8. Studies on nutritional characteristics showed that sucrose, fructose, lactose, maltose and starch were more favorable for mycelia growth than dextrose, among which sucrose, fructose,

收稿日期: 2011-11-16; 接受日期: 2012-01-26

基金项目: 重庆市自然科学基金项目 (CSTC, 2009BB1134), 重庆市薯类脱毒种薯快繁中心西南大学合作项目

作者简介: 何凯, 专业方向: 植物保护, E-mail: 642343151@qq.com

* 通讯作者 (Corresponding author): 李振轮, 副教授, 专业方向: 分子微生物, E-mail: lizhlun4740@sina.com

lactose were better than carbon sources, and glycine and nitrate nitrogen could promote mycelia growth, but ammonium nitrogen could inhibit mycelia growth.

Key words: Potato early blight; *Alternaria solani* Sorauer; Morphologic characteristics; Biological characteristics

马铃薯 (*Solanum tuberosum* L.) 是一种营养丰富的重要粮菜兼用作物, 我国马铃薯种植面积约占全球种植面积的 1/4, 总产量占全球总产量的 1/5, 均居世界第一位 (柳俊, 2011)。由茄链格孢菌 (*Alternaria solani*) 引起的马铃薯早疫病在我国各地均有发生, 目前在某些地方有越来越严重的趋势, 给当地马铃薯生产造成了巨大损失, 已引起有关专家以及管理部门的高度重视, 并将其列为“十二五”期间马铃薯病害上亟须解决的重点生产难题 (张福光 等, 2012)。以前对马铃薯早疫病的研究报道主要集中在防控技术方面, 对病原菌的生物学特性等研究较少 (John, 1981; 梁宁和蒋继志, 2008; 梁伟伶 等, 2009; 雷玉明 等, 2009)。张建平 (1991)、郑寰宇等 (2010) 报道了关于马铃薯分生孢子萌发条件及传播方面的研究, 是关于内蒙古、黑龙江等马铃薯北方种植区病原菌的研究, 南方马铃薯主产区的早疫病研究甚少。本试验采用组织分离法对重庆低山区马铃薯早疫病进行病原分离鉴定, 并对其生物学特性进行了较全面的研究, 以期为重地区马铃薯早疫病的预测预报和综合防治提供依据。

1 材料与方法

1.1 病原分离鉴定

1.1.1 病原菌的分离和纯化 2011 年 6 月从重庆市巫溪县采集马铃薯品种鄂薯 3 号早疫病样本, 在西南大学植物保护学院分子植物病理实验室, 按常规组织分离法 (方中达, 1998) 对具典型症状的病叶进行病原菌的分离、纯化, 得到供试菌株 CW10。通过显微镜观察菌丝和孢子形态特征, 初步判断分离培养的菌种是否为马铃薯早疫病病原菌。

1.1.2 病原菌的致病性鉴定 利用水琼脂培养基培养 CW10 菌株, 待产孢后用无菌水洗下分生孢子, 并制备成 1×10^7 个 $\cdot \text{mL}^{-1}$ 孢子悬浮液。采用涂抹法将孢子悬浮液接种于鄂薯 3 号健康的离体叶片正背面, 室温下用塑料保鲜袋保湿 14 h, 以后逐日观察接种后马铃薯叶片的发病情况。待叶片发病后再进行分离培养, 与 CW10 菌株进行对比分析, 从而确定其是否为致病病原菌。以无菌水处理作对照 (肖娱玉 等, 2010)。

1.1.3 病原菌的形态学观察 将病原菌接种到 PDA 平板上, 26 °C 培养 7 d 后, 观察病原菌的菌落特征。另取直径为 5 mm 的菌丝块移植到水琼脂培养基上, 26 °C 黑暗培养 4 d 后, 用无菌水洗下分生孢子并配置成孢子悬浮液, 镜检观察分生孢子梗及分生孢子形态 (郑寰宇 等, 2010)。

1.1.4 病原菌的分子鉴定 收集在 PDA 平板上 26 °C 培养 8 ~ 10 d 的早疫病菌丝体, 采用 CTAB 法提取病原菌基因组 DNA (George et al., 1998; 杨水英 等, 2008)。

采用真菌通用引物 ITS1 (5' -TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3') 和 ITS4 (5' -TCCTCCGCTT ATTGATATGC-3') 进行 PCR 扩增。PCR 反应体系 (25 μL) 为: 2 μL dNTP (2.5 mmol $\cdot \text{L}^{-1}$), 2.5 μL 10 \times Reaction buffer, 0.5 μL Taq 聚合酶 (5 U $\cdot \mu\text{L}^{-1}$), ITS1 和 ITS4 各 0.5 μL , 2 μL 模板 DNA, 17 μL dd H₂O。反应条件为: 94 °C 预变性 2 min; 94 °C 变性 45 s, 50 °C 退火 45 s, 72 °C 延伸 1 min, 30 个循环; 最后 72 °C 延伸 10 min, 16 °C 保存。

PCR 产物经 1.2% 琼脂糖凝胶电泳检测, 观察到预期的条带后, 将 PCR 产物提交英潍捷基 (上海) 有限公司进行测序。测序结果在网站 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov> 的数据库中进行比对分析。

1.2 病原菌生物学特性研究

1.2.1 光照对菌丝生长和分生孢子形成的影响 将病原菌接种到 PDA 平板上, 26 ℃ 培养 5 d 后用内径为 5 mm 的打孔器打孔取出菌块, 将菌块接种到 PDA 平板上, 设置每天 24 h 全光照 (40 W 日光灯, 2 300 lx, 下同)、每天 12 h 光照 (40 W 日光灯, 2 300 lx, 下同) 和 12 h 黑暗交替、每天 24 h 全黑暗 3 种处理, 每处理 3 次重复, 26 ℃ 恒温箱中培养 7 d 后, 采用十字交叉法测量菌落直径。另取直径为 5 mm 的菌丝块移植到水琼脂培养基上, 设置每天 24 h 全光照、每天 12 h 光照和黑暗交替、每天 24 h 全黑暗 3 种处理, 每处理 3 次重复, 26 ℃ 培养 4 d 后, 观察光照对分生孢子形成的影响 (邹庆道 等, 2005; 郑寰宇 等, 2010)。

1.2.2 温度对菌丝生长和分生孢子萌发的影响 按 1.2.1 的方法, 将菌块接种到 PDA 平板上, 于 4、11、18、25、30、35、40 ℃ 7 个不同的温度条件下培养, 每处理 3 次重复, 7 d 后采用十字交叉法测量菌落直径。初步确定温度范围之后, 进一步进行生长温度的精确研究, 设置 26、27、28、29、32 ℃ 5 个不同的温度条件进行菌丝最适生长温度的研究, 每个处理 3 次重复, 7 d 后采用十字交叉法测量菌落直径。将配置好的孢子悬浮液滴在载玻片上, 分别于 4、11、18、25、30、35、40 ℃ 7 个不同的温度条件下保湿培养, 4、8 h 后分别观察孢子萌发情况, 每处理 3 次重复, 每重复观察 200 个孢子, 统计孢子萌发率。

1.2.3 pH 值对菌丝生长和分生孢子萌发的影响 用 1 mol · L⁻¹ HCl 和 1 mol · L⁻¹ NaOH 调节 PDA 和无菌水 pH 值分别为 3、5、6、7、8、9、10 和 12。将直径为 5 mm 的菌丝块移植到 8 种不同 pH 值的 PDA 平板上, 每处理 3 次重复, 26 ℃ 培养 7 d 后, 采用十字交叉法测量菌落直径。以上述不同 pH 值无菌水为浮载剂, 配制孢子悬浮液, 将孢子悬浮液滴在载片上置于 30 ℃ (30 ℃ 孢子萌发率最高, 待发表) 恒温培养箱 (2 300 lx, 24 h 全光照) 中培养, 4、8 h 后在显微镜下分别观察分生孢子萌发情况, 每处理 3 次重复, 每重复观察 200 个分生孢子, 统计分生孢子萌发率 (张子君 等, 2005; 郑寰宇 等, 2010)。

1.2.4 不同碳源、氮源对菌丝生长的影响 供试 6 种碳源分别为葡萄糖、蔗糖、乳糖、可湿性淀粉、麦芽糖、果糖; 供试 6 种氮源分别为硝酸钠、硝酸铵、硫酸铵、甘氨酸、天门冬酰胺、蛋白胨。每种用量 20 g, 加入 1 000 mL 基础培养基 (琼脂 18 g、马铃薯 200 g、水 1 000 mL) 中配成不同碳源、氮源的培养基。将直径为 5 mm 的菌丝块移植到不同碳源、氮源的培养基平板上, 以 PDA 培养基为对照, 每处理 3 次重复, 26 ℃ 培养 7 d 后采用十字交叉法测量菌落直径 (张子君 等, 2003a, 2003b)。

2 结果与分析

2.1 病原菌鉴定

2.1.1 病原菌的致病性鉴定结果 将分离纯化的马铃薯早疫病病菌 CW10 菌株的孢子悬浮液接种在相同品种的健康马铃薯叶片上, 室温下保湿培养, 马铃薯叶片表现出与早疫病一致的症状 (图 1)。对接种发病的叶片进行再分离, 获得了与供试病原菌性状相同的微生物, 证实了供试病原菌对马铃薯的致病性。

2.1.2 病原菌的形态鉴定 CW10 菌株在 PDA 培养基上的菌落呈圆形或波浪状扩展, 菌丝初为白色, 后为暗褐色 (图 2-a), 菌丝有横隔和分支, 并有灰白色气生菌丝; 分生孢子梗单生或



图 1 马铃薯叶片接种早疫病菌分生孢子后的发病症状

丛生，筒形或短杆形，直或弯曲（图 2-b）；分生孢子顶生，倒棒状或手雷形，黄褐色，大小为（46.32~156.33）μm×（11.58~28.95）μm，具纵、横隔膜，横隔膜 3~8 个，纵隔膜 0~5 个，顶端有喙，多数有 1~3 个横隔，大小为（5.79~52.11）μm×（2.85~5.21）μm（图 2-c、d）。

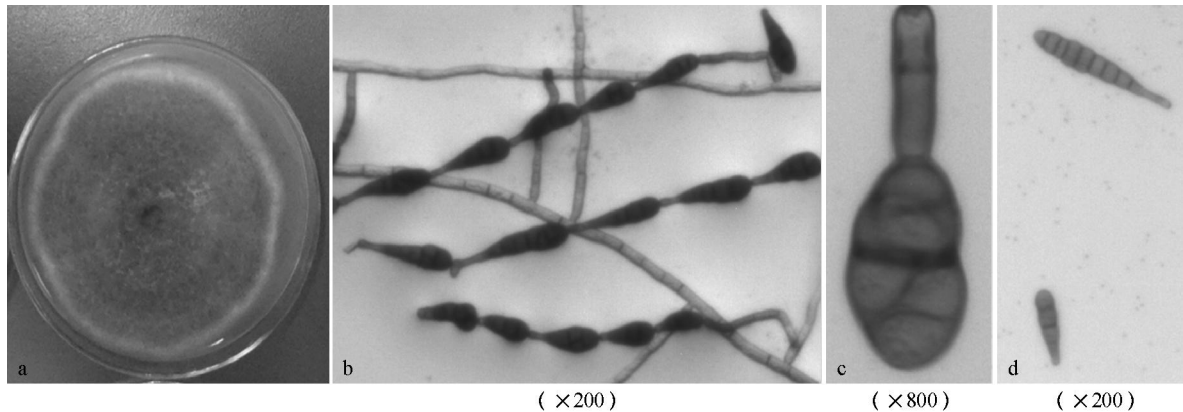


图 2 马铃薯早疫病病菌生物学形态特征
a，菌落形态；b，分生孢子形态；c、d，分生孢子梗形态。

2.1.3 病原菌的 ITS 测序鉴定 用 ITS1 和 ITS4 作为引物，在病原菌基因组 DNA 扩增出 1 条 550 bp 左右的片段（图 3），病菌 PCR 产物测序所得片段大小为 573 bp，将此序列与 GenBank 中已经登陆的序列进行 Blast 比对。结果显示，该病菌的 ITS 序列与链格孢属 *Alternaria* 的序列同源性最高，达到 99%~100%（图 4）。可以确定该菌是链格孢属真菌，结合病原菌菌丝、分生孢子梗及分生孢子形态（图 2），可将此菌鉴定为 *Alternaria solani* Sorauer（魏景超，1979；张天宇，2003）。

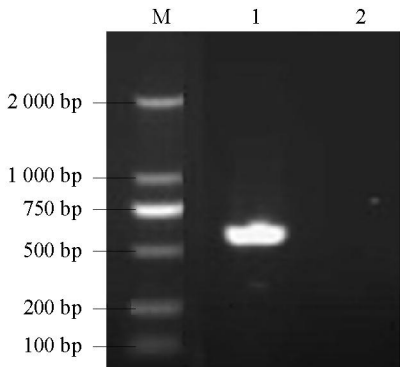


图 3 马铃薯早疫病病原菌 ITS 区 PCR 扩增产物
M，Marker；1，扩增产物；2，空白对照。

Accession	Description	Max score	Total score	Query coverage	E value	Max ident
EF120409.1	Alternaria sp. 5006 18S ribosomal RNA gene, partial sequence; interna	1051	1051	99%	0.0	99%
HE608798.1	Alternaria sp. MS-2011-F29 genomic DNA containing ITS1, 5.8S rRNA	1050	1050	99%	0.0	100%
GO121322.2	Alternaria alternata isolate IEIHBT 18S ribosomal RNA gene, partial sec	1050	1050	99%	0.0	100%
HQ873733.1	Alternaria alternata isolate XSZJY-1 18S ribosomal RNA gene, partial s	1050	1050	99%	0.0	100%
HQ674662.1	Alternaria sp. RGT-S52 18S ribosomal RNA gene, partial sequence; inti	1050	1050	99%	0.0	100%
HQ630970.1	Alternaria sp. 2 TMS-2011 voucher MS3p_50-33 18S ribosomal RNA ge	1050	1050	99%	0.0	100%

图 4 马铃薯早疫病病原菌 ITS 序列的 Blast 比对结果

2.2 病原菌的生物学特性

2.2.1 光照对马铃薯早疫病病菌菌丝生长和分生孢子形成的影响 从表 1 可以看出，不同光照处理对菌丝生长的影响差异不显著，说明菌丝生长对光照的要求不高；但全光照和光暗交替处理都不产生分生孢子，全黑暗处理有孢子产生，说明光照或者长时间光照对马铃薯早疫病病菌产孢有抑制作用，但短时间光照是否也抑制

表 1 光照对马铃薯早疫病病菌菌丝生长和分生孢子形成的影响

处理	菌落直径/mm	分生孢子
24 h 全光照	72.3 ± 2.11 a	无
24 h 全黑暗	72.9 ± 2.38 a	有
12 h 光照和 12 h 黑暗交替	71.0 ± 3.03 a	无

注：表中同列数据后不同小写字母表示差异显著（α=0.05）；下表同。

马铃薯早疫病病菌产孢有待进一步研究。

2.2.2 温度对马铃薯早疫病病菌菌丝生长和分生孢子萌发的影响 试验结果表明(表2),马铃薯早疫病病菌菌丝在4~40℃范围内均能生长,其中在25~30℃之间生长较为适宜,11℃以下或35℃以上生长缓慢,以27~28℃生长最适宜。虽然分生孢子在4~40℃范围内均能萌发,但当温度低于11℃或高于40℃时,分生孢子的萌发率很低,在比较适宜的温度(25~35℃)下8h后萌发率达到84.8%~96.3%,30℃为最适温度,萌发率为96.3%。

2.2.3 pH值对马铃薯早疫病病菌菌丝生长和分生孢子萌发的影响 试验结果表明(表3),马铃薯早疫病病菌菌丝在pH值3~12范围内均能生长,适宜pH值为5~10,pH值为6时生长最好,当pH值低于3或高于12时菌丝生长缓慢或不生长。pH值过高或过低均显著抑制马铃薯早疫病病菌孢子萌发。pH值为7~8时最适宜分生孢子萌发。

2.2.4 不同碳源和氮源对马铃薯早疫病病菌菌丝生长的影响 马铃薯早疫病病菌菌丝在6种碳源和氮源上均能生长,但其生长扩展速度有差异(表4)。不同碳源中,相对于葡萄糖而言,蔗糖、果糖、乳糖、麦芽糖和淀粉均促进菌丝生长,且加入蔗糖、果糖、乳糖后菌丝生长的速度较快,其次是麦芽糖和淀粉。在不同氮源中,相对于PDA培养基而言,培养基中加入硝酸钠和甘氨酸能促进菌丝生长,且加入甘氨酸后菌落扩展速度最快,其余均呈抑制效应。从菌丝密度上看,加入6种氮源的菌落厚度都很薄,气生菌丝少,而且菌落色泽相差也较大(待发表)。

3 结论与讨论

马铃薯早疫病由链格孢菌引起,链格孢属绝大多数种类的有性世代不明或缺失,使得链格孢属真菌鉴定和分类存在一定难度(王洪凯等,2001;张天宇,2003)。虽然该属的鉴定与分类已从原来的纯形态学开始向细胞学和分子生物学方向发展,但目前的分子系统学方法也只能鉴定到属不能到种,本试验利用rDNA-ITS序列分析技术也没有鉴定到种,这与马荣群等(2007)、何劲等(2009)的研究结果一致。本试验以病原菌菌丝形态、菌落特征、分生孢子梗及分生孢子形态学为依据,结合rDNA-ITS鉴定,将该马铃薯早疫病病原菌菌株鉴定为茄链格孢菌(*Alternaria sonali* Sorauer)。

表2 温度对马铃薯早疫病病菌菌丝生长和分生孢子萌发的影响

温度/℃	菌落直径/mm	孢子萌发率/%	
		4 h	8 h
4	14.2 ± 0.06 h	1.8 ± 0.27 g	17.5 ± 0.46 e
11	22.6 ± 0.98 g	7.0 ± 0.46 e	22.2 ± 1.87 d
18	37.2 ± 0.55 e	24.8 ± 0.70 d	43.3 ± 1.15 c
25	62.6 ± 0.16 c	43.7 ± 1.16 c	87.3 ± 1.75 b
26	67.2 ± 0.19 b	—	—
27	69.2 ± 0.44 a	—	—
28	69.0 ± 0.26 a	—	—
29	61.3 ± 0.34 c	—	—
30	60.9 ± 0.19 c	51.7 ± 0.70 a	96.3 ± 1.87 a
32	54.1 ± 0.35 d	—	—
35	25.6 ± 1.18 f	46.3 ± 0.70 b	84.8 ± 2.08 b
40	10.3 ± 0.18 i	4.0 ± 0.46 f	8.3 ± 0.70 f

注:“—”表示未试验。

表3 pH值对马铃薯早疫病病菌菌丝生长和分生孢子萌发的影响

pH	菌落直径/mm	孢子萌发率/%	
		4 h	8 h
3	55.3 ± 1.96 d	1.6 ± 0.24 f	9.3 ± 0.64 e
5	72.5 ± 0.87 c	26.8 ± 1.47 e	40.7 ± 1.47 d
6	77.2 ± 1.38 a	53.7 ± 1.34 b	89.7 ± 1.47 b
7	73.6 ± 0.48 bc	57.5 ± 1.25 a	95.7 ± 0.24 a
8	73.9 ± 1.04 bc	57.7 ± 0.87 a	95.8 ± 1.27 a
9	75.2 ± 0.17 ab	48.7 ± 1.04 c	85.3 ± 0.87 c
10	74.8 ± 0.25 bc	45.2 ± 1.46 d	83.3 ± 0.64 c
12	6.7 ± 0.22 e	1.3 ± 0.87 f	6.3 ± 1.47 f

表4 不同碳源和氮源对马铃薯早疫病病菌菌丝生长的影响

碳源	菌落直径/mm	氮源	菌落直径/mm
葡萄糖	62.3 ± 0.94 c	硝酸钠	70.9 ± 1.21 b
蔗糖	75.3 ± 0.79 a	硝酸铵	31.2 ± 1.78 d
果糖	75.9 ± 0.69 a	硫酸铵	32.3 ± 0.73 d
乳糖	75.3 ± 1.00 a	甘氨酸	77.4 ± 0.54 a
麦芽糖	72.3 ± 0.58 b	天门冬酰胺	52.9 ± 0.89 c
淀粉	72.0 ± 1.06 b	蛋白胨	54.2 ± 0.68 c

尽管引起马铃薯和番茄早疫病的病原菌同属同种, 都是茄链格孢菌, 在菌丝生长的适宜温度和适宜 pH 值上相似 (童蕴慧 等, 1994; 王连平 等, 2001; 邹庆道 等, 2005; 肖娱玉 等, 2010), 但本试验分离到的马铃薯早疫病菌与已经报道的番茄早疫病菌的生物学特性相比, 也显示出明显的差异性。前人报道番茄早疫病菌 35 ℃ 以上就难以生长, 其分生孢子萌发的最适宜温度是 25~26 ℃ (童蕴慧 等, 1994; 王连平 等, 2001), 但本试验分离到的马铃薯早疫病菌菌丝在 40 ℃ 仍然能生长, 其孢子萌发适宜温度与郑寰宇等 (2010) 研究结果一致, 都是 30 ℃。就光照而言, 前人的研究结果表明光照对番茄早疫病菌菌丝生长有显著影响 (邹庆道 等, 2005), 而本试验结果表明光照对马铃薯早疫病菌菌丝生长没有明显影响, 只是黑暗条件下有利于马铃薯早疫病菌产孢。在利用碳源营养上, 本试验中蔗糖、果糖、乳糖、麦芽糖和淀粉都比葡萄糖有利于马铃薯早疫病菌菌丝生长, 且差异显著, 而张子君等 (2003a) 的研究表明番茄早疫病菌利用蔗糖、乳糖、淀粉和葡萄糖培养, 菌丝生长没有明显区别。本试验中发现铵态氮可显著抑制马铃薯早疫病菌菌的生长, 而张子君等 (2003b) 的研究表明铵态氮在固体培养基上可促进番茄早疫病菌的生长。

本试验关于马铃薯早疫病菌菌丝生长及分生孢子萌发的影响条件的研究还不够深入, 特别是营养条件对分生孢子萌发的影响还有待进一步试验。对于马铃薯早疫病菌的 rDNA-ITS 序列分析, 本试验结果还不能很好的区分链格孢菌的种, 这在后续的研究中将不断深入。因此, 今后还将继续以下几方面的研究: 营养条件对分生孢子萌发的影响; 增加氮源的种类深入研究氮肥对病菌生长的影响并增加田间试验; 研究其他马铃薯早疫病菌的分子诊断方法。

参考文献

- 何洪巨, 陈杭, Schnitzler W H. 2002. 芸薹属蔬菜中硫代葡萄糖苷鉴定与含量分析. 中国农业科学, 35 (2): 192-197.
- 方中达. 1998. 植物研究方法. 3 版. 北京: 中国农业出版社: 124-343.
- 何劲, 康冀川, 谢红艳, 雷帮星, 文庭池. 2009. 我国部分区域链格孢属 rDNA ITS 区序列分析. 安徽农业科学, 37 (6): 2425-2427.
- 雷玉明, 邢会琴, 张建朝, 费永祥. 2009. 马铃薯早疫病田间消长规律与综合防治技术研究. 农业技术与装备, 158 (1): 22-23, 25.
- 梁宁, 蒋继志. 2008. 马铃薯早疫病菌拮抗微生物的初步研究. 安徽农业科学, 36 (25): 10967-10968.
- 梁伟伶, 台莲梅, 靳学慧, 左豫虎, 王海鹏, 孙明洋. 2009. 马铃薯早疫病室内杀菌剂筛选及配比试验. 植物保护, 35 (4): 168-171.
- 柳俊. 2011. 我国马铃薯产业技术研究现状及展望. 中国农业科技导报, 13 (5): 13-18.
- 马荣群, 宋正旭, 黄粤, 李梅, 岳文辉, 袁铮. 2007. 马铃薯早疫病菌 rDNA-ITS 区序列分析. 内蒙古农业科技, (5): 21-22.
- 童蕴慧, 梁继农, 徐敬友. 1994. 番茄早疫病菌生物学特性及致病力研究. 江苏农学院学报, 15 (3): 25-31.
- 王洪凯, 张天宇, 张猛. 2001. 链格孢属真菌分类研究进展. 山东农业大学学报: 自然科学版, 32 (3): 406-410.
- 王连平, 王汉荣, 茹水江, 梁训义, 杨曙东. 2001. 浙江省番茄早疫病菌生物学特性研究. 浙江农业学报, 12 (4): 320-325.
- 魏景超. 1979. 真菌鉴定手册. 上海: 上海科学技术出版社.
- 肖娱玉, 曲一凡, 张琪, 浦冠勤. 2010. 番茄早疫病菌生物学特性研究. 江苏农业科学, (3): 144-146.
- 杨水英, 韩海波, 孙现超, 邸仕忠, 熊艳, 青玲. 2008. 重庆稻瘟病菌群体遗传多样性分析. 河南农业科学, (11): 76-77.
- 张福光, 杨志辉, 朱杰华, 张宏磊, 魏巍. 2012. 河北省马铃薯早疫病菌群体遗传结构的研究. 菌物学报, 31 (1): 40-49.
- 张建平. 1991. 马铃薯早疫病菌分生孢子传播和病害发生的规律及与降雨的关系. 马铃薯杂志, 5 (4): 209-210.
- 张天宇. 2003. 中国真菌志. 北京: 科学出版社.
- 张子君, 李海涛, 邹庆道, 吕书文, 许文奎, 刘志恒. 2003a. 不同碳源对番茄早疫病菌菌丝生长的影响. 辽宁农业科学, (5): 49-50.
- 张子君, 李海涛, 邹庆道, 吕书文, 许文奎, 刘志恒. 2003b. 不同氮源对番茄早疫病菌菌丝生长的影响. 辽宁农业科学, (4): 35-36.
- 张子君, 李海涛, 邹庆道, 吕书文, 田云, 刘志恒. 2005. 不同 pH 对番茄早疫病菌菌丝生长的影响. 北方园艺, (5): 55.
- 郑寰宇, 马力, 左豫虎, 徐梅, 张树院, 台莲海. 2010. 马铃薯早疫病菌分生孢子萌发条件的研究. 植物保护, 36 (6): 91-95.
- 邹庆道, 张子君, 李海涛, 吕书文, 刘志恒. 2005. 不同温度及光照对番茄早疫病菌菌丝生长的影响. 辽宁农业科学, (1): 36-37.
- George M L C, Nelson R J, Zeigler R S. 1998. Rapid population analysis of *Magnaporthe grisea* by using rep-PCR and endogenous repetitive DNA sequences. Phytopathol, 88: 223-229.
- John P H. 1981. Strategies for control of late blight of potatoes. Late Blight Conference, 3: 28-31.