

蝉拟青霉 LB 菌株的生物学特性

李 忠^{1,2*} 曾桂萍¹ 邹 晓³ 刘爱英³ 金道超²

(1. 贵州大学农学院 贵州 贵阳 550025)

(2. 贵州山地农业病虫害重点实验室 贵州 贵阳 550025)

(3. 贵州大学真菌资源研究所 贵州 贵阳 550025)

摘 要: 本文研究碳源、氮源、温度、湿度、pH 值和光照等对蝉拟青霉 LB 菌株生长、产孢和孢子萌发的影响。结果表明, 适合该菌株菌落生长和产孢的最佳碳源是可溶性淀粉和蔗糖, 最佳氮源为蛋白胨; 菌丝生长和孢子萌发的最适温度范围是 25°C~27°C, 产生分生孢子的最适温度是 25°C; 分生孢子萌发所需湿度范围是 RH 90%~100%, 当 RH 低于 90% 时很难萌发; 在 pH 值 4~10 的范围内该菌能生长和产孢, 菌丝生长最适 pH 为 6, 产生分生孢子和孢子萌发最适 pH 范围为 6~7; 光照处理对该菌产孢有一定的影响; 分生孢子的致死条件为 55°C 10 min。生物学特性显示, 蝉拟青霉 LB 菌株是一株对营养要求不高、对环境适应能力较强的昆虫病原真菌。

关键词: 蝉拟青霉, 生物学特性, 产孢量, 孢子萌发

Biological Characteristics of *Paecilomyces cicadae* LB Strain

LI Zhong^{1,2*} ZENG Gui-Ping¹ ZOU Xiao³ LIU Ai-Ying³ JIN Dao-Chao²

(1. College of Agronomy, Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025, China)

(2. Key Laboratory for Plant Pest Management in Mountain Agriculture, Guiyang, Guizhou 550025, China)

(3. Institute of Fungus Resources, Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025, China)

Abstract: The effect of carbon source, nitrogen source, temperature, moisture, pH and light on the fungal growth, conidia production and conidia germination of *Paecilomyces cicadae* LB were studied. For the fungal growth and conidia production, the optimum carbon sources were soluble starch and glucose, while the optimum nitrogen source was peptone. For the fungal growth and spore germination of *P. cicadae*, the optimum temperature was 25°C~27°C, for the conidia production, the optimum temperature was 25°C. Conidia germinated at RH 90%~100%, but did not below 90%. When RH reaches to 100% or the conidia were in water, the germination rate was the highest. The range of pH for the fungal growth, conidia production and conidial germination was 4~10, while the optimum pH for the fungal growth was 6 and 6~7 for the conidia production and conidial germination. The light treatment significantly influenced fungal conidia production. The lethal temperature for the fungal conidia was 55°C remaining 10 minutes. The present results suggest the isolate LB can adapt to nutrition and environment more widely, and has greater potential as biological control factor against of pest.

Keywords: *Paecilomyces cicadae*, Biological characteristics, Conidia production, Conidia germination

基金项目: 国家自然科学基金项目(No. 30360064); 贵州省自然科学基金项目[No. (2005)2028]

* 通讯作者: Tel: 86-851-3855894; ✉: zhongzhongligzu@163.com

收稿日期: 2009-04-13; 接受日期: 2009-08-06

蝉拟青霉 [*Paecilomyces cicadae* (Miquel) Samson] 为麦角菌科拟青霉属真菌, 此菌感染蝉科山蝉 (*Cicada flamata* Dist) 幼虫, 形成的孢梗束子座复合体即为我国传统中药蝉花 (*P. cicadae*)。蝉拟青霉不仅具有药理活性, 还是具有极为广谱和较强致病性的虫生真菌, 可以寄生鳞翅目 (Lepidoptera)、膜翅目 (Hymenoptera) 中的很多昆虫^[1,2]。此菌易培养, 产孢量大, 感染能力强, 且能较强地抗紫外辐射, 在害虫防治上显示很大的优越性^[2]。国外相关研究很少, 有报道对桃蛀果蛾 (*Carposina sasakii* Matsumura) 有高效致病性^[3]。国内作为生防用菌已受到一定的关注, 已有研究多为该菌对鳞翅目害虫如菜青虫 (*Pieris rapae* L.)、小菜蛾 (*Plutella xylostella* L.) 等蔬菜害虫的致病性^[4-6], 其对蚜虫、粉虱等刺吸式口器害虫的致病性也有少量报道^[7-10]。

蝉拟青霉 LB 菌株是作者分离到的具有害虫生防潜力的菌株, 该菌株在对蚜虫的致病性、产孢量及抗逆性等方面表现优良^[10]。了解其生长的营养及环境因子是利用该菌防治害虫的基础。为此, 作者对蝉拟青霉 LB 菌株的生长、产孢、孢子萌发与营养、温度、pH、光照、湿度等的关系进行了研究, 以期利用该菌对害虫进行生物防治提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 菌种来源

蝉拟青霉 (*P. cicadae*) LB 菌株, 采自贵州省荔波县茂兰自然保护区, 由贵州大学植保科学实验室分离、鉴定、保存。

1.2 培养基

PDA: 马铃薯 200 g, 葡萄糖 15 g, 琼脂 15 g~20 g, 水 1000 mL。

查氏培养基: 葡萄糖 30 g, NaNO₃ 3 g, K₂HPO₄ 1 g, KCl 1 g, CaCl₂ 0.5 g, MgSO₄·7H₂O 0.5 g, FeSO₄·7H₂O 0.01 g, 琼脂 15 g~20 g, 水 1000 mL。

1.3 菌丝块培养制备

供试菌株在 PDA 平板上培养 5 d, 用直径为 5 mm 的打孔器在菌落边沿打取菌丝块备用。

1.4 碳源对菌落生长和产孢的影响

选用可溶性淀粉、D-果糖、马铃薯淀粉、蔗糖、麦芽糖和乳糖等为碳源, 以 3% 的不同碳源代替基础培养基中的葡萄糖, 以评价碳源种类对蝉拟青霉 LB 生长和产孢的影响。配制成 7 个不同碳源配方,

植入菌块, 每一处理 5 次平行。接种后于 25℃ 暗培养 10 d, 观察不同碳源对蝉拟青霉菌丝生长的影响, 15 d 后测产孢量。

1.5 氮源对菌落生长和产孢的影响

以 1.4 筛选出的碳源代替基础培养基中的碳源, 选用牛肉膏、酵母膏、蛋白胨、硫酸铵、氯化铵、硝酸铵和尿素等为氮源, 以 0.3% 的不同氮源代替基础培养基中的硝酸钠, 以评价氮源种类对蝉拟青霉生长和产孢的影响。配成 7 个不同氮源配方, 植入菌块, 每一处理 5 次平行。接种后于 25℃ 暗培养 10 d, 观察不同氮源对蝉拟青霉菌丝生长的影响, 15 d 后测产孢量。

1.6 温度对菌落生长、产孢和孢子萌发的影响

将菌丝块移植到 PDA 平板上, 分别置于 21℃、23℃、25℃、27℃、29℃、31℃ 等 6 个不同温度下暗培养, 每处理 5 次平行, 10 d 后分别测定菌落直径。15 d 后, 每皿加 10 mL 含 0.05% 吐温-80 无菌水洗下分生孢子, 用血球计数板在显微镜下检查分生孢子数量。

将分生孢子用 PDA 液配成适当浓度 (显微镜放大 400 倍下每视野 100 左右孢子), 用载玻片悬滴法于 21℃、23℃、25℃、27℃、29℃、31℃ 等 6 个不同温度下暗培养, 36 h 后检查孢子萌发率, 每次检查 3 个视野孢子数。

1.7 pH 对菌落生长、产孢和孢子萌发的影响

用 1 mol/L HCl 和 1 mol/L NaOH 溶液将 PDA 培养基的 pH 分别调至 4.0、5.0、6.0、7.0、8.0、9.0、10, 接菌方式同上, 每处理 5 次平行, 25℃ 暗培养, 10 d 测定菌落直径, 15 d 后测产孢量。

配制 pH 值为 4.0、5.0、6.0、7.0、8.0、9.0、10 的分生孢子 PDA 液, 用载玻片悬滴法于 25℃ 暗培养, 36 h 后镜检萌发情况, 计算萌发率。

1.8 光照对菌落生长、产孢和孢子萌发的影响

将菌丝块移植到 PDA 平板上, 分别连续光照、12 h 光照与黑暗交替、完全黑暗 3 种光照条件下培养, 光源为普通日光灯 (20 W, 距离为 50 cm), 25℃ 条件下培养, 每处理 5 次平行, 10 d 后测定菌落直径, 15 d 后测产孢量。将滴有分生孢子悬液的载玻片放置于上述 3 种光照处理下保湿培养, 36 h 后镜检萌发率。

1.9 相对湿度对孢子萌发的影响

用含 0.05% 吐温-80 无菌水将孢子洗下, 涂于

玻片上(显微镜放大 400 倍下每视野 100 左右孢子),快速风干后,分别放于 RH 85%、90%、92%和 95%的人工气候箱中, RH 100%则在载片上滴无菌水, 25℃ 暗培养 24 h、48 h、72 h 后镜检萌发率, 每次数 3 个视野。

1.10 孢子致死温度测定

以 2%葡萄糖 + 1%蛋白胨配成孢子悬液(浓度为 10^6 个/mL)装入试管中, 每试管 2 mL, 分别放入 35℃、40℃、45℃、50℃、55℃ 的水浴锅中处理 10 min, 取出在冷水中冷却, 用载片于 25℃ 暗培养, 36 h 后观察分生孢子萌发状况。

1.11 统计分析方法

运用 SPSS10.0 软件对数据进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同碳源对蝉拟青霉菌 LB 菌株丝生长和产孢的影响

不同碳源对 LB 菌株菌丝生长及产孢影响作用明显(表 1)。以 D-果糖为碳源时 LB 菌株的菌落生长最快, 日均生长 6.14 mm, 与其它碳源差异达极显著水平; 其次是可溶性淀粉和葡萄糖, 日均生长分别是 5.76 mm 和 5.74 mm; 而以乳糖为碳源该菌生长最慢, 仅为 3.96 mm。以可溶性淀粉和马铃薯淀粉为碳源, 菌丝表现为洁白、较浓密; 其次是 D-果糖、蔗糖和葡萄糖; 以麦芽糖、乳糖最差, 菌丝浅白、稀疏。碳源对 LB 菌株产孢量影响大, 产孢量最高是马铃薯淀粉(2.80×10^6 个/mL), 其次是可溶性

淀粉(2.33×10^6 个/mL), 二者与其它碳源产孢量差异达到极显著水平。

综合菌丝生长速率、长势及产孢量, 在所试的 7 种碳源中, 最佳碳源是可溶性淀粉, 其次是葡萄糖。

2.2 不同氮源对蝉拟青霉 LB 菌株菌丝生长和产孢的影响

不同的氮源对 LB 菌株菌丝生长及产孢影响作用明显(表 2)。其中有机氮以酵母膏最有利于菌丝生长, 日均生长为 6.18 mm, 其次是蛋白胨, 日均生长为 6.14 mm, 二者均显著大于其它种类氮源的菌落直径; 而以尿素为氮源的菌丝生长最慢。在供试的几种氮源中, 产孢量最高是蛋白胨(23.74×10^6 个/mL), 与其它各处理间达到差异极显著水平。其次是酵母膏和牛肉膏, 而以尿素为氮源产孢量最低。

以蛋白胨为氮源时菌丝浓密、健壮, 以牛肉膏和酵母膏为氮源则次之; 以无机氮为氮源菌丝细弱、稀疏、浅白, 生长不良, 产孢量低。综合菌丝生长和产孢量, 在所试 7 种氮源中最佳氮源是蛋白胨。

2.3 温度对菌落生长、产孢和孢子萌发的影响

在测试温度范围内, LB 菌株菌丝均能生长、产孢和孢子萌发(表 3)。适宜生长的温度范围为 21℃~29℃, 温度为 25℃ 和 27℃ 最适合菌落生长, 菌落直径为 8.02 cm 和 7.96 cm, 与其它各温度下菌落直径差异达到极显著水平, 当温度超过 30℃ 后, 菌丝生长速率明显减弱; 温度在 21℃~25℃ 范围内产孢量逐渐增加, 当温度超过 29℃ 后产孢量急剧下降,

表 1 不同碳源对蝉拟青霉 LB 菌株菌丝生长和产孢的影响

Table 1 Effect of various carbon sources on growth and conidia production of *P. cicadae* LB strain

碳 源 Carbon source	菌落直径(cm) Colony diameter	产孢量($\times 10^6$ 个/mL) Conidia production	菌落质地 Colony texture
可溶性淀粉 Soluble starch	5.76 \pm 0.05 bB	2.33 \pm 0.18 bAB	菌丝较致密
D-果糖 D-fructose	6.14 \pm 0.05 aA	1.19 \pm 0.09 dC	菌丝稀疏
马铃薯淀粉 Potato starch	5.34 \pm 0.05 dC	2.80 \pm 0.10 aA	菌丝较致密
蔗 糖 Sucrose	5.18 \pm 0.07 dC	1.57 \pm 0.13 cC	菌丝稀疏
葡萄糖 Glucose	5.74 \pm 0.06 bcB	2.24 \pm 0.16 bB	菌丝稀疏
麦芽糖 Maltose	5.58 \pm 0.07 cB	0.67 \pm 0.04 eD	菌丝极稀疏
乳 糖 Lactose	3.96 \pm 0.04 eD	0.55 \pm 0.06 eD	菌丝极稀疏

注: 同列小写字母表示在 5% 上的差异显著, 大写字母表示在 1% 上的差异极显著。下文相同。

Note: The small letters represent significant differences at 5.0% level, the capital letters represent significant differences at 1.0% level. It is the same in following table.

<http://journals.im.ac.cn/wwxtbcn>

表 2 不同氮源对蝉拟青霉 LB 菌株菌丝生长和产孢的影响
Table 2 Effect of nitrogen sources on growth and conidia production of *P. cicadae* LB strain

氮 源 Nitrogen source	菌落直径(cm) Colony diameter	产孢量(×10 ⁶ 个/mL) Conidia production	菌落质地 Colony texture
牛肉膏 Beef extract	6.00 ± 0.05 bB	10.41 ± 0.59 bB	菌丝发达致密
酵母膏 Yeast	6.18 ± 0.05 aA	10.85 ± 0.67 bB	菌丝发达致密
蛋白胨 Peptone	6.14 ± 0.02 aAB	23.74 ± 0.53 aA	菌丝发达致密
硫酸铵 (NH ₄) ₂ SO ₄	4.28 ± 0.04 cC	5.84 ± 0.42 cC	菌丝较发达致密
氯化氨 NH ₄ Cl	3.74 ± 0.02 eD	2.09 ± 0.11 dD	菌丝稀疏
硝酸铵 NH ₄ NO ₃	3.88 ± 0.04 dD	1.47 ± 0.15 dD	菌丝稀疏
尿 素 Carbanmide	3.74 ± 0.02 eD	0.75 ± 0.05 dD	菌丝极稀疏

表 3 温度对蝉拟青霉 LB 菌株菌丝生长、产孢和孢子萌发的影响
Table 3 Effect of temperature on growth, conidia production and conidia germination of *P. cicadae* LB strain

温度(°C) Temperature	菌落直径(cm) Colony diameter	产孢量(×10 ⁶ 个/mL) Conidia production	孢子萌发率(%) Conidia germination rate
21	6.40 ± 0.10 cC	7.24 ± 0.30 dC	52.47 ± 0.84 cC
23	7.64 ± 0.10 bB	18.00 ± 0.50 bB	81.41 ± 0.91 bB
25	8.02 ± 0.06 aA	22.52 ± 0.91 aA	92.68 ± 0.83 aA
27	7.96 ± 0.07 aAB	15.60 ± 0.96 cB	92.03 ± 0.84 aA
29	6.02 ± 0.10 dD	3.61 ± 0.39 eD	34.86 ± 0.86 dD
31	2.00 ± 0.07 eE	0.69 ± 0.06 fE	9.84 ± 1.22 dD

产孢子最适温度是 25℃, 产孢量为 22.52 × 10⁶ 个/mL, 与其它温度差异达到极显著水平; 孢子萌发率以 25℃、27℃ 为最高, 分别为 92.68% 和 92.03%, 与其它温度差异达到极显著水平。

结果表明, LB 菌株菌落生长、产孢和分生孢子萌发最适合温度为 25℃~27℃。

2.4 pH 对 LB 菌株的菌落生长、产孢和孢子萌发的影响

试验结果表明, pH 值对 LB 菌株菌丝生长、产孢和孢子萌发的影响较大(表 4)。在 pH 值 4~10 范围均能生长和产孢。pH 值为 6 时菌落直径最大, 为 8.16 cm, 与其它 pH 值的菌落直径差异达到极显著水平; pH 值在 6~7 产孢量最大, 分别为 23.55 × 10⁶ 个/mL、23.16 × 10⁶ 个/mL, 与其它 pH 值的产孢量差异达到极显著水平; 分生孢子在 pH 值 4~10 范围均可萌发, 最适萌发 pH 值为 6~7, 与其它 pH 值孢子萌发率差异达到极显著水平。

2.5 光照对 LB 菌株的菌落生长、产孢和孢子萌发的影响

由表 5 可知, 光照条件对 LB 菌株菌落生长的影

响小。在 24 h 光照、12 h 光暗交替、黑暗条件下培养, 菌落直径分别为 7.92 cm、7.88 cm、7.88 cm, 差异未达到显著水平, 表明菌丝生长对光照要求不严格; 光照对 LB 菌株的产孢量有一定的影响, 在 24 h 光照、12 h 光暗交替条件下产孢量较大, 分别为 24.56 × 10⁶ 个/mL 和 24.80 × 10⁶ 个/mL, 与黑暗培养下产孢量差异显著, 表明光照对产孢有一定的促进作用; 在 24 h 光照、12 h 光暗交替、黑暗 3 种处理下孢子萌发率差异未达到显著水平, 表明光照对孢子萌发没有明显影响。

2.6 湿度对 LB 菌株孢子萌发的影响

结果如表 6 所示, 相对湿度对 LB 菌株分生孢子萌发影响很大。孢子萌发的相对湿度范围为 90%~100%, 随着时间延长, 孢子萌发率逐渐升高。24 h 后孢子在水滴中萌发最好, 萌发率为 7.58%, 与其它差异达到极显著水平, 而 RH 90% 时孢子未萌发; 48 h 后水滴中孢子萌发率为 9.18%, 与其它差异达到极显著水平; 72 h 后, RH 100% 和 95% 孢子萌发率无差异, 而与其它差异达到极显著水平。说明孢子萌发需要高湿条件, 萌发率与湿度成正相关。

<http://journals.im.ac.cn/wwxtbcn>

表 4 pH 对蝉拟青霉 LB 菌株菌丝生长、产孢和孢子萌发的影响
Table 4 Effect of pH on fungal growth, conidia production and conidia germination of *P. cicadae* LB strain

pH	菌落直径(cm) Colony diameter	产孢量($\times 10^6$ 个/mL) Conidia production	孢子萌发率(%) Conidia germination rate
4	6.12 \pm 0.04 dD	11.89 \pm 0.74 cC	41.54 \pm 1.00 eE
5	6.82 \pm 0.07 cC	17.47 \pm 0.85 bB	69.78 \pm 2.00 cC
6	8.16 \pm 0.05 aA	23.55 \pm 0.96 aA	93.13 \pm 0.84 aA
7	7.96 \pm 0.05 bB	23.16 \pm 0.76 aA	92.69 \pm 1.28 aA
8	6.80 \pm 0.05 cC	17.18 \pm 0.76 bB	81.24 \pm 0.83 bB
9	6.24 \pm 0.02 dD	11.55 \pm 0.89 cC	53.66 \pm 1.28 dD
10	5.9 \pm 0.04 eE	5.59 \pm 0.30 dD	8.76 \pm 1.28 fF

表 5 光照对蝉拟青霉 LB 菌株菌丝生长、产孢和孢子萌发的影响
Table 5 Effect of pH on fungal growth, conidia production and conidia germination of *P. cicadae* LB strain

光照(h/d) Light condition	菌落直径(cm) Colony diameter	产孢量($\times 10^6$ 个/mL) Conidia production	孢子萌发率(%) Conidia germination rate
0	7.88 \pm 0.06 aA	22.41 \pm 0.54 bA	93.45 \pm 0.47 aA
12	7.88 \pm 0.04 aA	24.80 \pm 0.63 aA	93.68 \pm 0.31 aA
24	7.92 \pm 0.04 aA	24.56 \pm 0.39 aA	93.38 \pm 1.07 aA

表 6 相对湿度对蝉拟青霉 LB 菌株孢子萌发的影响
Table 6 Effect of RH on conidia germination of *P. cicadae* LB strain

湿度(%) RH	孢子萌发率(%)Conidia germination rate		
	24 h	48 h	72 h
100	7.58 \pm 0.40 aA	9.18 \pm 0.62 aA	10.15 \pm 0.28 aA
95	2.29 \pm 0.25 bB	4.26 \pm 0.30 bB	9.16 \pm 1.03 aA
92	0.00 \pm 0.00 cC	2.43 \pm 0.49 cBC	6.26 \pm 0.73 bB
90	0.00 \pm 0.00 cC	1.82 \pm 0.59 cCD	2.14 \pm 0.43 cC

2.7 孢子致死温度测定

LB 菌株的分生孢子用 35℃ 温水处理 10 min 后, 萌发率为 88.46%, 40℃ 处理 10 min 后萌发率为 70.58%, 45℃ 处理 10 min 后萌发率为 36.20%, 50℃ 处理 10 min 后萌发率为 7.06%, 55℃ 处理 10 min 后萌发率为 0, 说明 LB 菌株的致死温度为 55℃(10 min) (图 1)。

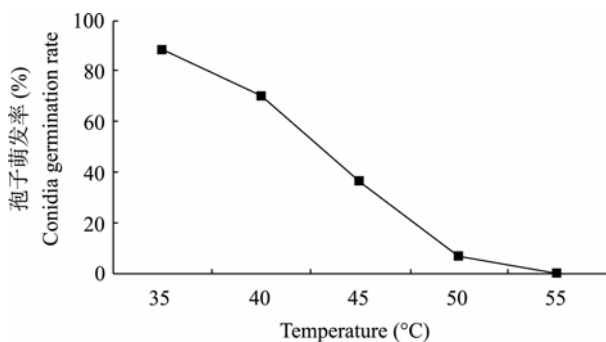


图 1 致死温度

Fig. 1 Lethal temperature for spore of *P. cicadae* LB strain

<http://journals.im.ac.cn/wwxtbcn>

3 讨论

研究表明蝉拟青霉对营养要求不很严格, 在培养真菌的培养基上都能生长。在供试的碳源中菌丝长势较差且产孢量不高, 可能是基础培养基中的硝酸钠不适宜作为氮源。研究表明, 就菌落生长速率及产孢量而言, 在供试的氮源中有机氮源优于无机氮。

昆虫病原真菌孢子萌发、菌落生长和孢子生产都受到环境因子(如温度、湿度、光照等)的影响, 不同的环境因子对菌的影响各有差异^[11]; 同一环境因子对同种不同菌株的影响也不尽相同^[10], 如与蝉拟青霉同属的玫烟色拟青霉(*P. fumosoroseus*)的最适温度范围是 20℃~28℃, 其中欧洲菌株的最适温度是 20℃~25℃, 而美国和西亚菌株的最适温度是 25℃~28℃^[12]。许多重要昆虫病原真菌孢子的萌发需要较高的水活度($a_w > 0.950$)或相对湿度(RH > 95%), 而一般在田间的低湿度条件则难以满足病原菌的萌发

和生长^[13], 如湿度是蜡蚧轮枝菌(*Verticillium lecanii*) 昆明菌株 KM9803 芽生孢子和分生孢子萌发的首要条件, 分生孢子则在相对湿度 85% 时开始大量萌发^[14]。

本研究表明, LB 菌株在 20°C~30°C 温度范围均能生长、产孢和孢子萌发。当温度低于 20°C 或超过 30°C, 菌落生长、产孢以及孢子萌发均受到明显抑制。蝉拟青霉 LB 菌株的分生孢子萌发需要较高的相对湿度, 在无营养的情况下孢子萌发的湿度范围是 90%~100%, 当 RH 90% 以下时, 孢子基本上不萌发。但湿度适时营养条件可以促进孢子萌发^[14]。酸碱度对蝉拟青霉孢子的萌发和产孢量有明显影响, 在 pH 值 4~10 的范围均能生长和产孢, 但在中性及偏酸性的条件下有利于产孢和孢子萌发。光照对菌落生长速率无明显影响, 但对产孢量有一定的刺激作用^[15], 这与陈祝安^[2]的报道不太一致; 蝉拟青霉孢子致死温度为 55°C(10 min), 表明其可在自然环境的一般高温下存活。

蝉拟青霉生物学特性的研究在我国的报道尚不多。不同来源的蝉拟青霉菌株, 其培养特性及对害虫的致病力有差异^[10], 刘爱英等^[16]也报道了蝉拟青霉不同分离体, 由于受到不同生态条件、地理环境和气候的影响, 导致在培养性状和产孢结构上有差异, 各有其特点, 但需要指出的是生物学特性研究为定性定量试验, 在实际的田间应用方面, 还存在着许多复杂的因素, 需要进一步研究。作者对于蝉拟青霉 LB 菌株孢子液及发酵液杀蚜虫活性作了初步研究^[10], 有关该菌株代谢物杀虫活性的研究将有后续报道。

参 考 文 献

- [1] 邓淑群. 中国的真菌. 北京: 科学出版社, 1963, p.753.
- [2] 陈祝安. 虫生真菌蝉拟青霉的研究. 真菌学报, 1991, 10(4): 280-287.
- [3] Yaginuma K. *Paecilomyces cicadae* samson isolated from soil and cicada and its virulence to the peach fruit moth *Carposina sasakii* matsumura. *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*, 2002, 46(4): 225-231.
- [4] 陈祝安. 蝉拟青霉防治菜粉蝶幼虫试验. 生物防治通报, 1991, 6(3): 131-133.
- [5] 柴一秋. 蝉拟青霉 J-PC 菌株的固体发酵及对菜青虫的病原性测定. 中国生物防治, 1995, 11(4): 168-170.
- [6] 陈官菊, 柴一秋, 厉晓腊, 等. 蝉拟青霉 APC20 菌株对小菜蛾的室内毒力试验. 安徽农业科学, 2008, 36(6): 2380-2381.
- [7] 张永军, 刘爱英, 梁宗琦. 紫外线对蝉拟青霉原生质体的诱变效果. 贵州农业科学, 1998, 26(6): 1-3.
- [8] 邹 晓, 刘爱英, 梁宗琦. 紫外线诱变蝉拟青霉对白粉虱致病性的影响. 菌物研究, 2004, 2(4): 35-39.
- [9] 赵杰宏, 韩 洁, 邹 晓, 等. 蝉拟青霉异核体菌株和亲本菌株对蚜虫致病力的研究. 莱阳农学院学报(自然科学版), 2006, 23(4): 276-279.
- [10] 李 忠, 金道超, 邹 晓, 等. 蝉拟青霉不同来源菌株的生长特性及对蚜虫的致病性. 植物保护学报, 2007, 34(6): 637-641.
- [11] McCoy CW, Aamson RA, Boucias DG. Entomogenous fungi. CM. Ignoffo and NB Mandava (eds) Handbook of natural pesticides, Vol V, microbial insecticides, part A. Boca Raton: CRC Press, Inc, FL, USA, 1988, pp.151-236.
- [12] Fargues J, Bon M-C. Influence of temperature preferences of two *Paecilomyces fumosoroseus* lineages on their co-infection pattern. *Journal of Invertebrate Pathology*, 2004, 87: 94-104.
- [13] Gillespie AT, Crawford E. Effect of water activity on conidial germination and mycelial growth of *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Pacelomyces* spp. and *Verticillium lecanii*, In Fundamental and Applied Aspects of Invertebrate Pathology, Edited by Samson RA, Vlak JM & Peters D. Wageningen: Society of Invertebrate Pathology, 1986, p.254.
- [14] 张亚平, 周天雄, 杨美林. 湿度对蜡蚧轮枝菌 KM9803 菌株芽生孢子及分生孢子萌发的影响. 云南农业大学学报, 2006, 21(2): 243-245.
- [15] 李 忠, 曾桂萍, 金道超, 等. 蝉拟青霉固态培养条件筛选及优化. 植物保护学报, 2008, 35(3): 287-288.
- [16] 刘爱英, 邹 晓, 赵杰宏, 等. 蝉拟青霉生物多样性. 蝉花和蝉拟青霉的形态多样性. 贵州农业科学, 2007, 35(2): 9-11.