

## 石榴叶斑病球毛壳菌生长习性及其杀菌剂筛选

杨丽芬<sup>1</sup>, 朱心<sup>1,2</sup>, 周春香<sup>1,3</sup>, 杨建<sup>1</sup>, 雷恩<sup>1</sup>, 程加省<sup>4</sup>, 孔垂思<sup>4\*</sup>, 郭建伟<sup>1,5\*</sup>

(1. 红河学院云南省高校农作物优质高效栽培与安全控制重点实验室, 蒙自 661100; 2. 云南生物资源保护与利用国家重点实验室, 昆明 650091; 3. 勐海县勐满镇中学, 西双版纳 666206; 4. 云南省农业科学院农业环境资源研究所, 昆明 650205; 5. 中国科学院新疆生态与地理研究所干旱区生物地理与生物资源重点实验室, 乌鲁木齐 830011)

**摘要:** 采用生长速率法研究了云南蒙自石榴叶斑病球毛壳菌菌丝生长的条件及有效杀菌剂。结果表明, 球毛壳菌菌丝在 26~34℃ 均能生长, 适宜温度是 26~32℃, 最适温度为 28℃; 偏好 75%~85% 的相对湿度, 最适相对湿度为 85%; 光照促进菌丝生长; pH 值 4.5~7.5 时均适宜于球毛壳 Bd-2 菌丝的生长, 最适 pH 值为 6.5, 表明该菌偏好弱酸性环境。不同碳源、氮源对球毛壳菌菌丝生长的影响均较明显, 麦芽糖和蛋白胨对菌丝生长有显著的促进作用。随后, 分别用 75% 百菌清、80% 甲基硫菌灵和 80% 代森锰锌等 3 种常见杀菌剂, 以及细辛、小桐子和夹竹桃等 3 种植物提取液在培养基上进行抑菌实验, 从菌丝生长的抑制率大小初步鉴定 80% 甲基硫菌灵为该病害的有效杀菌剂; 在 3 种植物提取液中, 细辛提取液对球毛壳 Bd-2 的菌丝生长抑制率最高, 4 mg·mL<sup>-1</sup> 抑菌率达 100%。明确了云南蒙自石榴叶斑病球毛壳菌生长的环境条件及有效杀菌剂, 为生产上化学防治提供了选择杀菌剂的理论基础。

**关键词:** 石榴; 叶斑病; 球毛壳菌; 生物学特性; 杀菌剂; 植物提取液

中图分类号: S665.4

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2018)01-0195-06

## Growth characteristics of mycelia of *Chaetomium globosum* causing pomegranate leaf spot disease and fungicides screening

YANG Lifen<sup>1</sup>, ZHU Xin<sup>1,2</sup>, ZHOU Chunxiang<sup>1,3</sup>, YANG Jian<sup>1</sup>, LEI En<sup>1</sup>,  
CHENG Jiasheng<sup>4</sup>, KONG Chuisi<sup>4</sup>, GUO Jianwei<sup>1,5</sup>

(1. Key Laboratory of Higher Quality and Efficient Cultivation and Security Control of Crops for Yunnan Province, Honghe University, Mengzi 661100; 2. State Key Laboratory for Conservation and Utilization of Bio-Resources in Yunnan, Kunming 650091; 3. Mengman Middle School, Xishuangbanna 666206; 4. Institute of Agricultural Environment and Resources, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205; 5. Key Laboratory of Biogeography and Bioresource in Arid Land, Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011)

**Abstract:** Biological characteristics and effective fungicide of *Chaetomium globosum* Kunze causing leaf spot disease on pomegranate were studied using mycelia growth rate method. The results showed that the mycelia of *C. globosum* could grow under the temperature of 26-34℃. The suitable temperature was between 26℃ and 32℃ and the most suitable temperature was 28℃. The scope of suitable humidity was 75%-85% and the most suitable humidity was 85%. Light promoted the mycelia growth. The mycelia of *C. globosum* could grow at pH4.5-7.5 and the optimal pH was 6.5. The effects of different carbon and nitrogen sources on mycelia growth were significant. Maltose and peptone obviously promoted the growth of mycelia. Furthermore, three fungicides including 75% chlorothalonil, 80% thiophanate-methyl and 80% mancozeb, as well as three plant extracts including *Asarum sieboldii* Miq., *Jatropha curcas* L. and *Nerium indicum* Mill., were used to test fungicide resistance of *C. globosum*. As a result, 80% thiophanate-methyl was identified as the most effective fungicide and 4 mg·mL<sup>-1</sup> of

收稿日期: 2017-05-14

基金项目: 红河学院中青年学术骨干人才培养计划 (2015GG0206), 红河学院博士科研启动专项 (XJ15B16), 红河学院应用型研究项目 (XJY15Y02), 中山大学广东省热带亚热带植物资源重点实验室开放课题 (PlantKF201503), 红河学院植物保护一级学科硕士点建设项目和国家重点研发计划项目 (天山北坡退化野果林生态保育与健康调控技术, 2016YFC0501500) 共同资助。

作者简介: 杨丽芬, 助教。E-mail: 285044840@qq.com

\* 通信作者: 孔垂思, 博士, 副研究员。E-mail: wwwkcs@126.com; 郭建伟, 博士, 副教授。E-mail: gjwkf475301@163.com

*A. sieboldii* extract was the most effective compound for *C. globosum* control, which can provide some references for chemical control of *C. globosum* in practice.

**Key words:** pomegranate; leaf spot disease; *Chaetomium globosum* Kunze; biological characteristics; fungicides; plant extracts

石榴 (*Punica granatum* Lin.), 是石榴科 (Punicaceae) 石榴属 (*Punica*) 果树<sup>[1]</sup>。截止 2009 年底, 云南省蒙自市石榴种植面积达 8 400 hm<sup>2</sup>, 年产值 3.6 亿元。Guo 等<sup>[2]</sup>报道了球毛壳菌 (*Chaetomium globosum* Kunze) 引起的一种叶斑病, 其发病时间在 6 月至 9 月, 发病初期感病叶面上产生针头大小的斑点, 病斑紫色或红褐色, 逐渐变为暗红色至暗黑色, 直至焦枯; 受害重时, 叶片脱落。了解病原菌的生活习性有助于采用合适的田间管理措施控制环境条件, 从而降低病害发生率<sup>[3]</sup>, 因而有必要进一步研究球毛壳菌的生活习性。

甲基硫菌灵是苯并咪唑类中一种高效、低毒和广谱的内吸性杀菌剂<sup>[4]</sup>; 百菌清是取代苯类中一种高效、广谱的保护性杀菌剂, 广泛用于果树等作物病害的防治<sup>[5]</sup>; 代森锰锌是一种广谱性、多作用位点的保护性杀菌剂, 不易引起病菌的抗性<sup>[6]</sup>。常用化学农药易导致病菌产生抗药性、污染环境、破坏生态平衡<sup>[7]</sup>; 生物源农药具有选择性强、对人畜安全、对环境压力小、不易导致耐药性等优点<sup>[8]</sup>。研究表明, 小桐子、夹竹桃和细辛等红河州常见植物具有多种杀菌活性, 具有开发为植物源杀菌剂的潜力<sup>[9-14]</sup>。因而, 本研究拟探索碳氮源、温度、湿度、pH 值和光照对菌丝生长的影响并筛选杀菌剂, 以期了解红河州石榴叶斑病病原菌发病规律及后续的综合防治。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试菌株

石榴叶斑病球毛壳菌 *Chaetomium globosum* Bd-2 由红河学院云南省高校农作物优质高效栽培与安全控制重点实验室提供。

### 1.2 培养基

PDA 培养基: 马铃薯 200 g、葡萄糖 20 g、琼脂 20 g、蒸馏水 1 000 mL 和 pH 自然。

改良沙氏葡萄糖蛋白胨琼脂培养基: 葡萄糖 20 g、蛋白胨 10 g、琼脂 20 g、蒸馏水 1 000 mL 和 pH 自然<sup>[15]</sup>。

### 1.3 球毛壳菌生长习性

**1.3.1 不同碳源对菌丝生长的影响** 参考郭建伟等<sup>[15]</sup>方法, 以改良沙氏葡萄糖蛋白胨琼脂培养基为基础培养基 (对照), 分别选用 20 g·L<sup>-1</sup> 的木糖、果

糖、甘露醇、麦芽糖、山梨醇、蔗糖和可溶性淀粉置换基础培养基中的葡萄糖, 制备培养基平板。取直径 6 mm 的 *C. globosum* Bd-2 菌饼放在平板中心, 28°C 恒温暗培养, 每个处理 3 个重复, 第 4 天十字交叉法测菌落直径 (下文同, 不再重复)。

**1.3.2 不同氮源对菌丝生长的影响** 分别选用 10 g·L<sup>-1</sup> 的硝酸钠、硝酸铵、硝酸钾、硫酸铵、磷酸铵、牛肉膏、明胶、尿素、甘氨酸、甲硫氨酸和谷氨酸置换基础培养基中的蛋白胨, 制备培养基平板并按上述方法接种、培养和测量菌落直径。

**1.3.3 不同温度对菌丝生长的影响** 将恒温培养箱分别调节到 26、28、30、32、34 和 36°C, 采用上述方法接种到 PDA 培养基、培养和测量菌落直径。

**1.3.4 不同湿度对菌丝生长的影响** 将人工气候培养箱温度设置为 28°C, 相对湿度分别设置为 65%、75%、85% 和 95%, 采用上述方法接种到 PDA 培养基、培养和测量菌落直径。

**1.3.5 不同光照对菌丝生长的影响** 将 *C. globosum* Bd-2 菌饼接种于 PDA 培养基上, 在全光照、12 h 光照 12 h 黑暗交替和全黑暗 3 种光照方式下 28°C 培养并测量菌落直径。

**1.3.6 不同 pH 对菌丝生长的影响** 用 0.1 mol·L<sup>-1</sup>HCl 和 0.1 mol·L<sup>-1</sup> NaOH 调节 PDA 培养基, 分别制备 pH 值为 3.5、4.5、5.5、6.5 和 7.5 的 PDA 培养基, 灭菌后并再次调节 pH 值后制备平板, 采用上述方法 *C. globosum* Bd-2 菌饼、培养和测量菌落直径。

### 1.4 不同药剂对菌丝生长的影响

**1.4.1 不同化学农药对菌丝生长的影响** 取直径 4 mm 的 *C. globosum* Bd-2 菌饼, 放置在含有系列化学农药浓度梯度的 PDA 平板中心; 其中 75% 百菌清浓度依次为 80、100、133.33 和 200 μg·mL<sup>-1</sup>, 80% 代森锰锌浓度 57.14、66.67、80 和 100 μg·mL<sup>-1</sup>, 80% 甲基硫菌灵浓度依次为 13.33、14.81、16.67、19.05、22.22、26.67、33.33、40.00、44.44、50.00、57.14 和 66.67 μg·mL<sup>-1</sup>。(28±0.1) °C 恒温箱中暗培养, 第 6 天用十字交叉法测定菌落直径, 取对照组平均值代表菌落的大小作为 CK 值, 并计算抑菌率。

抑菌效率的计算公式:

$$\text{纯生长量} = \text{菌落平均直径} - \text{菌饼直径} \quad (1)$$

抑菌效率=(对照纯生长量-处理纯生长量)/  
对照纯生长量×100% (2)

**1.4.2 不同植物源农药对菌丝生长的影响** 取直径 4 mm 的 *C. globosum* Bd-2 菌饼, 放置在含有系列植物提取液浓度梯度的 PDA 平板中心; 细辛、小桐子叶和夹竹桃叶提取液浓度 (提取液制备、稀释参照周银丽等<sup>[16]</sup> 方法) 均依次为 0.4、1、2 和 4 mg·mL<sup>-1</sup>。(28±0.1) °C 恒温箱中暗培养, 第 6 天用十字交叉法测定菌落直径, 取对照组平均值代表菌落的大小作为 CK 值, 并计算抑菌率。

## 2 结果与分析

### 2.1 病原菌的生长习性

**2.1.1 不同碳源对菌丝生长的影响** *C. globosum* Bd-2 菌丝在供试的 8 种碳源培养基上均能良好的生长, 表明该菌对碳源的利用能力较强; 在麦芽糖为碳源的培养基上生长速度显著高于其他碳源培养基 ( $P<0.05$ , 如表 1), 在以甘露醇为碳源的培养基上生长最慢, 表明最佳碳源为麦芽糖。

表 1 碳源对球毛壳菌菌丝生长的影响

Table 1 Effect of carbon sources on mycelia growth of *Chaetomium globosum*

碳源 Carbon source	第 4 天菌落直径/mm Colony diameter on the 4 <sup>th</sup> day
对照 CK	40.33±0.88 <sup>abc</sup>
山梨醇 Sorbitol	39.33±1.33 <sup>bc</sup>
蔗糖 Sucrose	42.67±0.88 <sup>ab</sup>
果糖 Fructose	40.67±2.40 <sup>abc</sup>
木糖 Xylose	43.00±1.15 <sup>ab</sup>
甘露醇 Mannitol	38.00±1.15 <sup>c</sup>
麦芽糖 Maltose	44.33±0.33 <sup>a</sup>
可溶性淀粉 Starch	41.33±0.88 <sup>abc</sup>

注: 小写字母表示差异显著 ( $P<0.05$ ); 下同。

Note: Different lowercase letters following the data indicate significant difference at  $P<0.05$ . The same below.

**2.1.2 不同氮源对菌丝生长的影响** *C. globosum* Bd-2 菌丝在 12 种氮源培养基上均能生长, 在以蛋白胨为氮源的基础培养基上生长速度显著高于其他氮源培养基, 表明最佳氮源为蛋白胨; 在谷氨酸、尿素、磷酸铵为氮源的培养基上生长速度显著低于其他氮源培养基 ( $P<0.05$ , 如表 2), 表明上述 3 种氮源不利于 *C. globosum* Bd-2 的生长。

**2.1.3 不同温度对菌丝生长的影响** 在 PDA 培养基上, 在 26~32°C 均能良好的生长, 34°C 时 *C. globosum* Bd-2 的菌落直径显著低于 26~32°C 下的菌落

直径, 在 26~28°C 其菌落直径随着温度上升呈上升趋势, 而 28~34°C 随温度上升呈下降趋势, 在 36°C 时不生长。结果表明该菌的最佳生长温度为 28°C, 其菌落直径达 57.33 mm ( $P<0.05$ ); 最高温度为 36°C, 这与蒙自石榴生长季的田间温度是适应的。

表 2 氮源对球毛壳菌菌丝生长的影响

Table 2 Effect of nitrogen sources on mycelia growth of *Chaetomium globosum*

氮源 Nitrogen source	第 4 天菌落直径/mm Colony diameter on the 4 <sup>th</sup> day
对照 CK	40.33±0.88 <sup>abc</sup>
谷氨酸 Glutamate	1.67±0.88 <sup>d</sup>
甘氨酸 Glycine	34.67±0.88 <sup>b</sup>
硝酸钾 Potassium nitrate	35.00±1.15 <sup>b</sup>
明胶 Gelatin	34.33±0.33 <sup>b</sup>
硝酸钠 Sodium nitrate	34.67±2.03 <sup>b</sup>
甲硫氨酸 Methionine	34.33±1.20 <sup>b</sup>
硝酸铵 Ammonium nitrate	34.33±0.67 <sup>b</sup>
牛肉膏 Beef extract	36.67±0.88 <sup>ab</sup>
硫酸铵 Ammonium sulfate	35.33±0.88 <sup>b</sup>
磷酸铵 Ammonium phosphate	13.00±0.58 <sup>c</sup>
尿素 Urea	14.33±2.40 <sup>c</sup>

表 3 温度对球毛壳菌菌丝生长的影响

Table 3 Effect of temperature on mycelia growth of *Chaetomium globosum*

温度/°C Temperature	第 4 天菌落直径/mm Colony diameter on the 4 <sup>th</sup> day
26	43.33±6.12 <sup>b</sup>
28	57.33±1.76 <sup>a</sup>
30	41.33±0.67 <sup>b</sup>
32	42.00±2.08 <sup>b</sup>
34	25.33±0.88 <sup>c</sup>
36	0.00±0.00 <sup>d</sup>

表 4 湿度对球毛壳菌菌丝生长的影响

Table 4 Effect of humidity on mycelia growth of *Chaetomium globosum*

湿度% Relative humidity	第 4 天菌落直径/mm Colony diameter on the 4 <sup>th</sup> day
95	29.33±1.53 <sup>c</sup>
85	45.33±1.15 <sup>a</sup>
75	34.67±4.16 <sup>b</sup>
65	28.67±0.58 <sup>c</sup>

**2.1.4 不同湿度对菌丝生长的影响** *C. globosum* Bd-2 在 65%~95% 的相对湿度下均能生长, 在 65%~85% 的相对湿度时其菌落直径随相对湿度提高而增大, 超过 85% 的相对湿度后其菌落直径随湿

度提高而减小,表明最佳相对湿度为85%,其菌落直径达45.33 mm,该菌偏好75%~85%的相对湿度。

表5 光照对球毛壳菌菌丝生长的影响

Table 5 Effect of light on mycelia growth of *Chaetomium globosum*

光照 Light	第4天菌落直径/mm Colony diameter on the 4 <sup>th</sup> day
全光照 Completely light	58.67±0.67 <sup>a</sup>
半光照 12 h light/12 h dark	45.67±1.20 <sup>b</sup>
全黑暗 Completely dark	34.33±0.88 <sup>c</sup>

表6 pH对球毛壳菌菌丝生长的影响

Table 6 Effect of pH value on mycelia growth of *Chaetomium globosum*

pH	第4天菌落直径/mm Colony diameter on the 4 <sup>th</sup> day
3.5	0.00±0.00 <sup>d</sup>
4.5	56.33±0.88 <sup>c</sup>
5.5	65.00±2.52 <sup>b</sup>
6.5	74.00±1.00 <sup>a</sup>
7.5	71.33±1.67 <sup>a</sup>

2.1.5 不同光照对菌丝生长的影响 *C. globosum* Bd-2在3种光照条件下的生长速率从大到小依次为全光照、12 h光暗交替、全黑暗,3个处理之间差

异显著 ( $P<0.05$ ),表明光照能促进菌丝生长。

2.1.6 不同pH值对菌丝生长的影响 不同的pH条件对 *C. globosum* Bd-2的菌丝生长影响显著。该菌pH值3.5时不生长,在pH值4.5~7.5均能良好生长,并且其菌落直径随着pH值增加而增大;pH值6.5~7.5时菌丝的生长速度显著高于其他pH值时的菌丝生长速度,但其菌落随pH值增大而减小 ( $P<0.05$ ),表明该菌的最适pH值为6.5,菌落直径达74.00 mm,该菌偏好弱酸性环境。

## 2.2 病原菌防治药剂的筛选

2.2.1 化学农药的室内抑制测定 3种杀菌剂的供试浓度中,75%百菌清、80%甲基硫菌灵抑制率达到100%时的浓度分别为200、13.33  $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ ,而100  $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的80%代森锰锌抑菌率仅有46.5%,显然对 *C. globosum* Bd-2抑制效果最好的为80%甲基硫菌灵。

2.2.2 植物提取液对病原菌的室内抑制测定 细辛、小桐子和夹竹桃等3种植物源农药对 *C. globosum* Bd-2的抑制率均随着浓度的下降而下降,4  $\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 浓度时的抑菌率分别为100%、46.43%和27.52%,显然细辛提取液对 *C. globosum* Bd-2的抑制效果最好。

表7 3种化学农药对球毛壳菌的室内抑制作用

Table 7 Inhibiting effect of 3 chemical compounds on mycelia growth of *Chaetomium globosum*

化学农药 Chemical fungicide	质量浓度/ $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ Mass concentration	第6天菌落直径/mm Colony diameter on the 6 <sup>th</sup> day	抑制率/% Inhibition ratio	
75%百菌清	200	4.00	100.00	
75% chlorothalonil	133.33	58.33	36.83	
	100	63.02	31.72	
	80	64.66	29.47	
	80%甲基硫菌灵	66.67	4.00	100.00
	80% thiophanate-methyl	57.14	4.00	100.00
50		4.00	100.00	
44.44		4.00	100.00	
40.00		4.00	100.00	
33.33		4.00	100.00	
26.67		4.00	100.00	
22.22		4.00	100.00	
19.05		4.00	100.00	
16.67		4.00	100.00	
14.81		4.00	100.00	
13.33	4.00	100.00		
80%代森锰锌	100	50.01	46.5	
80% Mancozeb	80	69.02	24.4	
	66.67	65.10	28.95	
	57.14	68.01	25.57	
	CK	90.00	0.00	

表 8 3 种植物源农药对球毛壳菌的室内抑制作用  
Table 8 Inhibiting effect of 3 plant extracts on mycelia growth of *Chaetomium globosum*

生物源农药 Biological fungicide	质量浓度/mg·mL <sup>-1</sup> Mass concentration	第 6 天菌落直径/mm Colony diameter on the 6 <sup>th</sup> day	抑制率/% Inhibition ratio
细辛提取液 Extract of <i>Asarum sieboldii</i> Miq.	4	4.00	100.00
	2	41.66	56.21
	1	68.01	25.57
	0.4	70.33	22.87
小桐子提取液 Extract of <i>Jatropha curcas</i> L.	4	50.07	46.43
	2	68.33	25.20
	1	71.66	21.33
	0.4	76.13	15.41
夹竹桃提取液 Extract of <i>Nerium indicum</i> Mill.	4	66.33	27.52
	2	71.33	21.71
	1	74.00	18.60
	0.4	82.33	8.92
	CK	90.00	0.00

### 3 讨论与结论

本研究结果表明, 在供试碳氮源中麦芽糖、蛋白胨有利于石榴叶斑病菌球毛壳 Bd-2 菌丝的生长; 26~32℃均适宜于球毛壳 Bd-2 菌丝的生长, 但最适温度为 28℃; 偏好 75%~85%的相对湿度, 最适相对湿度为 85%; 光照促进菌丝生长; pH 值 4.5~7.5 时均适宜于球毛壳 Bd-2 菌丝的生长, 最适 pH 值为 6.5, 表明该菌偏好弱酸性环境。据李桂舫等<sup>[17]</sup>报道, 分离自海洋的球毛壳菌 WHM12 偏爱燕麦片 (OA) 培养基、暗培养和碱性环境 (pH 值 9~10), 最适生长温度为 30℃, 显然本研究结果与前人报道差异较大, 这可能与 2 株菌的来源地气候及生长基质理化性质有关; 与同为分离自蒙自的石榴干腐病菌相比, 后者菌丝生长最佳碳源为可溶性淀粉、最佳氮源为蛋白胨, 适宜生长温度为 20~30℃、最适温度为 28℃, 适宜生长 pH 值为 3~8、最适 pH 值为 7, 在相对湿度 50%~100% 范围内均能生长、最适相对湿度为 60%, 光照促进菌丝生长<sup>[18]</sup>, 显然两者在最佳氮源、最适温度、最适 pH 值和光照偏好性方面是一致或接近的, 这可能与两者的寄主生长地均为蒙自, 具有相似的环境条件相关。此外, 该菌在以尿素、磷酸铵为氮源的培养基上菌丝生长显著低于其他培养基, 因而在果实生长期追施叶面氮肥时应选择尿素、磷酸铵, 无论施底肥还是叶面喷肥应避免使用有利于球毛壳菌生长的硝酸钠、硝酸钾和硝酸铵。费丹等<sup>[19]</sup>研究安徽水稻穗腐病菌时, 测试了碳氮源、温度、湿度和 pH 值对孢子萌发的影响, 郭东起等<sup>[20]</sup>测试了接种方式、接种量和温度等对病

斑扩展的影响, 这对推测病原菌的田间防病规律具有指示意义, 因而有必要进一步开展上述因子对病原菌产孢量、孢子萌发率以及温度、湿度对离体接种条件下病斑发展的影响。

截至目前, 球毛壳菌引起植物病害仅有 4 例报道, 寄主分别为石榴、马铃薯、苕麻和杭白菊<sup>[2,21-23]</sup>, 但其生物学特性及农药防治研究尚未见报道。本研究发现 80%甲基硫菌灵对该菌引起的石榴叶斑病防治效果极佳, 质量浓度为 13.33 μg·mL<sup>-1</sup> 时室内抑制率仍达 100%; 3 种植物提取液中细辛的防治效果最佳, 4 mg·mL<sup>-1</sup> 的细辛提取液对球毛壳菌的室内抑制效果为 100%, 但显然成本较高。尽管本研究未能发现有效防治石榴叶斑病的廉价植物源提取液, 但有效防治药剂 80%甲基硫菌灵以及该菌的生物学特性为石榴叶斑病的防治指明了方向; 即在每年 5 月雨季来临前采用 80%甲基硫菌灵防治球毛壳菌引起的石榴叶斑病, 效果可能更佳。

**致谢:** 该研究得到了红河学院生命科学与技术学院 2009 级余泽云及 2010 级王建虎、李鑫、郭娟、杨仕菊等同学在病原菌保存、活化、培养和数据统计分析等方面的帮助, 在此表示衷心的感谢。

### 参考文献:

- [1] 曹尚银, 侯乐峰. 中国果树志: 石榴卷[M]. 北京: 中国林业出版社, 2013.
- [2] GUO J W, CHENG J S, YANG L F, et al. First report of a leaf spot disease caused by *Chaetomium globosum* on pomegranate from Yunnan, China[J]. Plant Dis, 2016, 100(1): 223.
- [3] 戴蕾, 徐玉龙, 龙月娟, 等. 槭菌刺孢菌丝及分生孢子

- 的生长习性研究[J]. 云南农业大学学报(自然科学版), 2017, 32(1): 27-35.
- [4] 谢云霞, 廖涛, 熊光权, 等.  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  射线辐照降解多菌灵、噻菌灵和甲基托布津的研究[J]. 湖北农业科学, 2014, 53(21): 5234-5237.
- [5] 谷晓明, 魏朝俊, 贾临芳, 等. 百菌清降解菌 BJQ2 的分离、鉴定及影响因素研究[J]. 农业环境科学学报, 2012, 31(2): 306-311.
- [6] 赵建江, 张小风, 王文桥, 等. 氟硅唑与代森锰锌混配对梨黑星病菌的联合毒力及田间防效[J]. 植物保护, 2014, 40(3): 195-198.
- [7] 高汝佳, 尤春梅, 黄沈鑫, 等. 不同生物农药及与化学农药复配对桃流胶病菌的毒力[J]. 农药, 2016, 55(7): 536-538.
- [8] 周斌, 刘君昂, 董文统, 等. 生物与化学农药混配降香黄檀对棕斑澳黄毒蛾的毒力筛选[J]. 西南林业大学学报, 2016, 36(6): 117-123.
- [9] 李育川, 李维莉, 莫丽玲, 等. 小桐子枝叶抑菌活性部位分离及其 GC-MS 分析[J]. 广东农业科学, 2013, 40(18): 91-93.
- [10] 张翠荣, 李明, 李荣玉. 5 种植物粗提物对稻瘟病菌的抑菌活性[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(8): 162-164.
- [11] 于婷婷, 李强, 王茂青, 等. 北细辛挥发油对 5 种镰刀菌的抑菌活性及其成分分析[J]. 天然产物研究与开发, 2015, 27(7): 1225-1231.
- [12] 李少华, 董海龙, 靳然, 等. 细辛活性物质对番茄早疫病病菌作用机理的研究[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2015, 36(3): 17-21.
- [13] 牛贍光, 杜丰玉. 茜草等 25 种中药材对 5 种植物病原真菌的抑制活性[J]. 植物保护, 2015, 41(4): 111-116.
- [14] 马迪, 王桂清. 辽细辛精油对黄瓜灰霉病的室内药效试验[J]. 北方园艺, 2016 (23): 117-123.
- [15] 郭建伟, 杨建, 周春香, 等. 云南采后芒果果腐病的病原鉴定及生物学特性[J]. 西南农业学报, 2015, 28(4): 1655-1659.
- [16] 周银丽, 胡先奇, 王卫疆, 等. 5 种植物提取液对石榴枯萎病菌不同生长期的室内毒力[J]. 江苏农业科学, 2010, 38(5): 177-178.
- [17] 李桂舫, 金静, 陈茎, 等. 4 株海生毛壳菌生物学特性的研究[J]. 菌物研究, 2008, 6(1): 51-53.
- [18] 鲁海菊, 李河, 史淑羲, 等. 云南省石榴干腐病病菌生物学特性及其防治药剂筛选[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(1): 99-102.
- [19] 费丹, 檀根甲, 罗道宏. 安徽省水稻穗腐病病原鉴定及生物学特性研究[J]. 安徽农业大学学报, 2014, 41(5): 777-782.
- [20] 郭东起, 陈荷霞, 宋愉亭, 等. 黑曲霉 TL-10 侵染采后圆脆枣生物学研究[J]. 中国植保导刊, 2015, 35(5): 5-9.
- [21] SETH H K. A monograph of the genus *Chaetomium*[M]. Stuttgart:Nova Hedwigia, 1970: 1-133.
- [22] 张家清, 张大业. 苎麻上的几种病原真菌[J]. 云南农业大学学报, 1988, 3(1): 21-25.
- [23] 马婉琴, 蔡苏, 钱永生, 等. 球毛壳菌引起杭白菊叶枯病的首次报道[J]. 杭州师范大学学报(自然科学版), 2015, 14(4): 390-393.