

香石竹立枯病菌的生物学特性与药剂筛选*

杨子祥¹, 范静华¹, 孔宝华¹, 陈海如^{1**}, 杨泮川²

(1. 云南农业大学 农业生物多样性与病虫害控制教育部重点实验室, 云南 昆明 650201;
2. 云南英茂花卉产业有限公司, 云南 昆明 650000)

摘要: 香石竹立枯病是在香石竹上发生普遍, 危害严重的主要病害。对病原菌立枯丝核菌 (*Rhizoctonia solani* Kühn) 的生物学特性及5种杀菌剂对其的抑制作用进行了研究, 结果表明: 该菌在所供试的培养基上均能生长, 能不同程度地利用多种碳、氮源。其中, 可溶性淀粉和尿素分别为最佳碳源和氮源。病原菌在5~45℃, pH 2.5~9.0条件下均能生长, 适宜生长温度范围是20~30℃, 最适生长温度为30℃, 最适生长pH为5.5; 12h光照12h黑暗有利于该菌营养体生长; 菌丝致死温度为50℃, 10min。生物学特性分析结果表明: 该菌是一类对营养需求不高, 具有较强的适应性的病原菌。室内药效测定结果表明: 灭菌星和广枯灵对该菌菌丝生长的抑制效果较好, 其它杀菌剂对该菌的菌丝生长也具有抑制作用。

关键词: 香石竹; 立枯丝核菌; 生物学特性; 药剂筛选

中图分类号: S 436.8 文献标识码: A 文章编号: 1004-390X (2009) 06-0818-07

Biological Characteristics and Screen of Chemical Fungicide of the Pathogen Causing Basal Stem Blight on *Dianthus caryophyllus*

YANG Zi-xiang¹, FAN Jing-hua¹, KONG Bao-hua¹, CHEN Hai-ru¹, YANG Pan-chuan²

(1. Key Laboratory for Agricultural Biodiversity and Pest Management of

China Education Ministry, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China;

2. Yunnan Yingmao Flower Industry Limited Company, Kunming 650000, China)

Abstract: Basal stem blight is an important disease on carnation. Biological characteristics of *Rhizoctonia solani* Kühn causing carnation basal stem blight were studied and effective fungicides for disease control were screened. The results showed that the pathogen of *R. solani* could grow on all kinds test media. The pathogen could use all kinds of carbon sources and nitrogen sources. The soluble starch was both the optimal carbon and nitrogen source. The fungus could grow at 5~45℃ with the optimum at 30℃ and it could grow at pH 2.5~9.0 with the optimum at pH 5.5. The mycelium grew well at light and dark in return with light for 12 h per day. The lethal temperature of the mycelium was 50℃ for 10 minutes. The biological characteristics of the pathogen showed that *R. solani* causing carnation basal stem blight was strong adaptive in environment. The fungicides for control of *R. solani* in lab were screened and the results showed that Miejunxing and Guangkuling were the most effective inhibitory ability for hypha growth. The other fungicides also showed some inhibitory ability.

Key words: *Dianthus caryophyllus* L.; *Rhizoctonia solani* Kühn; biological characteristics; fungicides

收稿日期: 2009-03-02 修回日期: 2009-04-27

* 基金项目: 云南省科技攻关项目 (2003NG01)。

作者简介: 杨子祥 (1981-), 男, 云南元谋人, 在读硕士, 主要从事植物病理学研究。

E-mail: zixiangyang@126.com

** 通讯作者 Corresponding author: 陈海如, 教授, 长期从事植物病理学研究。E-mail: hairuchen@ynau.edu.cn

香石竹 (*Dianthus caryophyllus* Linn.) 又名康乃馨 (Carnation), 为石竹科石竹属多年生植物。原产于南欧、地中海北岸、法国到希腊一带。现在在世界各地广泛栽培, 被列为世界主要切花之一^[1,2]。昆明是香石竹的适宜栽培地区, 近些年来, 香石竹已经发展成为云南外销花卉的主创品牌和我国主要大宗栽培花卉之一, 在云南花卉产业中具有十分重要的地位。然而病虫害问题造成产量和品质的下降, 严重影响和制约着香石竹的生产及出口创汇。其中, 由立枯丝核菌 (*Rhizoctonia solani* Kühn) 引起的香石竹立枯病为香石竹上发生普遍和危害严重的主要病害, 为土壤传播, 在土壤中可存活多年, 难于防治, 严重影响香石竹的产量和品质, 甚至影响香石竹产业的发展。国内外对香石竹立枯病的病原进行了鉴定和致病性研究^[3-5], 但尚无病原生物学特性的研究报道。研究和认识病原生物学特性和开展室内药剂筛选是预测和防治该病的重要基础。

1 材料与方法

1.1 供试菌株

从昆明切花基地采集香石竹立枯病病株, 按柯赫氏法则对病原菌分离、鉴定和致病性测定, 然后将分离的菌株培养后置于 4 °C 冰柜中保存备用。

1.2 供试培养基和病原菌的生长试验

供试培养基为马铃薯蔗糖琼脂培养基 (马铃薯 200 g, 蔗糖 15 g, 琼脂 18 g, 蒸馏水 1 000 mL)、马铃薯葡萄糖琼脂培养基 (马铃薯 200 g, 葡萄糖 15 g, 琼脂 18 g, 蒸馏水 1 000 mL)、马铃薯胡萝卜琼脂培养基 (马铃薯 100 g, 胡萝卜 100 g, 蔗糖 15 g, 琼脂 18 g, 蒸馏水 1 000 mL)、马铃薯西红柿琼脂培养基 (马铃薯 100 g, 西红柿 100 g, 蔗糖 15 g, 琼脂 18 g, 蒸馏水 1 000 mL)、马铃薯香石竹煎汁琼脂培养基 (马铃薯 100 g, 香石竹植株 100 g, 蔗糖 15 g, 琼脂 18 g, 蒸馏水 1 000 mL)、香石竹煎汁琼脂培养基 (香石竹植株 200 g, 琼脂 18 g, 蒸馏水 1 000 mL) 将保存备用的菌株活化后在马铃薯葡萄糖琼脂培养基 (PDA 培养基) 上培养 2 d, 用直径为 5 mm 的打孔器打取边缘长势一致的菌落接种于上述不同培养基上, 每个处理设 4 个重复, 置于 25 °C 恒温箱中培养, 每天用十字交叉法测量菌落的直径, 并观察记录

菌落的生长情况^[6]。

1.3 碳源和氮源对病原菌菌丝生长的影响

基础培养基为硝酸钾 10.0 g, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 2.5 g, 硫酸氢二钾 5.0 g, 蔗糖 50.0 g, 氯化铁 0.01 g, 琼脂 18.0 g, 蒸馏水 1 000 mL。

供试碳源培养基为葡萄糖、 α -半乳糖、甘露醇、可溶性淀粉、肌醇、麦芽糖, 用量以 30.0 g 葡萄糖含碳量 10.9 g 为标准进行换算。制成培养基后, 接种菌饼, 方法同前。同时设无碳源处理作为对照。每个处理设 4 个重复, 置于 25 °C 恒温箱中培养, 每天用十字交叉法测量菌落的直径, 并观察记录菌落的生长情况。

供试氮源培养基为氯化铵、硝酸钾、尿素、硫酸铵、L-天门冬酰胺、甘氨酸, 用量以 10.0 g 硝酸钾的含氮量 1.4 g 为标准进行换算, 制成培养基后, 接种菌饼, 方法同前。同时设无氮源处理作为对照。每个处理设 4 个重复, 置于 25 °C 恒温箱中培养, 每天用十字交叉法测量菌落的直径, 并观察记录菌落的生长情况^[7]。

1.4 温度对病原菌菌丝生长的影响

供试温度为 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 °C 共 7 个处理。接菌方法同前, 每个处理设 4 个重复。置于不同温度条件下培养, 每天用十字交叉法测量菌落的直径, 并观察记录菌落的生长情况^[6]。

1.5 pH 对病原菌菌丝生长的影响

用浓盐酸或氢氧化钠调节 PDA 培养基的 pH, 灭菌前和灭菌后用精密 pH 试纸测定, 进行两次调整。设 8 个 pH 梯度: 2.5, 3.5, 4.5, 5.5, 6.5, 7.5, 8.5, 9.0, 每个处理设 4 个重复, 接菌方法同前。置于 25 °C 恒温箱中培养, 每天用十字交叉法测量菌落的直径, 并观察记录菌落的生长情况^[7]。

1.6 光照对病原菌菌丝生长的影响

设置 3 个光照处理, 处理 1: 光照 24 h, 处理 2: 12 h 光照 12 h 黑暗, 处理 3: 黑暗 24 h。接菌方法同前, 每个处理设 4 个重复。置于 25 °C 恒温箱中培养, 每天用十字交叉法测量菌落的直径, 并观察记录菌落的生长情况^[6]。

1.7 致死温度的测定

用 10 mL 灭菌水将 PDA 上培养 2 d 的病原菌菌丝配制成菌丝悬浮液, 分别将等量的菌丝悬浮液装入已灭菌的试管, 每管 1 mL, 分别于 35,

40, 45, 50, 55, 60 °C 的恒温水浴锅处理 10 min (处理过程中缓慢摇动试管) 后迅速冷却。然后分别将经不同温度处理的菌丝悬浮液均匀涂于 PDA 培养基上, 置于 25 °C 恒温箱中培养, 每个处理设 4 个重复, 3 d 后观察菌落形成和生长^[6]。

1.8 不同药剂对病原菌抑菌效果的测定

1.8.1 供试药剂

菌克毒克 (2% 宁南霉素水剂, 黑龙江强尔生化技术开发有限公司)、灭菌星 (50% 甲羟翁 AS, 张家口长城农化有限责任公司)、[丙恶甲 (5% SL)、广枯灵 (3% 恶甲水剂)、甲·丙·恶霉灵、贵大科技产业有限责任公司]^[8]。

1.8.2 不同药剂对菌落生长的影响

采用生长速率抑制法测定。将所选农药稀释成系列浓度的母液, 各取 1 mL 药剂与 9 mL PDA 培养基混匀后制成平板, 以不含药剂的培养基 CK

作为对照, 接菌方法同前。置于 25 °C 的恒温箱中培养, 每个处理设 4 个重复。2 d 后, 用直十字交叉法测量菌落直径^[8]。

抑制率 (%) = [(对照生长直径 - 处理生长直径) / 对照生长直径] × 100

2 结果与分析

2.1 不同培养基对病原菌的生长的影响

病原菌可以利用多种天然物质的营养成分, 但是在不同培养基上生长的情况存在差别 (表 1)。菌丝在马铃薯西红柿培养基上生长速度快, 且生长繁茂, 2 d 后菌落平均直径达 7.91 cm, 其次是马铃薯胡萝卜培养基、马铃薯蔗糖培养基, 在马铃薯香石竹煎汁培养基上生长稍差, 菌丝平铺生长且相对稀疏、纤细。在马铃薯葡萄糖培养基上出现大量气生菌丝。

表 1 供试培养基上病原菌的生长情况

Tab. 1 The result of mycelium growth on kinds of test media

培养基 media	菌落直径/cm colony diameter					差异显著性 significance	
	重复 1 repeat 1	重复 2 repeat 2	重复 3 repeat 3	重复 4 repeat 4	平均值 average value	5%	1%
马铃薯蔗糖琼脂培养基 potato sucrose agar media	8.00	7.85	7.95	7.65	7.86	a	ab
马铃薯葡萄糖琼脂培养基 potato dextrose agar media	7.56	7.41	7.42	7.45	7.46	b	ab
香石竹煎汁琼脂培养基 carnation agar media	7.30	7.75	7.20	7.55	7.45	b	ab
马铃薯胡萝卜琼脂培养基 potato carrot agar media	7.50	8.05	7.95	7.94	7.86	a	ab
马铃薯西红柿琼脂培养基 potato tomato agar media	7.95	7.85	7.80	8.05	7.91	a	a
马铃薯香石竹琼脂培养基 potato carnation agar media	7.15	7.20	7.25	7.95	7.39	b	b

注: 经 Duncan 新复极差测验, 表 1 中小写字母表示显著性差异 5%, 大写字母表示极显著性差异 1%, 下同。

Note: By Duncan's New Multiple-Range test, level of significance is 5% for letters in lowercase, and 1% for those in uppercase, the same as below.

2.2 碳源对病原菌菌丝生长的影响

碳源对菌落生长有比较明显的影响, 在 α - 半乳糖、麦芽糖、甘露醇、肌醇、葡萄糖为碳源的培养基上, 菌落平均直径均小于对照。菌丝在可溶性淀粉培养基上生长最好, 菌落平均直径达

8.63 cm 高于对照, 而在葡萄糖为碳源的培养基上生长最慢, 菌落平均直径仅为 5.82 cm。在 α - 半乳糖、葡萄糖培养基上气生菌丝茂密, 在含肌醇培养基中菌丝比较稀疏 (表 2)。

表2 碳源对病原菌菌丝生长的影响

Tab. 2 Effect of carbon sources on the mycelium growth

碳源 carbon sources	菌落直径/cm colony diameter					差异显著性 significance	
	重复1 repeat 1	重复2 repeat 2	重复3 repeat 3	重复4 repeat 4	平均值 average value	5%	1%
缺碳对照 carbon free contrast	8.15	8.30	8.10	8.80	8.34	ab	a
可溶性淀粉 soluble starch	8.85	7.85	8.95	8.85	8.63	a	a
α -半乳糖 α -galactose	8.20	7.68	8.05	8.30	8.06	b	ab
麦芽糖 maltose	7.65	7.33	7.75	7.53	7.57	c	bc
甘露醇 mannitol	7.20	7.03	7.50	7.23	7.24	cd	c
肌醇 inositol	6.85	6.88	7.43	6.90	7.02	d	c
葡萄糖 glucose	6.03	5.43	5.90	5.90	5.82	e	d

2.3 氮源对病原菌菌丝生长的影响

通过病原菌以6种含氮素培养基培养, 结果表明, 该菌可以利用不同氮源, 但是对不同的氮源利用效率有显著差异(表3)。菌丝在尿素为氮源的培养基上生长最快, 菌落直径达6.76 cm,

其次是在硝酸钾培养基上。在供试的无机铵盐中, 在含氯化铵培养基上生长最慢, 菌落直径仅为3.04 cm。试验结果显示尿素为该病原菌最适合的氮源。

表3 氮源对病原菌菌丝生长的影响

Tab. 3 Effect of nitrogen sources on the mycelium growth

氮源 nitrogen source	菌落直径/cm colony diameter					差异显著性 significance	
	重复1 repeat 1	重复2 repeat 2	重复3 repeat 3	重复4 repeat 4	平均值 average value	5%	1%
缺氮对照 nitrogen free contrast	5.95	5.75	5.15	5.25	5.53	b	b
尿素 urea	6.75	6.75	6.55	7.00	6.76	a	a
硝酸钾 potassiumnitrate	4.85	5.60	5.90	5.45	5.45	b	b
l-天门冬酰胺 l-asparagin	5.15	4.65	4.80	4.75	4.84	c	c
硫酸铵 ammonium sulfate	4.40	3.85	3.90	4.20	4.09	d	d
甘氨酸 glycine	3.03	3.60	3.40	3.30	3.33	e	e
氯化铵 ammonium chloride	2.90	2.85	3.45	2.95	3.04	e	e

2.4 温度对病原菌菌丝生长的影响

试验结果表明高温和低温均不利于该菌的生长。最适生长温度为 30 ℃；在 5 ℃时，菌丝的生长速度接近于零。生长的适宜温度范围是 20 ~ 30 ℃，尤其在 25 ~ 30 ℃生长最佳，培养 2 d 时，病菌菌落铺满培养皿平板，当温度低于 15 ℃或高于 30 ℃时菌丝生长缓慢，在 35 ℃时菌落平均直径仅为 1.78 cm（图 1）。

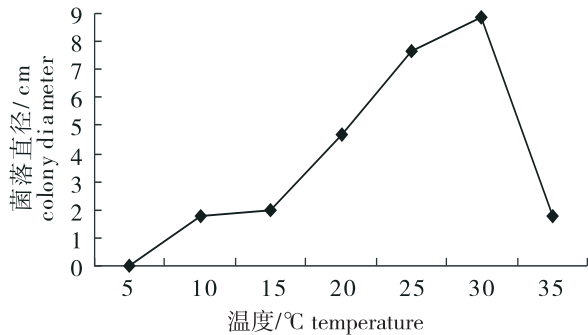


图 1 温度对病原菌菌丝生长的影响
Fig.1 Effects of temperature on the mycelium growth

2.5 pH 对病原菌菌丝生长的影响

菌丝体可在 pH 2.5 ~ 9.0 范围内生长，在 pH 4.5 ~ 7.5 范围，适合该菌生长。菌丝在 pH 5.5 的环境中生长最好，pH 2.5 时菌落平均直径仅为 1.08 cm，随着 pH 的升高生长速度逐渐增大，在 pH 5.5 时菌落平均直径达 7.60 cm，随着 pH 增大菌落的生长速度缓慢减少（图 2）。

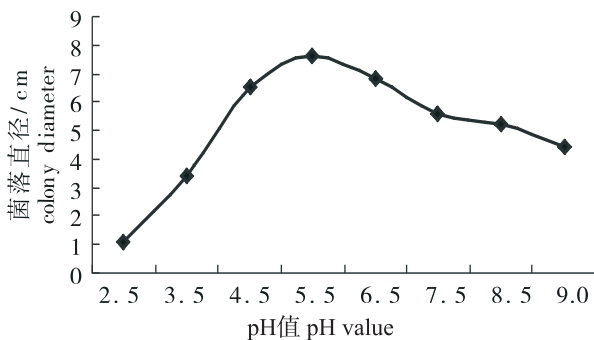
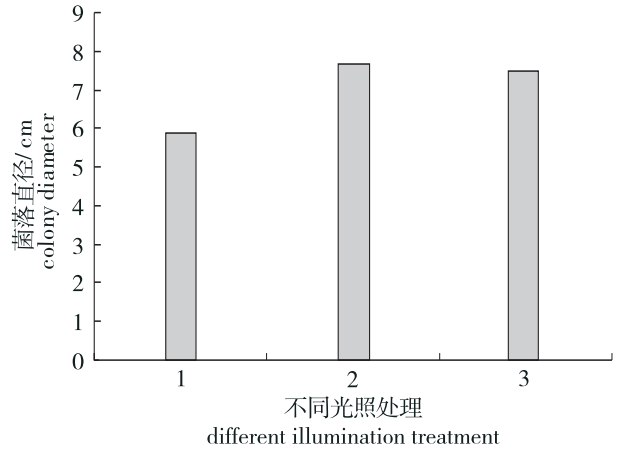


图 2 pH 对病原菌菌丝生长的影响
Fig.2 Effects of pH value on the mycelium growth

2.6 光照对病原菌菌丝生长的影响

菌落在不同的光照条件下均能生长，对其影响主要表现在菌落的生长速度和形态上。在 12 h 光/暗交替条件下菌丝生长速度最快，菌落平均直径达 7.68 cm，全光照条件下菌落生长速度最慢，菌落平均直径为 5.90 cm，全黑暗条件下生长速度介于光暗交替和全光照；交替光照处理的菌落气生菌丝

较多，菌落为清灰色，黑暗和全光照处理菌落的菌丝平铺生长，较为致密，颜色较交替处理深（图 3）。



1: 光照 24 h; 2: 12 h 光照 12 h 黑暗; 3: 黑暗 24 h
1: The light for 24 h; 2: Alternation of light and darkness for 12 h; 3: The darkness for 24 h

图 3 光照对病原菌菌丝生长的影响

Fig.3 Effects of illumination on the mycelium growth

2.7 致死温度

在不同的几个温度处理中，35，40，45 ℃处理 10 min 后菌丝仍能生长，50，55，60 ℃处理 10 min 后都没有菌丝生长，失去了生命能力（表 4）。由此表明该菌致死温度为 50 ℃，10 min。

表 4 致死温度测定

Tab.4 The test of lethal temperature

处理 treatment	测试温度及生长状况 test temperature and growth condition					
	35 ℃	40 ℃	45 ℃	50 ℃	55 ℃	60 ℃
24 h	+	+	+	-	-	-
48 h	+	+	+	-	-	-
72 h	+	+	+	-	-	-

注：“+”表示菌落有生长，“-”表示菌落无生长。
Note: “+” means growth, “-” means non-growth.

2.8 不同药剂对病菌菌丝生长的影响

选用了 5 种药剂的 5 个浓度梯度对菌丝进行毒力测定。从表 5 中可以看出，在浓度为 1 000 μg/mL 情况下灭菌星能较好的抑制病原菌的生长，抑菌率为 86.1%；抑菌效果其次的是浓度为 300 μg/mL 的广枯灵，抑菌率为 73.4%；丙恶甲在浓度为 500 μg/mL 时能起到一定的抑菌效果，抑菌率为 59.6%。甲·丙·恶霉灵对病原菌得抑菌效果最

差, 其浓度 500 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 时抑菌率仅为 34.2%。

表5 不同的药剂对菌丝的抑制作用

Tab. 5 Effect of different fungicides on the mycelium restraining

药剂 fungicides	不同浓度处理 different concentration									
	直径/cm diameter	抑制率 restraining rate	直径/cm diameter	抑制率 restraining rate	直径/cm diameter	抑制率 restraining rate	直径/cm diameter	抑制率 restraining rate	直径/cm diameter	抑制率 restraining rate
	1 000 $\mu\text{g}/\text{mL}$		100 $\mu\text{g}/\text{mL}$		50 $\mu\text{g}/\text{mL}$		10 $\mu\text{g}/\text{mL}$		1 $\mu\text{g}/\text{mL}$	
对照 CK	7.42	0	7.42	0	7.42	0	7.42	0	7.42	0
灭菌星 Miejunxing	1.03	86.1%	1.31	82.4%	1.51	79.7%	2.43	67.3%	2.97	60.0%
	500 $\mu\text{g}/\text{mL}$		50 $\mu\text{g}/\text{mL}$		25 $\mu\text{g}/\text{mL}$		5 $\mu\text{g}/\text{mL}$		0.5 $\mu\text{g}/\text{mL}$	
丙恶甲 Bingejia	2.98	59.6%	3.62	51.2%	4.65	37.3%	5.91	20.4%	6.03	18.7%
甲·丙· 恶霉灵 Jiabinge meiling	4.88	34.2%	6.14	17.3%	6.60	11.6%	6.77	8.7%	7.03	5.2%
	300 $\mu\text{g}/\text{mL}$		30 $\mu\text{g}/\text{mL}$		15 $\mu\text{g}/\text{mL}$		3 $\mu\text{g}/\text{mL}$		0.3 $\mu\text{g}/\text{mL}$	
广枯灵 Guangkuling	1.97	73.4%	3.01	59.5%	5.40	27.2%	5.93	20.1%	6.30	15.1%
菌克毒克 Junkeduke	3.13	57.8%	3.81	48.6%	5.32	28.3%	6.14	17.3%	6.36	14.3%

注: 表5中直径均为4次重复所测菌落的平均直径。

Note: The diameter above is the average diameter of 4 repeats.

根据试验药剂浓度梯度与相对应的菌丝生长抑制率得出毒力回归方程, 如表6。结果表明: 灭菌星的 EC_{50} 值为 0.178 5 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 对立枯丝核

菌的抑制效果最好。而甲·丙·恶霉灵的 EC_{50} 值最大, 为 3 619.909 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 说明其毒力最弱, 对该病菌的抑制作用不强。

表6 不同药剂的毒力回归方程及 EC_{50} Tab. 6 Toxicity regression and EC_{50} of different fungicides

药剂名称 fungicides name	回归方程 regression equation	R^2	$\text{EC}_{50}/(\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1})$
灭菌星 Miejunxing	$y=0.3107x + 5.2325$	0.9521	0.1785
广枯灵 Guangkuling	$y=0.6904x + 3.9254$	0.8668	36.9188
丙恶甲 Bingejia	$y=0.4461x + 4.0915$	0.9065	108.7574
菌克毒克 Junkeduke	$y=0.5021x + 3.9957$	0.8947	100.0942
甲·丙·恶霉灵 Jiabingemeiling	$y=0.5001x + 3.2202$	0.9763	3 619.909

3 结论与讨论

Rhizoctonia solani Kühn 引起的香石竹立枯病是个难于防治的土传病害, 其生物学特性研究结果表明, 该菌对营养需求较广。在所供试的各种

培养基上均能生长。碳、氮源营养试验中无论是单糖形式的葡萄糖还是多糖形式的可溶性淀粉, 尿素中的有机氮还是氯化铵中的无机氮, 均能被病原菌利用。病原菌对温度以及 pH 适应范围较广。在 5~45 $^{\circ}\text{C}$, pH 2.5~9.0 条件下均可生长,

但生长速度存在显著差异。病菌最适生长温度 30 ℃，最适 pH 为 5.5，致死温度为 50 ℃，10 min，在温度过高和过低环境下对病原菌生长不利。病原菌适宜在弱酸性、中性和弱碱性条件下均能生长，对栽培土壤适应性广，这些病原菌的生物学特性试验结果表明，病原菌对环境的适应能力较强，该病为土传积年流行病害，病原菌可以在各种 pH 土壤中存活，温度适应范围广泛，能利用土壤中各种碳和氮源营养，这些特性可能是该菌广泛存在于各个香石竹栽培区，难于防治的因素之一。

香石竹枯萎病和香石竹立枯病是两种主要的香石竹土传病害，症状和传播方式相似，常常混合发生，比较引起的香石竹立枯病的 *Rhizoctonia solani* Kühn 与王辉等报到的引起香石竹枯萎病的 *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi* 的生物学特性^[9]，发现，两种病原菌都有共同的对营养需要不高，温度和 pH 适应范围广，最适合温度范围均在 25 ℃。这些相似的生物学特性导致这两种病原菌常常在香石竹上发生复合感染。但是，它们之间也存在一些细微的差别，如香石竹立枯病最合适 pH 为 5.5，而香石竹枯萎病最合适 pH 为 6.0。另外，立枯病的病原在光暗交替时适合生长，而枯萎病的致病病原在全光照时适合生长。这些生物学特性的差别将导致病原菌适应环境存在的差别。

香石竹立枯病为土壤习居菌，适应范围广泛，在土壤中能存活多年，难于防治，生产上使用的许多药剂使用已经产生抗药性，因此，有必要筛选有效的防治药剂和正确的施用方法，掌握有利的时机，进行病害的控制，才能达到有效的防治效果。本研究通过对 5 种药剂室内筛选分析，发现这几种药剂都表现出一定的抑制作用，但不同药剂之间有明显差异。其中灭菌星对立枯丝核菌的菌丝生长表现出较强的抑制作用，其次为广枯

灵。试验毒力测定的结果也表明，灭菌星在低浓度（50 μg/mL）的时候就有较好的抑菌作用，对于香石竹立枯病应该有较好防效。在防治上应该注重抗病品种的选育和使用，土壤消毒、轮作也是防治该病的重要措施。本试验的室内药剂筛选结果为田间药剂防治提供了理论依据。在用于大田防治过程中，还有待于进一步田间试验。

[参考文献]

- [1] 赵兰枝, 蒋学杰, 孙丽, 等. 新乡地区香石竹病害调查与病原鉴定 [J]. 山东林业科技, 2005, (1): 33-34.
- [2] 喻盛甫, 王英祥, 贺颖华, 等. 香石竹的三种病害 [J]. 云南农业大学学报: 自然科学版, 2002, 17(4): 400-401.
- [3] TRUJILLO E E, SHIMABUKU R, CAVIN C A, et al. *Rhizoctonia solani* anastomosis groupings in carnation fields and their pathogenicity to carnation [J]. Plant Disease, 1988, 72 (10): 863-865.
- [4] LO C T, TU C C, TSAI W H. Anastomosis groups and pathogenicity of *Rhizoctonia* spp. from carnation [J]. Plant Protection Bulletin (Taiwan), 1990, 32 (2): 158-161.
- [5] 李艳琼, 杨根华, 孔宝华, 等. 云南香石竹立枯病病原的鉴定及致病性研究 [J]. 植物病理学报, 2008, 38 (2): 199-202.
- [6] 纪 瑛, 肖崇刚. 红花酢浆草叶斑病原菌生物学特性研究 [J]. 植物保护, 2006, 32 (5): 65-68.
- [7] 王建光, 孔宝华, 陈海如, 等. 狗牙根平脐蠕孢菌生物学特性及药剂筛选 [J]. 云南农业大学学报: 自然科学版, 2007, 22 (2): 202-207.
- [8] 王辉, 范静华, 陈海如, 等. 香石竹枯萎病菌室内药剂筛选 [J]. 云南农业大学学报: 自然科学版, 2007, 22 (1): 57-60.
- [9] 王辉, 孔宝华, 李凡, 等. 香石竹枯萎病菌的生物学特性研究 [J]. 植物保护, 2007, 33 (1): 68-71.