

王磊, 支欢欢, 马永强, 等. 樱桃叶斑病菌生物学特性及室内药剂筛选 [J]. 福建农业学报, 2022, 37 (4): 503–513.

WANG L, ZHI H H, MA Y Q, et al. Biological Characteristics and Fungicides of Cherry Leaf Spot Disease Pathogen [J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2022, 37 (4): 503–513.

樱桃叶斑病菌生物学特性及室内药剂筛选

王 磊¹, 支欢欢¹, 马永强¹, 姚 强¹, 陈红雨¹, 张 纲², 郭青云^{1*}

(1. 青海大学农林科学院植物保护研究所/青海省农业有害生物综合治理重点实验室/农业农村部西宁作物有害生物科学观测试验站, 青海 西宁 810016; 2. 青海省海东市乐都区农业技术推广中心, 青海 海东 810600)

摘 要:【目的】明确青海省樱桃叶斑病菌杨柳炭疽菌 *Colletotrichum salicis* 的生物学特性, 并筛选出高效的杀菌剂。【方法】采用十字交叉法及孢子计数法研究了病原菌的生物学特性, 并用生长速率法测定病原菌对 26 种杀菌剂的敏感性。【结果】该病原菌的最适培养基为 PDA; 菌落生长和产孢的最适碳源分别为肌醇和葡萄糖, 菌落生长和产孢的最适氮源分别为牛肉膏和蛋白胨。该菌在 5~40 ℃ 条件下均能生长, 且最适温度为 25 ℃, 致死条件为 58 ℃ 水浴处理 10 min; 在 pH 值为 4~12 内均可生长和产孢, 最适 pH 值为 7; 在 12 h/12 h 光暗交替下, 菌落生长快且产孢多。供试杀菌剂中化学与生物杀菌剂抑菌效果最好的分别是 10% 苯醚甲环唑 WG 和 0.3% 丁子香酚 SL, 其 EC_{50} 值分别为 0.6、1.15 $mg \cdot L^{-1}$; 20% 乙蒜素 EC、80% 代森锰锌 WP 和 500 $g \cdot L^{-1}$ 异菌脲 SC 的抑菌效果较差, EC_{50} 值高达 301.44、679.36、1012.52 $mg \cdot L^{-1}$ 。【结论】明确了樱桃叶斑病原菌生长和产孢的最适培养条件和营养物质, 并筛选出抑菌效果较好的杀菌剂。

关键词: 樱桃叶斑病; 杨柳炭疽菌; 生物学特性; 高效药剂; 毒力测定

中图分类号: S 436

文献标志码: A

文章编号: 1008-0384 (2022) 04-0503-11

Biological Characteristics and Fungicides of Cherry Leaf Spot Disease Pathogen

WANG Lei¹, ZHI Huanhuan¹, MA Yongqiang¹, YAO Qiang¹, CHEN Hongyu¹, ZHANG Gang², GUO Qingyun^{1*}

(1. Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Qinghai University/Key Laboratory of Agriculture Pest Management, Institute of Plant Protection, Scientific Observation and experiment Station of Crop Pest in Xining, Ministry of Agriculture, Xining, Qinghai 810016, China; 2. Agricultural Technology Extension Center, Haidong, Qinghai 810600, China)

Abstract: 【Objective】Biological characteristics of *Colletotrichum salicis*, the pathogen that causes the leaf spot disease on cherry plants in Qinghai Province, were studied and effective fungicides evaluated for the control. 【Methods】*C. salicis* were examined by the cross and spore counting methods. Its sensitivity to 26 fungicides was determined in the laboratory according to the growth inhibition on culture media. 【Results】PDA medium was found to be optimal for the *C. salicis* mycelial growth and sporulation. Inositol and glucose were the optimal carbon sources for sporulation, while beef extract the nitrogen for colony growth and peptone for spore production. The pathogen could grow between 5 ℃ and 40 ℃ but most rapidly at 25 ℃ and died at 58 ℃ in 10 min; between pH 4 and 12 but optimally at pH 7; and well under a photoperiod cycle of 12 h light/12 h dark. Among the tested antifungal agents, 10% phentermine methiconazole aqueous dispersion or 0.3% eugenol dissolvable solution had the greatest inhibition with EC_{50} of 0.6 $mg \cdot L^{-1}$ and 1.151 $mg \cdot L^{-1}$, respectively, whereas 20% allicin oil emulsion, 80% manganese zinc wettable powder, and 500 $g \cdot L^{-1}$ isobaric urea suspension the least efficacies with EC_{50} up to 301.44 $mg \cdot L^{-1}$, 679.36 $mg \cdot L^{-1}$, and 1 012.52 $mg \cdot L^{-1}$, respectively. 【Conclusion】The conditions and nutrients for optimal *C. salicis* culture were determined and the effective fungicides were identified.

Key words: Cherry leaf spot; *Colletotrichum salicis*; biological characteristics; highly effective fungicides; virulence assay

收稿日期: 2021-12-23 初稿; 2022-02-03 修改稿

作者简介: 王磊 (1994-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 植物病理 (E-mail: 982074710@qq.com)

* 通信作者: 郭青云 (1965-), 女, 硕士, 研究员, 研究方向: 植物保护 (E-mail: guoqingyunqh@163.com)

基金项目: 农业农村部“948”项目 (2015-Z71); 青海省农业有害生物综合治理重点实验室项目 (2021-ZJ-Y08)

0 引言

【研究意义】樱桃 (*Cerasus pseudocerasus*) 是蔷薇科 (Rosaceae) 樱属 (*Cerasus*) 落叶果树, 是我国北方果实成熟较早的树种, 素有“春果第一枝”的美誉^[1]。樱桃果实口感酸甜, 富含多种维生素和矿物质成分, 能提高人体免疫力、抗衰老能力, 极具医疗保健价值, 故又被称为“水果中的宝石”^[2]。此外, 樱桃的根、果、核、枝、叶等皆可入药, 能对多种疾病起到预防和治疗的作用, 对人类的身体健康大有增益^[3]。樱桃果实经济价值高, 市场前景广, 因此在我国各省市的种植面积逐年递增, 主要集中在陕西、辽宁、山东、四川、江苏、甘肃等地区^[4]。近年来, 随着青海省樱桃产业规模的逐步扩大, 降雨量增多, 在樱桃上发生的病害种类和危害程度呈明显上升趋势, 常发病害有褐腐病、流胶病、炭疽病和褐斑病等^[5-8], 成为阻碍樱桃产业发展的主要因素之一。本课题组在青海省海东市乐都区洪水镇进行樱桃病害调查时发现叶斑病, 其病害症状主要表现为叶片上产生水渍状、近圆形的褐色斑点, 斑点周围有紫红色晕圈, 严重时病斑相互连接成不规则状, 叶片失绿黄化, 影响光合作用, 导致叶片过早脱落, 严重阻碍樱桃来年树势的生长。据调查, 该病害最早发病时期为 6 月上旬, 发病初期形成水渍状斑点, 由于 7 月中旬至 8 月下旬降雨增多, 果园湿度增大, 病害迅速爆发, 部分植株的叶片发病严重, 发病率高达 100%。【前人研究进展】本课题组前期将樱桃叶斑病原菌鉴定为链格孢 (*Alternaria alternata*)、细极链格孢 (*A. tenuissima*) 和杨柳炭疽菌 (*Colletotrichum salicis*)^[9]。杨柳炭疽菌属于炭疽菌属真菌的一种, 目前, 国内外关于杨柳炭疽菌生物学特性以及高效防治药剂的筛选等相关研究鲜有报道, 而对炭疽菌属真菌引起的病害防治主要依赖于化学药剂。如刘一贤等^[10]研究 10 种杀菌剂对辣木果腐病原菌兰生炭疽菌 (*Colletotrichum chlorophyti*) 的防效, 结果表明咪鲜胺和啞菌酯的防效最好; 李文等^[11]对百日草炭疽病原菌防治药剂筛选结果表明氟啶胺和咪鲜胺的抑菌活性最强; 张琳等^[12]研究表明多菌灵、抑霉唑和甲基硫菌灵对南瓜炭疽病菌 (*Colletotrichum brevisporum*) 具有良好的防治效果。【本研究的切入点】杨柳炭疽菌是引起樱桃叶斑病的新病原菌, 主要危害树势生长, 严重影响樱桃产量, 该病原菌生物学特性及室内毒力测定有待深入研究。【拟解决的关键问题】本研究旨在明确杨柳炭疽菌的生物学特性, 筛选出防治效果最佳的

杀菌剂, 以期对青海省樱桃叶斑病的防治奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 供试菌株

自然发病的樱桃叶斑病样本采自青海省海东市乐都区洪水镇樱桃园, 供试菌株为经樱桃叶斑病样品分离纯化并经本实验室准确鉴定命名并保存的杨柳炭疽菌 (*C. salicis*)。

1.2 供试培养基

参照邵慧慧等^[13]、张秀伟等^[14]和吴松等^[15]选用 PDA (马铃薯葡萄糖琼脂培养基)、MS 培养基、OA (燕麦片琼脂培养基)、SA (淀粉琼脂培养基)、CPA (葡萄糖蛋白胨琼脂培养基)、RB (孟加拉红培养基)、MA (麦芽糖琼脂培养基)、YEA (酵母浸膏琼脂培养基) 以及 Czapek (查氏培养基) 共 9 种供试培养基对杨柳炭疽菌 (*C. salicis*) 进行培养, 以筛选最适该病原菌的培养基。

1.3 供试药剂

本试验供试杀菌剂均为市售农药, 具体信息见表 1。

1.4 病原菌生物学特性研究

将分离的菌株 *C. salicis* 转接于 PDA 上进行纯化, 形成供试菌落备用。在不同培养条件下接种供试菌落培养 7 d 后, 采用十字交叉法测菌落直径^[16]; 培养 10 d 后, 从不同处理间培养皿的相同位置打取 10 个直径为 5 mm 的菌饼, 将菌饼加入 10 mL 无菌水中并充分混合制成孢子悬浮液, 再用血球计数板测定产孢量^[17]。

1.4.1 培养基对樱桃杨柳炭疽菌的菌落生长和产孢的影响 用灭菌的打孔器 (5 mm) 在供试菌落边缘打取菌饼, 接至上述 9 种供试培养基的平板中央, 每个平板放一块菌饼, 各处理重复 3 次。

1.4.2 碳氮源对樱桃杨柳炭疽菌的菌落生长和产孢的影响 以 PDA 为基础培养基, 将供试菌落的菌饼分别接至以葡萄糖、山梨醇、乳糖、甘油、蔗糖、果糖、肌醇、麦芽糖和可溶性淀粉作为不同碳源培养基的平板上^[18], 以硝酸钾、硝酸铵、牛肉膏、硫酸铵、酵母膏、蛋白胨、尿素和谷氨酸钠为不同氮源培养基的平板上^[19], 不外加碳、氮源的 PDA 作为对照, 各处理重复 3 次。

1.4.3 温度对樱桃杨柳炭疽菌的菌落生长和产孢的影响 将供试菌落的菌饼转接至 PDA 平板中央, 分别置于 5、10、15、20、25、30、35 和 40 °C^[20] 处理下培养, 各处理重复 3 次。

表 1 参试药剂及其稀释倍数
Table 1 Dilutions of tested fungicides

药剂 Fungicides	生产厂家 Manufacturers	稀释倍数 Diluted multiples
80%代森锰锌可湿性粉剂 80% mancozeb WP	印度科门德国际有限公司	400、800、1200、1600、2000
250 g·L ⁻¹ 丙环唑乳油 250 g·L ⁻¹ propiconazole EC	先正达（苏州）作物保护有限公司	300、600、900、1200、1500
15%三唑酮可湿性粉剂 15% triadimefon WP	江苏剑牌农化股份有限公司	400、800、1200、1600、2000
250 g·L ⁻¹ 啉菌酯悬浮剂 250 g·L ⁻¹ azoxystrobin SC	先正达南通作物保护有限公司	500、1000、2000、3000、4000
46%氢氧化铜水分散粒剂 46%copper hydroxide WG	美国杜邦中国集团有限公司	1000、2000、3000、4000、5000
300 g·L ⁻¹ 苯甲·丙环唑乳油 300 g·L ⁻¹ benzoyl propiconazole EC	瑞士先正达作物保护有限公司	200、400、800、1600、3200
80%多菌灵可湿性粉剂 80% carbendazim WP	浙江一帆化工有限公司	400、800、1200、1600、2000
70%甲基硫菌灵可湿性粉剂 70% thiophanate-methyl WP	陕西亿农高科药业有限公司	1000、2000、3000、4000、5000
40%腈菌唑悬浮剂 40% myclobutanil SC	江西禾益化工股份有限公司	500、1000、2000、3000、4000
50%啉酰菌胺水分散粒剂 50% boscalid WG	巴斯夫欧洲公司	500、1000、2000、3000、4000
325 g·L ⁻¹ 苯甲·啉菌酯悬浮剂 325 g·L ⁻¹ benzoyl azoxystrobin SC	先正达南通作物保护有限公司	500、1000、2000、4000、8000
60%唑醚·代森联水分散粒剂 60% zolyt ether combination WG	巴斯夫欧洲公司	300、600、1200、2400、4800
10%苯醚甲环唑水分散粒剂 10% dioxoconazole WG	先正达南通作物保护有限公司	500、1000、2000、3000、4000
430 g·L ⁻¹ 戊唑醇悬浮剂 430 g·L ⁻¹ tebuconazole SC	澳大利亚拜耳股份公司	400、800、1600、3200、6400
75%肟菌·戊唑醇水分散粒剂 75% oxime-tebuconazole WG	山东京博农化科技有限公司	300、600、1200、2400、4800
75%百菌清可湿性粉剂 75% chlorothalonil WP	陕西亿农高科药业有限公司	300、600、1200、2400、4800
30%吡唑醚菌酯悬浮剂 30% pyraclostrobin SC	河南勇冠乔迪农业科技有限公司	1000、2000、3000、4000、5000
80%丙森锌可湿性粉剂 80% propineb WP	江苏利民化学有限责任公司	500、1000、2000、3000、4000
500 g·L ⁻¹ 异菌脲悬浮剂 500 g·L ⁻¹ iprodione SC	江苏辉丰物业股份有限公司	300、600、1200、2400、4800
25 g·L ⁻¹ 咯菌腈悬浮种衣剂 25 g·L ⁻¹ fludioxonil FS	先正达南通作物保护有限公司	100、200、300、400、500
20%乙蒜素乳油 20% ethylicin EC	南阳新卧龙生物化工有限公司	200、400、800、1600、3200
8%宁南霉素水剂 8% ningnanmycin WA	哈尔滨德强生物股份有限公司	100、200、400、800、1600
6%春雷霉素水剂 6% kasugamycin WA	北京三浦百草绿色植物制剂有限公司	100、200、400、800、1600
6%寡糖·链蛋白可湿性粉剂 6% oligose catenin WP	河北中保绿农作物科技有限公司	100、200、400、800、1600
0.3%丁子香酚可溶液剂 0.3% eugenol SL	保定市亚达益农农业科技有限公司	100、200、300、400、500
3%中生菌素可湿性粉剂 3% zhongshengmycin WP	河北中保绿农作物科技有限公司	400、800、1200、1600、2000

1.4.4 pH 值对樱桃杨柳炭疽菌的菌落生长和产孢的影响 用 0.1% NaOH 溶液（*m/m*）和 0.1% HCl 溶液（*V/V*）将 PDA 培养基的 pH 值分别调节成 4、5、6、7、8、9、10、11、12^[21]，将菌饼移入不同 pH 的 PDA 培养基中央，重复 3 次。

1.4.5 光照周期对樱桃杨柳炭疽菌的菌落生长和产孢的影响 无菌条件下，将供试菌落边缘的菌饼转接于 PDA 平板中央，分别置于 24 h 持续黑暗、12 h 光

照和 12 h 黑暗交替、24 h 持续光照条件下培养^[22]，各处理重复 3 次。

1.4.6 病原菌菌丝的致死温度 将菌饼（5 mm）挑入装有 2 mL 无菌水的灭菌离心管中，置于 35~70 ℃（梯度 5 ℃）的恒温水浴锅中水浴 10 min（先预热 1 min）后取出冷却至室温^[23]。将处理过的菌块置于 PDA 培养基平板中央，重复 3 次，以 28 ℃为对照（CK），连续 7 d 观察其生长状况，确定致死

温度范围。在该范围内设置 1 ℃ 温度梯度重复以上试验，确定致死温度。

1.5 病原菌室内药剂筛选

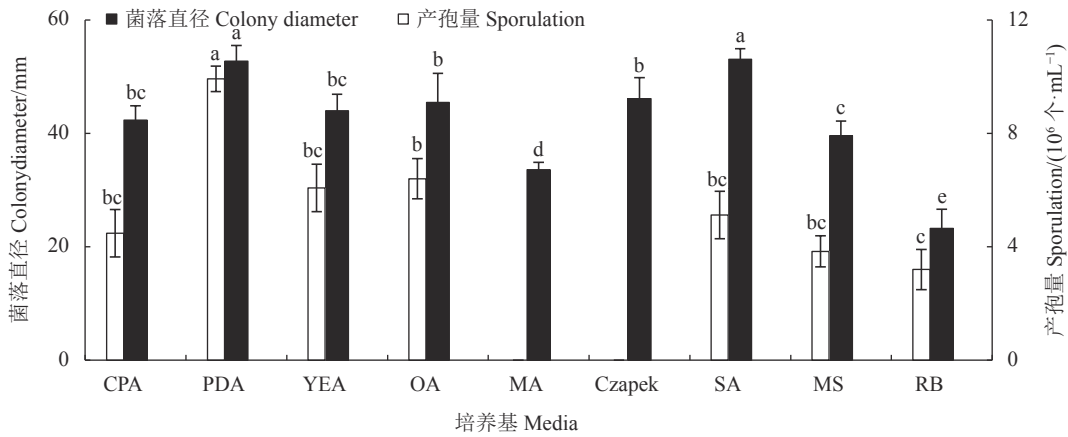
采用生长速率法，比较杨柳炭疽菌 (*C. salicis*) 对上述 26 种杀菌剂的敏感性，参照李润根^[24]、陈宏州^[25]等的方法配制成含药培养基 (表 1)。在供试菌落边缘打取 5 mm 菌饼，转接至 PDA 平板中央，以不含药剂的 PDA 为对照，重复 5 次。在相同条件下培养 7 d 后，测菌落直径，计算菌丝生长抑制率并将其换算成抑制几率值，运用最小二乘法直接建立“浓度对数-几率值”线性方程。采用 Excel 2010 和 SPSS 26.0 等软件计算各杀菌剂的抑制中浓度 (EC_{50})。

2 结果与分析

2.1 病原菌的生物学特性

2.1.1 培养基对杨柳炭疽菌的菌落生长和产孢的影响

在不同培养基上，*C. salicis* 的生长和产孢差异显著 (图 1)。在 SA 和 PDA 上菌丝生长速度快，菌落直径显著高于其他处理；而在 Czapek、OA、YEA 和 CPA 上菌丝生长较快，菌落直径略低于 SA 和 PDA；在 MA、MS 以及 RB 上菌丝生长较慢，菌落直径显著低于其他处理，且 RB 不利于菌落生长，菌落直径最小。病原菌产孢最多的培养基为 PDA，产孢较少的培养基为 OA、YEA、SA、CPA、MS 和 RB 上，不产孢的培养基为 MA 和 Czapek。



注：不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)，下同。

Note: Different lowercase letters represent significant difference at $P < 0.05$, the same as below.

图 1 不同培养基对杨柳炭疽菌的菌落生长和产孢的影响

Fig. 1 Effects of culture media on mycelial growth and sporulation of *C. salicis*

2.1.2 碳氮源对杨柳炭疽菌的菌落生长和产孢的影响

C. salicis 对供试碳源的利用存在较大的差异 (图 2)。以肌醇的培养基上菌丝生长最好，菌落直

径显著大于对照；在含有山梨醇、葡萄糖、淀粉、麦芽糖和果糖的培养基上菌丝生长较快；而以乳糖、蔗糖、甘油为碳源的培养基上，菌落直径与对

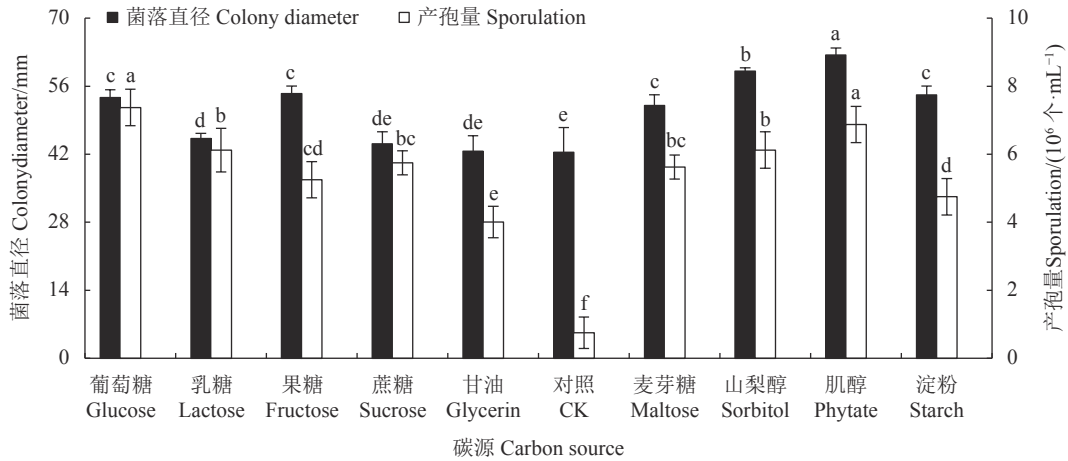


图 2 不同碳源对杨柳炭疽菌的菌落生长和产孢的影响

Fig. 2 Effects of carbon sources on mycelial growth and sporulation of *C. salicis*

照差异不显著。该菌在不同碳源的培养基上均能产孢，且与对照相比差异显著。以葡萄糖和肌醇的培养基上产孢最多，在含有山梨醇、麦芽糖、乳糖和蔗糖的培养基上产孢次之，而以甘油和淀粉为碳源的产孢较少。

C. Salicis 对供试氮源的利用也存在较大差异（图 3）。牛肉膏是适合菌丝生长的最佳氮源，其次为硝酸钾和谷氨酸钠，菌落直径均显著高于对照；

在含有尿素、硝酸铵、蛋白胨和酵母膏的培养基上生长较慢，菌落直径与对照差异不显著；而以硫酸铵为氮源不利于菌丝生长。病原菌在含有蛋白胨的培养基上产孢最多，与硝酸铵、硝酸钾、牛肉膏和谷氨酸钠相比未达到显著水平，但均显著高于对照的产孢量；在以硫酸铵和尿素为氮源的培养基上的产孢量与对照差异不显著；而在含有酵母膏的培养基上，产孢受到抑制。

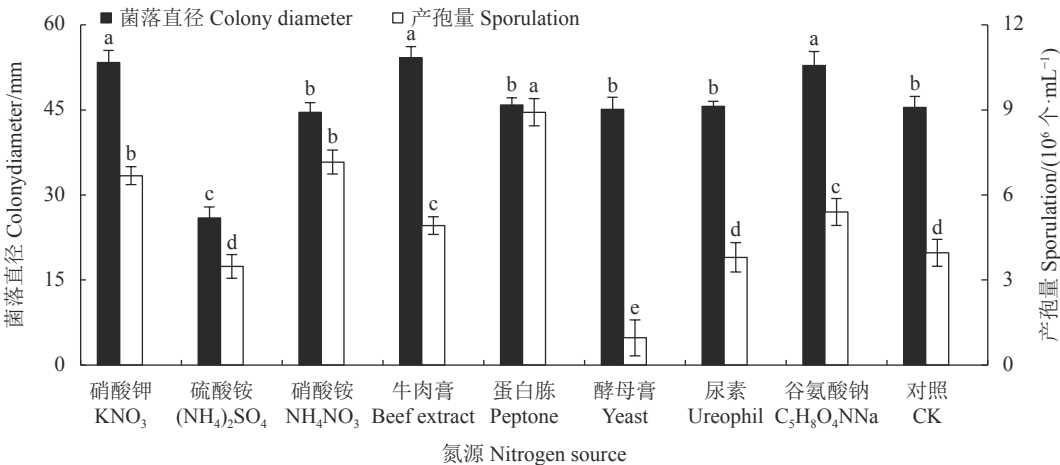


图 3 不同碳源对杨柳炭疽菌的菌落生长和产孢的影响
Fig. 3 Effects of nitrogen source on mycelial growth and sporulation of *C. salicis*

2.1.3 不同温度对杨柳炭疽菌的菌落生长和产孢的影响 如图 4 所示，温度对 *C. salicis* 的菌落生长和产孢量均有显著影响，在 20~35 ℃ 时菌丝生长良好，其中菌丝生长最快的是 25 ℃，菌落直径最大，且显著高于其他处理；15 ℃ 和 40 ℃ 时菌落生长较慢，

而在 5 ℃ 和 10 ℃ 时菌落几乎不生长。病原菌在 20~30 ℃ 下产孢较多，其中在 25 ℃ 下产孢最多，且显著高于其他处理；在 10、15、35 和 40 ℃ 下产孢较少，其中 40 ℃ 下产孢最少；而在 5 ℃ 时不产孢。

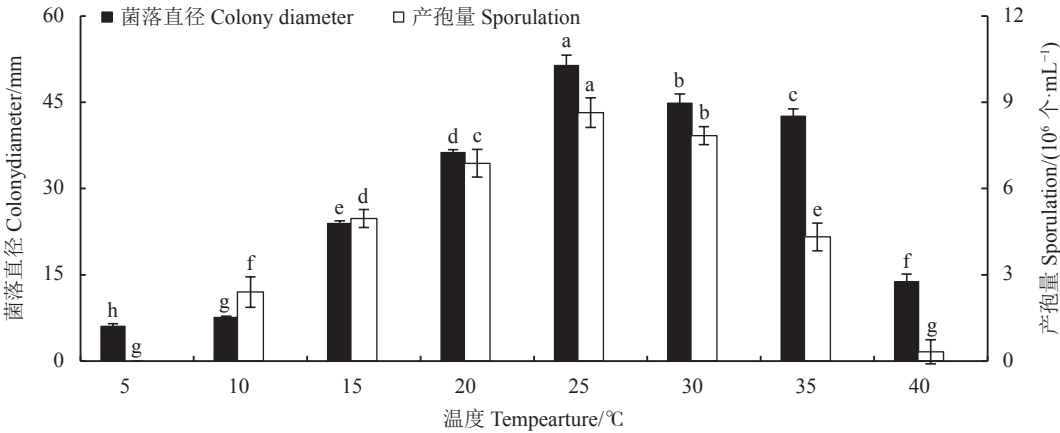


图 4 不同温度对杨柳炭疽菌的菌落生长和产孢的影响
Fig. 4 Effects of temperature on mycelial growth and sporulation of *C. salicis*

2.1.4 不同 pH 值对杨柳炭疽菌的菌落生长和产孢的影响 在不同 pH 的培养基上，*C. salicis* 的菌丝生长和产孢量如图 5 所示。该菌株在 pH 值为 4~12 范围

内均可以生长和产孢，pH 值为 6~9 时菌株的生长状况和产孢较好，其中 pH 值为 7 时生长状况和产孢最佳；在 pH 值为 4~5 和 10~12 时菌株的生长状况和

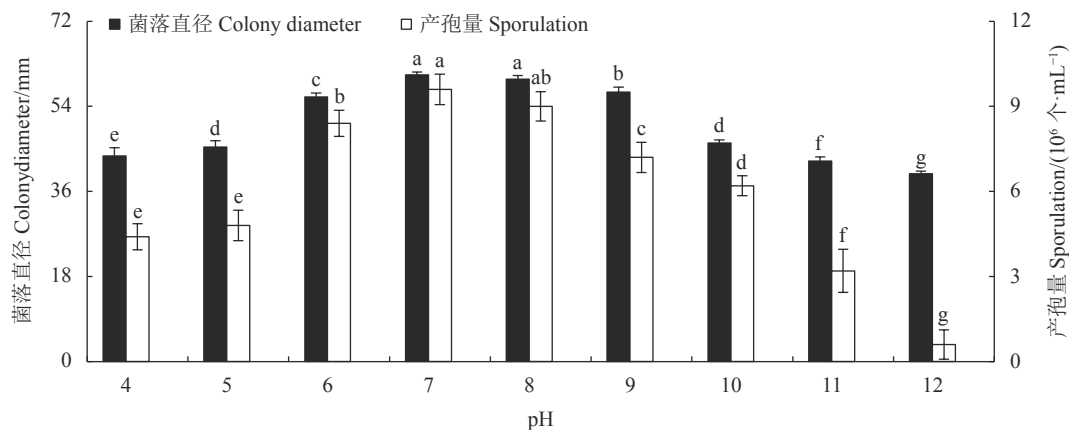
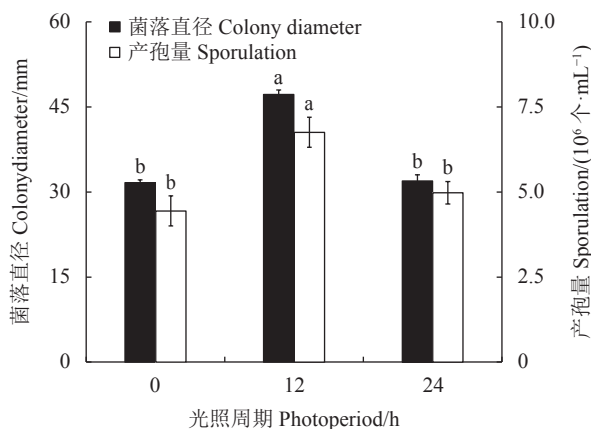


图 5 不同 pH 对杨柳炭疽菌的菌落生长和产孢的影响

Fig. 5 Effects of pH on mycelial growth and sporulation of *C. salicis*

产孢较差。

2.1.5 不同光照周期对杨柳炭疽菌的菌落生长和产孢的影响 *C. salicis* 在不同光周期培养下的菌落直径和产孢量具有较大差异 (图 6)。12 h/12 h (光/暗) 交替培养有利于病原菌的生长和产孢, 且显著高于其他两种光周期; 在 24 h 持续光照或黑暗条件下菌丝生长较慢, 产孢量较少, 且两者差异不明显。



注: 0 h, 全黑暗; 12 h, 12 h 光照+12 h 黑暗; 24 h, 全光照。

Note: 0 h, 24 h in the dark; 12 h, 12 h light+12 h dark; 24 h, all day under light exposure

图 6 不同光照周期对杨柳炭疽菌的菌落生长和产孢的影响

Fig. 6 Effects of photoperiod on mycelial growth and sporulation of *C. salicis*

2.1.6 病原菌的菌丝致死温度测定 *C. salicis* 在 35~55 ℃ 范围内水浴 10 min, 菌丝能够生长且产生菌落, 但在 60 ℃ 及以上条件下菌丝不生长, 因此在 55~60 ℃ 间将温度梯度缩小为 1 ℃ 进行重复试验, 结果在 58 ℃ 水浴 10 min 后菌丝不能正常生长, 说明该菌的致死温度为 58 ℃ 水浴 10 min。

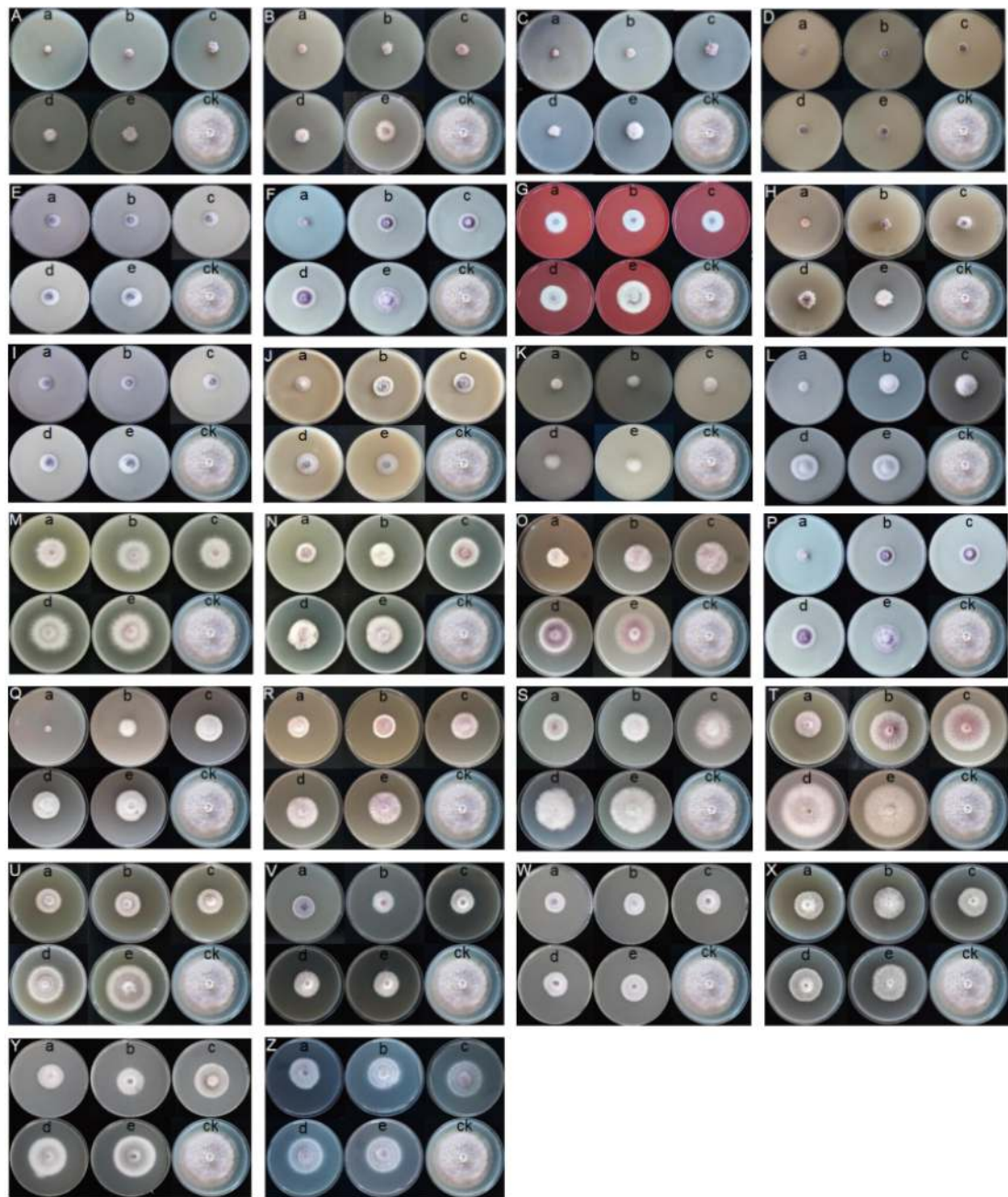
2.2 室内药剂筛选

室内毒力测定结果表明, 26 种药剂对 *C. salicis* 的生长状况均具有一定的抑制作用, 随着药剂浓度

的增加抑制作用增强, 且不同药剂之间的抑制效果差异较大 (图 7)。由表 2 结果可知, 在前 20 种化学杀菌剂中, 抑制效果最好的是 10% 苯醚甲环唑 WG, EC_{50} 为 0.60 mg·L⁻¹; 其次是 325 g·L⁻¹ 苯甲·嘧菌酯 SC、430 g·L⁻¹ 戊唑醇 SC、60% 唑醚·代森联 WG 和 75% 肟菌·戊唑醇 WG, EC_{50} 分别为 3.652、4.418、6.347 和 8.69 mg·L⁻¹; 46% 氢氧化铜 WG、25 g·L⁻¹ 咯菌腈 FS、30% 吡唑醚菌酯 SC、250 g·L⁻¹ 嘧菌酯 SC、40% 腈菌唑 SC、50% 啉酰菌胺 WG 和 75% 百菌清 WP, EC_{50} 分别是 22.615、30.451、30.846、44.844、48.978、55.106 和 73.097 mg·L⁻¹, 70% 甲基硫菌灵 WP、15% 三唑酮 WP、250 g·L⁻¹ 丙环唑 EC、80% 多菌灵 WP、80% 丙森锌 WP 和 300 g·L⁻¹ 苯甲·丙环唑 EC, EC_{50} 分别为 102.96、105.487、173.021、175.55、177.664 和 206.871 mg·L⁻¹; 抑菌效果较差的为 80% 代森锰锌 WP 和 500 g·L⁻¹ 异菌脲 SC, 其 EC_{50} 高达 679.36 和 1 012.521 mg·L⁻¹。在后 6 种生物杀菌剂中, 0.3% 丁子香酚 SL 的抑制效果最好, EC_{50} 为 1.151 mg·L⁻¹; 其次是 3% 中生菌素 WP 和 8% 宁南霉素 WA, 其 EC_{50} 分别是 16.236 和 90.615 mg·L⁻¹; 再次是 6% 春雷霉素 WA 和 6% 寡糖·链蛋白 WP, EC_{50} 分别是 157.389 和 187.284 mg·L⁻¹; 而抑菌效果较差的为 20% 乙蒜素 EC, 其 EC_{50} 高达 301.439 mg·L⁻¹。

3 讨论与结论

炭疽菌属真菌是重要的植物病原菌之一, 能侵染多种植物不同部位, 可引起世界范围内的多种病害 [26-27], 如小长春花叶斑病 [28]、拟南芥炭疽病 [29]、草莓炭疽病 [30]、柳树炭疽病 [31] 和三色堇叶斑病 [32] 等, 严重影响全球农业生产规模的发展。叶斑病是青海樱桃生产中常见的高发性真菌病害之一, 严重影响樱桃的产量和品质, 造成较大经济损失。



注：A, 10% 苯醚甲环唑水分散粒剂；B, 325 g·L⁻¹ 苯甲·嘧菌酯悬浮剂；C, 430 g·L⁻¹ 戊唑醇悬浮剂；D, 60% 唑醚·代森联水分散粒剂；E, 75% 肟菌·戊唑醇水分散粒剂；F, 46% 氢氧化铜水分散粒剂；G, 25 g·L⁻¹ 咯菌腈悬浮种衣剂；H, 30% 吡唑醚菌酯悬浮剂；I, 250 g·L⁻¹ 嘧菌酯悬浮剂；J, 40% 腈菌唑悬浮剂；K, 50% 啉酰菌胺水分散粒剂；L, 75% 百菌清可湿性粉剂；M, 70% 甲基硫菌灵可湿性粉剂；N, 15% 三唑酮可湿性粉剂；O, 250 g·L⁻¹ 丙环唑乳油；P, 80% 丙森锌可湿性粉剂；Q, 80% 多菌灵可湿性粉剂；R, 300 g·L⁻¹ 苯甲·丙环唑乳油；S, 80% 代森锰锌可湿性粉剂；T, 500 g·L⁻¹ 异菌脲悬浮剂；U, 0.3% 丁香酚可溶液剂；V, 3% 中生菌素可湿性粉剂；W, 8% 宁南霉素水剂；X, 6% 春雷霉素水剂；Y, 6% 寡糖·链蛋白可湿性粉剂；Z, 20% 乙蒜素乳油；CK, 空白 PDA 培养基。

Note: A, 10% dioxoconazole WG; B, 325 g·L⁻¹ benzoyl azoxystrobin SC; C, 430 g·L⁻¹ tebuconazole SC; D, 60% zolyt ether combination WG; E, 75% oxime-tebuconazole WG; F, 46% copper hydroxide WG; G, 25 g·L⁻¹ fludioxonil FS; H, 30% pyraclostrobin SC; I, 250 g·L⁻¹ azoxystrobin SC; J, 40% myclobutanil SC; K, 50% boscalid WG; L, 75% chlorothalonil WP; M, 70% thiophanate-methyl WP; N, 15% triadimefon WP; O, 250 g·L⁻¹ propiconazole EC; P, 80% propineb WP; Q, 80% carbendazim WP; R, 300 g·L⁻¹ benzoyl propiconazole EC; S, 80% mancozeb WP; T, 500 g·L⁻¹ iprodione SC; U, 0.3% eugenol SL; V, 3% zhongshengmycin WP; W, 8% ningnanmycin WA; X, 6% kasugamycin WA; Y, 6% oligose catenin WP; Z, 20% ethylcin EC; CK, Blank PDA medium.

图 7 杀菌剂对杨柳炭疽菌的菌丝生长的抑制效果
Fig. 7 Inhibitory effect of fungicides on *C. salicis*

本课题组通过对杨柳炭疽菌生物学特性的研究，发现不同培养条件均能影响杨柳炭疽菌的生长

和产孢。试验表明，菌株在供试培养基上均能正常生长，在除 MA 和 Czapek 外的培养基上均可产孢，

表 2 26 种杀菌剂对病原菌的毒力测定
Table 2 Toxicity of 26 individual fungicides on *C. salicis*

供试药剂 Fungicides	毒力回归方程 Regression equation	相关系数 Correlation coefficient	抑制中浓度 EC_{50} / (mg·L ⁻¹)
80%代森锰锌可湿性粉剂 80% mancozeb WP	$y=2.22x-1.287\ 2$	0.949 7	679.360
250 g·L ⁻¹ 丙环唑乳油 250 g·L ⁻¹ propiconazole EC	$y=1.104\ 9x+2.527\ 1$	0.968 8	173.021
15%三唑酮可湿性粉剂 15% triadimefon WP	$y=1.012\ 6x+2.951\ 2$	0.992 9	105.487
250 g·L ⁻¹ 啉菌酯悬浮剂 250 g·L ⁻¹ azoxystrobin SC	$y=0.698\ 7x+3.860\ 8$	0.997 7	44.844
46%氢氧化铜水分散粒剂 46%copper hydroxide WG	$y=0.504\ 3x+4.316\ 9$	0.975 6	22.615
300 g·L ⁻¹ 苯甲·丙环唑乳油 300 g·L ⁻¹ benzoyl propiconazole EC	$y=0.389\ 8x+4.097\ 4$	0.995 2	206.871
80%多菌灵可湿性粉剂 80% carbendazim WP	$y=0.657\ 6x+3.524\ 2$	0.945 1	175.55
70%甲基硫菌灵可湿性粉剂 70% thiophanate-methyl WP	$y=0.841\ 5x+3.306\ 2$	0.985 2	102.96
40%腈菌唑悬浮剂 40% myclobutanil SC	$y=0.578\ 7x+4.022$	0.979 6	48.978
50%啉酰胺水分散粒剂 50% boscalid WG	$y=0.576\ 8x+3.995\ 6$	0.988 6	55.106
325 g·L ⁻¹ 苯甲·啉菌酯悬浮剂 325 g·L ⁻¹ benzoyl azoxystrobin SC	$y=0.701x+4.605\ 7$	0.994 7	3.652
60%唑醚·代森联水分散粒剂 60% zoly ether combination WG	$y=0.692\ 8x+4.444$	0.998 3	6.347
10%苯醚甲环唑水分散粒剂 10% dioxoconazole WG	$y=0.621\ 8x+5.138$	0.991 1	0.600
430 g·L ⁻¹ 戊唑醇悬浮剂 430 g·L ⁻¹ tebuconazole SC	$y=0.691\ 3x+4.554$	0.990 0	4.418
75%肟菌·戊唑醇水分散粒剂 75% oxime-tebuconazole WG	$y=0.691\ 4x+4.350\ 6$	0.988 2	8.690
75%百菌清可湿性粉剂 75% chlorothalonil WP	$y=0.711\ 3x+3.674\ 3$	0.958 2	73.097
30%吡唑醚菌酯悬浮剂 30% pyraclostrobin SC	$y=0.862\ 4x+3.715\ 6$	0.973 1	30.846
80%丙森锌可湿性粉剂 0% propineb WP	$y=1.195\ 9x+2.309\ 7$	0.996 6	177.664
500 g·L ⁻¹ 异菌脲悬浮剂 500 g·L ⁻¹ iprodione SC	$y=0.657\ 5x+3.024$	0.978 6	1012.512
25 g·L ⁻¹ 咯菌腈悬浮种衣剂 25 g·L ⁻¹ fludioxonil FS	$y=0.782\ 7x+3.838\ 8$	0.935 6	30.451
20%乙蒜素乳油 20% ethylcin EC	$y=0.548\ 5x+3.640\ 2$	0.916 8	301.439
8%宁南霉素水剂 8% ningnanmycin WA	$y=0.319\ 1x+4.375\ 5$	0.980 8	90.615
6%春雷霉素水剂 6% kasugamycin WA	$y=0.704\ 3x+3.452\ 6$	0.998 2	157.389
6%寡糖·链蛋白可湿性粉剂 6% oligose catenin WP	$y=0.615\ 9x+3.600\ 4$	0.969 9	187.284
0.3%丁香酚可溶液剂 0.3% eugenol SL	$y=0.413\ 7x+4.974\ 7$	0.949 2	1.151
3%中生菌素可湿性粉剂 3% zhongshengmycin WP	$y=0.468\ 3x+4.432\ 8$	0.963 1	16.236

且在 PDA 和 SA 上的菌丝生长较快，在 PDA 和 OA 上的产孢最多。在不同碳、氮源培养条件下，菌落生长和产孢的最适碳源分别为肌醇和葡萄糖；最适氮源分别为牛肉膏和蛋白胨。此病原菌对温度的适应范围较广，在 5~40 ℃ 内均能生长，其中最适温度为 25 ℃，但在温度为 5 ℃ 时，菌落几乎不生长，这与孙洁等^[33] 和杨佳文等^[34] 的研究结果相似。病原菌对培养基酸碱度有较强的适应能力，在 pH 为 4~12 范围内均可以生长和产孢，最适 pH 值为 7，但过酸过碱均不利于菌丝生长和产孢，这与刘一贤等^[10] 对兰生炭疽菌菌丝生长的生物学特性研究结果一

致。该菌在 3 种光周期下均可正常生长与产孢，但最佳培养条件为光暗交替（12 h/12 h），说明该菌对光照的要求不高，这与秦健等^[35] 的研究结果相同。病原菌的致死温度为 58 ℃，水浴处理 10 min。

本研究通过对樱桃叶斑病杨柳炭疽菌的室内药剂筛选试验，发现 26 种药剂对 *C. salicis* 的生长状况均具有一定的抑制作用，随着药剂浓度的增加抑制作用增强。试验表明，在供试杀菌剂中，10% 苯醚甲环唑的抑制效果最好， EC_{50} 为 0.6 mg·L⁻¹，说明三唑类杀菌剂对 *C. salicis* 的抑制效果较强，这与冯思琪^[36] 对水稻胡麻叶斑病菌（*Bipolaris oryzae*）药剂筛

选的研究结果相同；0.3% 丁子香酚作为一种绿色环保型植物源杀菌剂对杨柳炭疽菌引起的樱桃叶斑病的防治效果明显， EC_{50} 为 $1.151 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。此外， $325 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 苯甲·嘧菌酯、 $430 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 戊唑醇、60% 唑醚·代森联和 75% 肟菌·戊唑醇的原药对樱桃叶斑病菌毒力较强， EC_{50} 分别为 3.652、4.418、6.347 和 $8.69 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ，均小于 $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ；这与姜苏月等^[37]研究同属的羽扇豆炭疽菌 (*Colletotrichum lupini*) 对杀菌剂敏感性中唑醚代森联敏感性较高和邓洁等^[38]研究同属的钩藤博宁炭疽菌 (*Colletotrichum boninense*) 对杀菌剂的毒力测定中肟菌·戊唑醇具有较强的防效的结果基本相同。但本试验使用的药剂中 80% 代森锰锌、20% 乙蒜素和 $500 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 异菌脲防治效果不佳，这与孟珂等^[39]研究同属的薄壳山核桃炭疽菌 (*Colletotrichum* spp.) 对代森锰锌的敏感性较差的结果一致。

本研究对青海省樱桃叶斑病菌 (*C. salicis*) 的生物学特性进行分析并选用 26 种杀菌剂对其进行室内毒力测定，该试验结果可为青海樱桃叶斑病的综合防治提供参考。但由于药剂试验是在室内进行，田间防治效果还需进一步验证。

参考文献：

- [1] 孙杨, 付全娟, 孙玉刚, 等. 樱桃褐斑病原菌生物学特性及品种抗性评价 [J]. 植物保护, 2017, 43 (4): 110–114.
SUN Y, FU Q J, SUN Y G, et al. Identification of cherry cultivar resistance to leaf spot and biological characteristics of *Passalora circumscissa* [J]. Plant Protection, 2017, 43 (4): 110–114. (in Chinese)
- [2] MCCUNE L M, KUBOTA C, STENDELL-HOLLIS N R, et al. Cherries and health: A review [J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2011, 51 (1): 1–12.
- [3] 王琴, 王建友, 韩宏伟, 等. 南疆地区甜樱桃品种果实品质测定与评价 [J]. 食品工业科技, 2019, 40 (8): 215–220.
WANG Q, WANG J Y, HAN H W, et al. Determination and evaluation of fruit quality of sweet cherry cultivars in southern Xinjiang [J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40 (8): 215–220. (in Chinese)
- [4] 黄贞光, 刘聪利, 李明, 等. 近20年国内外甜樱桃产业发展动态及对未来的预测 [J]. 果树学报, 2014 (S1): 1–6.
HUANG Z G, LIU C L, LI M, et al. The development situation of sweet cherry industry in China and abroad during recent two decades and prognostication for the future [J]. Journal of Fruit Science, 2014 (S1): 1–6. (in Chinese)
- [5] 张艳婷, 仇智灵, 李阿根, 等. 浙江省樱桃褐腐病原菌种类及其对常见药剂的抗性检测 [J]. 果树学报, 2020, 37 (9): 1394–1403.
ZHANG Y T, QIU Z L, LI A G, et al. Species of pathogens causing cherry brown rot and their resistance to common fungicides in Zhejiang Province [J]. Journal of Fruit Science, 2020, 37 (9): 1394–1403. (in Chinese)
- [6] 徐丽, 王甲威, 陈新, 等. 甜樱桃流胶病原菌的分子鉴定和致病性检测 [J]. 植物病理学报, 2015, 45 (4): 350–355.
XU L, WANG J W, CHEN X, et al. Identification and pathogenicity detection of the cherry gummosis pathogen [J]. Acta Phytopathologica Sinica, 2015, 45 (4): 350–355. (in Chinese)
- [7] 王娟, 邓朋, 李中学, 等. 5种樱桃果病害的发生规律与防治 [J]. 现代园艺, 2018 (19): 159–160.
WANG J, DENG P, LI Z X, et al. Occurrence regularity and control of five cherry fruit diseases [J]. Xiandai Horticulture, 2018 (19): 159–160. (in Chinese)
- [8] LOPEZ-CARBONELL M, MORET A, NADAL M. Changes in cell ultrastructure and zeatin riboside concentrations in Hedera helix, Pelargonium zonale, Prunus avium, and Rubus ulmifolius leaves infected by fungi [J]. Plant Disease, 1998, 82 (8): 914–918.
- [9] 刘俏. 青海省樱桃叶斑病原菌种类鉴定及防治药剂室内筛选研究[D]. 西宁: 青海大学, 2020.
LIU Q. Identification of the pathogens causing sweet cherry leaf spot in Qinghai province and screening fungicides in laboratory [D]. Xining: Qinghai University, 2020. (in Chinese)
- [10] 刘一贤, 蔡志英, 施玉萍, 等. 辣木果腐病原菌兰生炭疽菌 (*Colletotrichum chlorophyti*) 生物学特性及其防治药剂室内毒力测定 [J]. 江苏农业科学, 2019, 47 (20): 133–137.
LIU Y X, CAI Z Y, SHI Y P, et al. Biological characteristics of *Colletotrichum chlorophyti*, a pathogen of moringa oleifera fruit rot disease, and laboratory virulence determination of its control agents [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2019, 47 (20): 133–137. (in Chinese)
- [11] 李文, 何月秋, 王佳莹, 等. 百日草炭疽病原菌的分离鉴定及防治药剂筛选 [J]. 农药学报, 2021, 23 (2): 341–347.
LI W, HE Y Q, WANG J Y, et al. Isolation and identification of pathogen causing anthracnose on *Zinnia elegans* Jacq. and fungicides screening [J]. Chinese Journal of Pesticide Science, 2021, 23 (2): 341–347. (in Chinese)
- [12] 张琳, 占浩鑫, 冯志伟, 等. 人参炭疽菌 *Colletotrichum panacicola* 和线列炭疽菌 *C. lineola* 的生物学特性及其对不同杀菌剂的敏感性研究 [J/OL]. 植物病理学报: 1–14[2021-10-22]. Doi: 10.13926/j.cnki.apps.000769.
ZHANG L, ZHAN H X, FENG Z W, et al. Biological characteristics and fungicide sensitivity of *Colletotrichum panacicola* and *C. lineola* causing anthracnose on ginseng [J/OL]. Acta Phytopathologica Sinica: 1–14. [2021-10-22]. Doi: 10.13926/j.cnki.apps.000769 (in Chinese).
- [13] 邵慧慧, 张西梅, 刘紫祺, 等. 引起西洋参锈腐病的 *Ilyonectria* 属 4 种病原菌的生物学特性及其对不同杀菌剂的敏感性 [J/OL]. 植物病理学报: 1–11[2021-09-16]. Doi: 10.13926/j.cnki.apps.000746.
SHAO H H, ZHANG X M, LIU Z Q, et al. Biological characteristics and fungicide sensitivity of four *Ilyonectria* species causing root rot on American ginseng [J/OL]. Acta Phytopathologica Sinica: 1–11. [2021-09-16]. Doi: 10.13926/j.cnki.apps.000746 (in Chinese).
- [14] 张秀伟, 蔡甫格, 潘中涛, 等. 金刺梨黑斑病原菌生物学特性及室内药剂毒力测定 [J]. 江苏农业科学, 2018, 46 (18): 98–100.

- ZHANG X W, CAI F G, PAN Z T, et al. Biological characteristics of the pathogenic bacteria of *rosa roxburghii* black spot disease and determination of indoor toxicity [J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2018, 46 (18): 98–100. (in Chinese)
- [15] 吴松, 陈全助, 张晓阳, 等. 樟树溃疡病原菌生物学特性及室内毒力测定 [J]. *森林与环境学报*, 2021, 41 (3): 308–317.
- WU S, CHEN Q Z, ZHANG X Y, et al. Studies on biological characteristics of a Camphor tree canker pathogen (*Neofusicoccum Parvum*) and fungicide laboratory toxicity [J]. *Journal of Forest and Environment*, 2021, 41 (3): 308–317. (in Chinese)
- [16] 郭宁, 胡清玉, 刘粤阳, 等. 玉米叶斑病菌麦根腐平脐蠕孢的生物学特性及其对杀菌剂的敏感性 [J]. *华北农学报*, 2019, 34 (S1): 289–295.
- GUO N, HU Q Y, LIU Y Y, et al. Biological characteristics and sensitivity to fungicides of *Bipolaris sorokiniana* causing maize leaf spot [J]. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 2019, 34 (S1): 289–295. (in Chinese)
- [17] 范文忠, 王振, 顾园园, 等. 水蜡叶斑病病原菌鉴定及对药剂的敏感性 [J]. *农药*, 2020, 59 (1): 60–64.
- FAN W Z, WANG Z, GU Y Y, et al. Pathogen identification of *Ligustrum obtusifolium* leaf spot and fungicides susceptibility [J]. *Agrochemicals*, 2020, 59 (1): 60–64. (in Chinese)
- [18] 孔琼, 袁盛勇, 郭建伟, 等. 野蚕豆根根腐病原菌、生物学特性及其有效杀菌剂研究 [J]. *西南农业学报*, 2020 (7): 1480–1485.
- KONG Q, YUAN S Y, GUO J W, et al. Identification, biological characteristics and fungicides screening of pathogen on root-rot disease in *Centranthera grandiflora* [J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2020 (7): 1480–1485. (in Chinese)
- [19] 孙宇, 白庆荣. 吉林省水稻鞘枯病病原菌生物学特性及药剂敏感性 [J]. *农药*, 2018, 57 (10): 757–761, 767.
- SUN Y, BAI Q R. Pathogen identification and biological characteristics of rice sheath blight caused by *Nigrospora oryzae* in Jilin Province and susceptibility to fungicides [J]. *Agrochemicals*, 2018, 57 (10): 757–761, 767. (in Chinese)
- [20] 田华, 朱艳梅, 董瑜, 等. 烟草麻抱根腐病原菌生理学特性及药剂毒力测定 [J]. *植物保护学报*, 2017, 44 (3): 488–494.
- TIAN H, ZHU Y M, DONG Y, et al. Physiological characteristics of *Gelasinopora reticulata* and toxicity test of 11 fungicides [J]. *Journal of Plant Protection*, 2017, 44 (3): 488–494. (in Chinese)
- [21] 魏蜜, 朱洁倩, 张伟, 等. 玛咖根腐病原菌的生物学特性及防治药剂室内筛选 [J]. *云南农业大学学报(自然科学版)*, 2017, 32 (5): 787–792.
- WEI M, ZHU J Q, ZHANG W, et al. Biological characteristics of pathogen causing maca root rot disease and its fungicides laboratory screening [J]. *Journal of Yunnan Agricultural University(Natural Science Edition)*, 2017, 32 (5): 787–792. (in Chinese)
- [22] 常佳迎, 田兰芝, 刘树森, 等. 新月弯孢变种的生物学特性及其对药剂的敏感性 [J]. *植物保护学报*, 2020, 47 (5): 1038–1047.
- CHANG J Y, TIAN L Z, LIU S S, et al. Biological characteristics of fungal pathogen *Curvularia lunata* varieties and its sensitivity to fungicides [J]. *Journal of Plant Protection*, 2020, 47 (5): 1038–1047. (in Chinese)
- [23] 王春伟, 王燕, 张曦倩, 等. 越橘镰孢果腐病原菌的生物学特性测定及防治药剂初步筛选 [J]. *园艺学报*, 2017, 44 (8): 1589–1598.
- WANG C W, WANG Y, ZHANG X Q, et al. Determination of biological characteristics and preliminary screening of control fungicides of *Fusarium acuminatum* causing *Fusarium* fruit rot on blueberry [J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2017, 44 (8): 1589–1598. (in Chinese)
- [24] 李润根, 卢其能, 何咪, 等. 百合新病原菌假短孢弯孢生物学特性及其对杀菌剂的敏感性 [J]. *植物保护*, 2020, 46 (6): 41–46.
- LI R G, LU Q N, HE M, et al. The biological characteristics of *Curvularia pseudobrachyspora*, a new causal agent of lily leaf spot, and its sensitivity to fungicides [J]. *Plant Protection*, 2020, 46 (6): 41–46. (in Chinese)
- [25] 陈宏州, 杨敬辉, 肖婷, 等. 12种杀菌剂对葡萄灰霉病菌的毒力测定 [J]. *江苏农业科学*, 2015, 43 (1): 124–126, 127.
- CHEN H Z, YANG J H, XIAO T, et al. Determination of virulence of 12 fungicides against *Botrytis cinerea* [J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2015, 43 (1): 124–126, 127. (in Chinese)
- [26] 刘丽萍, 高洁, 李玉. 植物炭疽菌属 *Colletotrichum* 真菌研究进展 [J]. *菌物研究*, 2020, 18 (4): 266–281.
- LIU L P, GAO J, LI Y. Advances in knowledge of the fungi referred to the genus *Colletotrichum* [J]. *Journal of Fungal Research*, 2020, 18 (4): 266–281. (in Chinese)
- [27] 向梅梅, 张云霞, 刘霄. 炭疽菌属真菌分类的研究进展 [J]. *仲恺农业工程学院学报*, 2017, 30 (1): 59–66.
- XIANG M M, ZHANG Y X, LIU X. Research progress on the taxonomy of *Colletotrichum* [J]. *Journal of ZhongKai University of Agriculture and Technology*, 2017, 30 (1): 59–66. (in Chinese)
- [28] KOELSCH M C, COLE J C, VONBROEMSEN S L. First report of leaf spots and stem lesions on common periwinkle caused by *Colletotrichum gloeosporioides* [J]. *Plant Disease*, 1995, 79 (1): 83.
- [29] GAUTAM A K, AVASTHI S, BHADAURIA R. First report of anthracnose caused by *Colletotrichum gloeosporioides* on *Boehavia diffusa* in India [J]. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 2012, 45 (20): 2502–2506.
- [30] BI Y, GUO W, ZHANG G J, et al. First report of *Colletotrichum boninense* causing anthracnose of strawberry in China (Article) [J]. *Plant Disease*, 2017, 101 (1): 250–251.
- [31] OKORSKI A, PSZCZOLKOWSKA A, SULIMA P, et al. First report of willow anthracnose caused by *Colletotrichum salicis* in Poland (Note) [J]. *Plant Disease*, 2018, 102 (10): 2036–2041.
- [32] KARAMNEJADI T, SOLHIZADEH A, SHENAVAR O, et al. First report of leaf spot caused by *Colletotrichum coccodes* on *viola tricolor* in Iran (Note) [J]. *Journal of Plant Pathology*, 2017, 99 (2): 536.
- [33] 孙洁, 池振江, 赵思峰. 新疆红枣缩果病菌生物学特性及室内药剂筛选研究 [J]. *北方园艺*, 2013 (24): 126–129.
- SUN J, CHI Z J, ZHAO S F. Study on biological characteristics of *Alternaria alternata* caused jujube shrink disease and screening of fungicides in Xinjiang [J]. *Northern Horticulture*, 2013 (24): 126–129. (in Chinese)

- [34] 杨佳文, 赵尊练, 张管曲, 等. 陕西线辣椒炭疽病原菌的鉴定及生物学特性研究 [J]. *西北农业学报*, 2017, 26 (11): 1695–1705.
- YANG J W, ZHAO Z L, ZHANG G Q, et al. Identification and biological characterization of *Anthrax* bacteria in xianlajiao chili pepper in Shaanxi Province [J]. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica*, 2017, 26 (11): 1695–1705. (in Chinese)
- [35] 秦健, 黄如葵, 黄熊娟, 等. 苦瓜双色平脐蠕孢叶斑病病原菌的生物学特性及其抑菌药剂筛选 [J]. *热带作物学报*, 2020, 41 (12): 2507–2512.
- QIN J, HUANG R K, HUANG X J, et al. Biological characteristics of *Momordica charantia* leaf spot pathogen *Bipolaris bicolor* and bacteriostatic agents screening [J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2020, 41 (12): 2507–2512. (in Chinese)
- [36] 冯思琪, 张亚玲. 黑龙江水稻胡麻叶斑病病原菌的分离鉴定及生物学特性 [J]. *中国植保导刊*, 2019, 39 (2): 17–23.
- FENG S Q, ZHANG Y L. Pathogen isolation and identification of rice brown spot and its biological characteristics in Heilongjiang [J]. *China Plant Protection*, 2019, 39 (2): 17–23. (in Chinese)
- [37] 姜苏月, 靳俊媛, 刘静, 等. 羽扇豆炭疽病原菌鉴定及室内药剂筛选 [J]. *东北林业大学学报*, 2021, 49 (5): 136–141.
- JIANG S Y, JIN J Y, LIU J, et al. Pathogen identification and screening of fungicides of anthracnose of *Lupinus micranthus* by *Colletotrichum Lupi-ni* [J]. *Journal of Northeast Forestry University*, 2021, 49 (5): 136–141. (in Chinese)
- [38] 邓洁, 莫飞旭, 石金巧, 等. 钩藤炭疽病原菌鉴定、生物学特性及防治药剂筛选 [J]. *中药材*, 2020, 43 (6): 1303–1307.
- DENG J, MO F X, SHI J Q, et al. Pathogen identification, biological characteristics of anthracnose in *Uncaria hirsuta* and screening of control fungicides [J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2020, 43 (6): 1303–1307. (in Chinese)
- [39] 孟珂, 张亚波, 常君, 等. 8种杀菌剂对9种薄壳山核桃炭疽病原菌的毒力测定 [J]. *林业科学研究*, 2021, 34 (1): 153–164.
- MENG K, ZHANG Y B, CHANG J, et al. Toxicity Test with 8 Fungicides Against 9 Pathogens of Pecan Anthracnose (*Colletotrichum* spp.) [J]. *Forest Research*, 2021, 34 (1): 153–164. (in Chinese)

(责任编辑：林海清)