

# 猕猴桃细菌性溃疡病菌主要越冬场所及其存活能力的研究

刘博雅<sup>1,3</sup>, 谭玉琴<sup>1,3</sup>, 刘巍<sup>2,3</sup>, 颜霞<sup>1,3\*</sup>, 黄丽丽<sup>2,3\*</sup>

(<sup>1</sup>西北农林科技大学生命科学学院, 陕西杨凌 712100; <sup>2</sup>西北农林科技大学植物保护学院, 陕西杨凌 712100; <sup>3</sup>作物抗逆与高效生产全国重点实验室, 陕西杨凌 712100)

**摘要:**【目的】明确陕西省猕猴桃细菌性溃疡病菌(*Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*, *Psa*)的主要越冬场所及其存活能力,为翌年春季初侵染源的精准削减提供理论依据。【方法】于冬季采集树皮、枝条、果柄、土壤及伤流液样品,以特异性qPCR检测*Psa*带菌率;通过人工接种离体枝条、果园土壤及水体,测定*Psa*在不同环境中的存活能力;采用叶盘真空渗透法,检测经冬季样品分离、纯化获得的*Psa*的致病力。【结果】病树树皮、落地枝条及表层土壤构成了*Psa*“三大菌库”,协同影响其越冬与传播。病树树皮为病菌提供稳定生存环境,*Psa*检出率高达75.0%;落地枝条是病菌“移动载体”,*Psa*在离体枝条存活期长达109 d,树皮病菌可扩散至枝条存活繁殖,地里枯枝*Psa*检出率为37.8%;发病果园表层土壤*Psa*检出率25.0%,*Psa*在含残体土壤存活期为35~43 d,落地枝条病菌接触土壤会增加存活传播概率。伤流液是越冬-传播的关键液体载体,锈色蜡质状样本*Psa*检出率高达80.0%,且*Psa*能在灌溉水中存活77 d,可随水体扩散。冬季从树皮、枯枝、土壤及接种109 d的农大金猕猴桃枝条分离的*Psa*菌株BA12、BR5、S16、M228-GFPuv1,在猕猴桃离体叶盘平均病斑面积依次为34.31、25.45、25.71、39.80 mm<sup>2</sup>,表明“三大菌库”病菌越冬后仍能危害植株。【结论】为有效降低树体病菌量,需严格执行“两前两后”用药策略。同时,采取“清枝-净土-控水”方案,在冬春清园和深耕改土时重点处理落地枝条与土壤,从源头精准削减越冬菌源;在伤流期搭建避雨棚,并对灌溉水及储水容器定期检测消毒,阻断翌年春季溃疡病的流行,从而助力猕猴桃溃疡病的可持续治理。

**关键词:** 猕猴桃溃疡病;丁香假单胞菌猕猴桃致病变种;越冬场所;存活能力

中图分类号:S663.4

文献标志码:A

文章编号:1009-9980(2026)05-1237-10

## Study on the main overwintering sites and survival ability of the pathogen of kiwifruit bacterial canker

LIU Boya<sup>1,3</sup>, TAN Yuqin<sup>1,3</sup>, LIU Wei<sup>2,3</sup>, YAN Xia<sup>1,3\*</sup>, HUANG Lili<sup>2,3\*</sup>

(<sup>1</sup>College of Life Science, Northwest A & F University, Yangling 712100, Shaanxi, China; <sup>2</sup>College of Plant Protection, Northwest A & F University, Yangling 712100, Shaanxi, China; <sup>3</sup>State Key Laboratory for Crop Stress Resistance and High-Efficiency Production, Northwest A & F University, Yangling 712100, Shaanxi, China)

**Abstract:** 【Objective】Kiwifruit bacterial canker, caused by *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* (*Psa*), poses a severe threat to the healthy development of the kiwifruit industry in Shaanxi Province. Identifying the main overwintering sites of this pathogen and understanding its survival ability in different environments are of great theoretical and practical significance for precisely reducing the initial infection sources in the following spring and effectively controlling the bacterial canker of kiwifruit. 【Methods】To determine the main overwintering sites of *Psa*, as well as its survival ability and pathogenic activity, this study systematically collected samples of bark, canes, fruit stalks, soil, and exudate during winter. A specific quantitative real-time polymerase chain reaction (qPCR) technique was employed to detect the *Psa*-carrying rate in these samples, aiming to accurately understand the distribution

收稿日期:2025-10-23

接受日期:2025-11-22

基金项目:国家重点研发计划(2022YFD1400200);国家自然科学基金项目(32072477)

作者简介:刘博雅,女,在读博士研究生,研究方向为微生物资源利用。E-mail:1291873786@qq.com

\*通信作者 Author for correspondence. E-mail:yanxia@nwsuaf.edu.cn; E-mail:huanglili@nwsuaf.edu.cn

of the pathogen in different locations. Through artificial inoculation experiments on detached branches, orchard soil, and water, and by regularly detecting the viable bacterial counts, the survival time of *Psa* in these different environments was quantitatively analyzed. The leaf-disk vacuum infiltration method was used to test the pathogenicity of *Psa* strains isolated and purified from winter bark, dead canes, soil, and Nongda Jinmi canes that had been inoculated for 109 days. This was to clarify whether the overwintering pathogen still maintained its pathogenic activity and to evaluate its potential to cause an epidemic in the following spring. **【Results】** The detection results showed that the bark of diseased vines had the highest *Psa* detection rate, reaching 75.0%. The detection rate of dead canes on the ground was 37.8%, which was significantly higher than the 10% detection rate of canes piled in ditches and fruit stalks of diseased trees. The *Psa* detection rate in the surface soil of diseased orchards was 25.0%. Among the exudates, the rust-colored waxy samples had the highest *Psa* detection rate, up to 80.0%, while the detection rates of reddish-brown and milky-white samples were 46.2% and 36.8% respectively. Studies on survival ability indicated that *Psa* had the longest survival period on detached canes, up to 109 days. In sterilized soil, it could survive for 55–65 days; in non-sterilized soil, the survival time was shortened to 43–55 days; and in soil containing residues, it was further reduced to 35–43 days. *Psa* had relatively strong survival ability in water environments, surviving for 63 days in tap water and 77 days in irrigation water. When the pathogenicity of the isolated *Psa* strains was tested, the average lesion areas of *Psa* strains BA12, BR5, S16, and M228-GFPuv1, which were isolated from winter bark, dead branches, soil, and Nongda Jinmi branches inoculated for 109 days respectively, on detached kiwifruit leaf disks, were 34.31, 25.45, 25.71, and 39.80 mm<sup>2</sup> in sequence, all showing obvious pathogenicity. **【Conclusion】** This study identified that the main overwintering sites of *Psa* in the kiwifruit-producing areas of Shaanxi Province are the vine bark, fallen canes, and surface soil, which together form the “three major pathogen reservoirs” of *Psa*. Specifically, the bark of diseased vines provides a stable overwintering environment for the pathogen; the dead canes widely distributed on the orchard ground are important carriers of the pathogen on the surface; and the surface soil of diseased orchards is also a key site for the pathogen to overwinter. There are obvious differences in the survival ability of *Psa* in different environments. Detached canes can serve as long-term storage sites for the pathogen, where *Psa* can survive for up to 109 days, making them an important source of initial infection in spring. The soil environment has a significant impact on the survival of *Psa*, and the soil microbial community inhibits the survival of the pathogen. Water is a potential transmission route for the pathogen. *Psa* can survive for 63 days in tap water and 77 days in irrigation water. During the exudation period, rainwater scouring or irrigation can cause the spread of the pathogen-carrying bleeding sap, which is a high-risk link for pathogen transmission. The *Psa* strains isolated from winter bark, dead canes, soil, and Nongda Jinmi canes inoculated for 109 days all showed significant pathogenicity, indicating that the overwintering pathogen still has the potential to cause an epidemic in spring. Based on the above research, a comprehensive prevention and control plan of “cane cleaning-soil purification-water control” is proposed. In terms of cane cleaning, fallen canes should be the focus of winter-spring orchard cleaning. Timely removal can reduce the amount of overwintering pathogens and the initial infection sources in spring. For soil purification, deep plowing and soil improvement of the surface soil should be carried out to improve the soil structure and microbial community, inhibiting the survival and reproduction of the pathogen. At the same time, the “two-before and two-after” medication strategy should be implemented to reduce the pathogen amount in vines and soil. Regarding water control, rain shelters should be set up during the bleeding sap period to reduce the spread of bleeding sap. Regular detection and disinfection of irrigation water and water

storage containers should be carried out to block the secondary transmission route through water. This plan aims to precisely reduce the overwintering pathogen sources from the source, effectively block the epidemic of canker in the following spring, and provide a scientific and effective strategy for the sustainable control of kiwifruit canker.

**Key words:** Kiwifruit bacterial canker; *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*; Overwintering sites; Survival ability

猕猴桃(*Actinidia chinensis*)属猕猴桃科猕猴桃属,富含维生素C,营养价值高<sup>[1]</sup>。然而,由丁香假单胞菌猕猴桃致病变种(*Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*, *Psa*)引发的细菌性溃疡病可在短期内造成叶斑、花腐、枝干流脓,甚至导致树体大面积死亡,损失巨大<sup>[2-3]</sup>。该病具有潜伏期短、传播速度快、防治困难等特点<sup>[4-5]</sup>;尤其在冬季低温高湿条件下,*Psa*可在组织内长期潜伏,翌年春季借助风雨、花粉、苗木、昆虫及修剪伤口等途径迅速扩散<sup>[6-8]</sup>。目前,猕猴桃溃疡病在意大利、新西兰以及韩国等均有报道<sup>[9]</sup>;20世纪80年代我国首次在湖南发现溃疡病,陕西、四川、安徽等省相继受害,严重威胁猕猴桃产量与品质<sup>[10-12]</sup>。

针对*Psa*的流行规律,国内外学者已开展系统研究,明确温度15~25℃、相对湿度>85%以及机械或冻害伤口是溃疡病田间暴发的主导因子<sup>[13-14]</sup>。但研究多聚焦于发病高峰期的病原扩散,在*Psa*越冬机制研究方面存在明显不足。李亚巍等<sup>[15]</sup>通过对田间猕猴桃溃疡病菌在植株不同区域的分布进行鉴定,证实叶片伤口是其在春秋两季的主要侵染位点,但研究并未涉及冬季休眠期,致使越冬介质尚不明确,无法为冬季清园确定精准的清除对象;Deng等<sup>[16]</sup>发现5℃与高湿(RH>80%)可延长离体叶片中*Psa*存活期,但恒温实验室条件难以模拟田间昼夜温差、紫外辐射及微生物竞争,研究结果与田间实际表现存在偏差。现有病原菌存活试验主要在实验室恒温条件进行,缺乏对多种越冬介质的综合考量以及对田间复杂环境因素的模拟,难以为冬季清园和春季预防提供贴合实际的科学依据。

目前,针对冬季低温环境下*Psa*存活介质、存活时长以及是否仍具致病性等关键问题,仍缺乏系统且定量的数据支撑。导致冬季清园与春季预防缺乏精准靶标,成为溃疡病防控链条中的薄弱环节。

基于此,本研究在陕西猕猴桃主产区系统采集树皮、枝条、果柄、土壤及伤流液五大介质,采用qP-

CR技术检测带菌率,通过离体叶盘真空渗透法验证病原菌的致病力,并在模拟田间条件下测定病原菌在离体组织、土壤和水体中的存活动态,旨在阐明不同越冬场所的*Psa*带菌差异、存活规律及致病活性,为冬季有效削减菌源、构建绿色可持续防控体系提供科学依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 供试材料

1.1.1 供试菌株 菌株*Psa*M228-GFPuv1和载体pDSK-GFPuv均由西北农林科技大学植物保护学院果树病害病原生物学及综合防控科研团队提供。

1.1.2 供试样品 猕猴桃组织样品:在猕猴桃园区按照“棋盘式”布设采样点,随机收集地表散落的枯枝及沟渠集中堆放的枝条,并分别采集显症病树与健康树的皮层、果柄;所有样品立即装入无菌塑封袋,液氮速冻后于-80℃保存备用。

土壤样品:在猕猴桃病园与健康园中分区采样。采样前,先去除0~2cm浮土,再按深度分层取样,0~5cm为表层土,>15cm为耕作层土。各层土样独立装入无菌袋,于-80℃保存备用。

伤流液样品:在猕猴桃园内,选取呈现乳白色、红褐色及蜡质状的典型伤流液,以无菌微量移液器各吸取100μL,立即注入含少量0.85%无菌生理盐水的2mL离心管中,充分混匀后标记编号,-80℃保存备用。

以上样品采自陕西省宝鸡市眉县(34.180 5° N, 107.735 7° E)、西安市周至县(34.136 1° N, 108.045 6° E)、咸阳市武功县(34.340 5° N, 108.312 2° E)、咸阳市杨陵区(34.289 0° N, 107.995 5° E)、安康市岚皋县(32.468 4° N, 108.863 6° E)以及汉中市洋县(33.207 6° N, 107.624 0° E)的猕猴桃果园。本研究涉及的所有田间采样活动,均在实施前获得对应猕猴桃园区经营主体(园主)的许可。

1.1.3 试剂及仪器 试剂:土壤基因组DNA提取试剂盒,购自简石生物技术公司;植物基因组DNA提取试剂盒,购自简石生物技术公司;土壤RNA提取试剂盒,购自百奥莱博生物技术公司;细菌RNA提取试剂盒,购自康为世纪生物技术公司。

仪器:PCR仪,购自赛默飞世尔科技公司;高速冷冻离心机,购自赛默飞世尔科技公司;琼脂糖凝胶电泳仪,购自君意东方电泳设备有限公司。

## 1.2 试验方法

1.2.1 *Psa*越冬场所检测 (1)样品处理。参照云飞等<sup>[17]</sup>的方法,预处理后的伤流液采用热裂解法制备DNA模板。吸取25  $\mu\text{L}$ 样品加入无菌八联管,95  $^{\circ}\text{C}$ 金属浴15 min,冰上3 min,12 000  $\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$ 离心5 min,上清液即为DNA模板,可直接用于PCR检测。土壤样品使用土壤基因组DNA提取试剂盒(简石生物)提取DNA,树皮、枝条、果柄使用植物组织基因组DNA提取试剂盒(简石生物)提取DNA,提取过程参照试剂盒说明书,以提取的DNA为模板进行常规PCR检测。

(2)病原菌检测。PCR检测使用*Psa*的特异引物(*Psa*-F:5'-CAGAGGCGCTAACGAGGAAA-3'/*Psa*-R:5'-CGAGCATAACAGGTCA-3'),扩增片段长度约310 bp<sup>[18]</sup>,丁香假单胞菌猕猴桃致变种M228作为阳性对照。扩增体系(25  $\mu\text{L}$ ):2 $\times$ Es Taq MasterMix (Dye) 12.5  $\mu\text{L}$ ,上下游引物(10  $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ )各1  $\mu\text{L}$ ,模板DNA 1  $\mu\text{L}$ ,无菌水补至25  $\mu\text{L}$ 。扩增程序:94  $^{\circ}\text{C}$ 预变性10 min;94  $^{\circ}\text{C}$ 变性30 s,55  $^{\circ}\text{C}$ 退火30 s,72  $^{\circ}\text{C}$ 延伸1 min,35个循环;72  $^{\circ}\text{C}$  5 min,16  $^{\circ}\text{C}$ 保存。PCR产物经1%琼脂糖凝胶电泳进行检测。

1.2.2 *Psa*在不同场所中的存活期检测 (1)不同场所中人工接种*Psa*M228-GFPuv1。猕猴桃枝条上接种*Psa*M228-GFPuv1,将LB平板上活化的菌株*Psa*M228-GFPuv1用无菌水重悬,调整浓度至 $8\times 10^7$  CFU $\cdot\text{mL}^{-1}$ ,以待备用。采集果园中长势一致的翠香(抗病品种)和农大金弥(感病品种)健康猕猴桃枝条。每个品种剪取50根枝条,每根枝条长20 cm,使用消毒刀片在每根枝条上制造3个宽3 mm、深2 mm的伤口。使用移液枪吸取60  $\mu\text{L}$ 菌悬液滴在伤口表面,随后将枝条装入尼龙网袋(2 mm网眼),放置室外。定期取样检测*Psa*M228-GFPuv1的存活情况,直至连续两次采样均未检测出*Psa*M228-GFPuv1为止。

土壤接种*Psa*M228-GFPuv1。取经qPCR验证无*Psa*的猕猴桃表层土壤,风干后过2 mm筛,将过筛土壤分装于50 mL无菌离心管,每管10 g,共40管。设置4组处理:健康残体(剪碎的健康叶片、枝条)土壤、病残体(溃疡病叶片、枝条)土壤、灭菌(湿热121  $^{\circ}\text{C}$ 、20 min)土壤及未灭菌土壤,每个处理为10管。将菌株*Psa*M228-GFPuv1用无菌水重悬至 $8\times 10^7$  CFU $\cdot\text{mL}^{-1}$ ,每管接种3 mL菌液,轻摇混匀;随后,表面淋洒少量自来水使含水量达田间持水量的60%;管盖打孔通气,统一置于室外。定期取样检测*Psa*M228-GFPuv1的存活情况,直至连续两次采样均未检测出*Psa*M228-GFPuv1为止。

水中接种*Psa*M228-GFPuv1。收集900 mL园区灌溉水,经PCR检测确认不携带*Psa*后装至无菌锥形瓶。每瓶接种100 mL *Psa*M228-GFPuv1菌悬液(终浓度 $8\times 10^7$  CFU $\cdot\text{mL}^{-1}$ ),室外条件下静置培养。另设置对照组,将30 mL菌液加入270 mL自来水。定期取样检测*Psa*M228-GFPuv1的存活情况,直至连续两次采样均未检测出*Psa*M228-GFPuv1为止。

(2)*Psa*M228-GFPuv1分离。对*Psa*M228-GFPuv1进行分离时,首先采用稀释涂布平板法。若样品中活菌量低于检测限或存在杂菌干扰时,则提取总RNA并反转录为cDNA,经常规PCR检测确认目标基因存在后,再通过qPCR技术对*Psa*含量进行绝对定量分析。

猕猴桃枝条中*Psa*M228-GFPuv1分离。称取0.1 g猕猴桃病枝于无菌研钵中,加入9 mL无菌水进行研磨,静置20 min。吸取100  $\mu\text{L}$ 上清液进行梯度稀释,每梯度吸取100  $\mu\text{L}$ 涂布于LB-Km平板上,28  $^{\circ}\text{C}$ 培养48 h,观察其生长情况。挑取绿色荧光菌落进行PCR检测,并统计菌落数。

土壤中*Psa*M228-GFPuv1分离。称取0.3 g接种*Psa*M228-GFPuv1后的健康残体土壤、病残体土壤、灭菌土壤和未灭菌土壤,使用试剂盒提取RNA,以反转录的cDNA为模板先进行常规PCR验证目标基因存在后,再进行qPCR检测。

水中*Psa*M228-GFPuv1分离。取适量接种后的灌溉水与无菌水,12 000  $\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$ 离心2 min以富集菌体。使用细菌RNA提取试剂盒提取总RNA,以反转录的cDNA为模板先进行常规PCR验证目标基因存在后,再进行qPCR检测。

(3)*Psa*M228-GFPuv1检测。*Psa*M228-GFPuv1

的PCR检测, *Psa*M228-GFPuv1在枝条上的存活期检测:使用引物 *Psa*-F/*Psa*-R进行PCR检测,扩增片段长度约310 bp。扩增体系和扩增条件同1.2.1(2)。PCR产物采用1%琼脂糖凝胶电泳进行检测。

*Psa*M228-GFPuv1在土壤和水中的存活期检测:使用引物 GFPuv1: 5'- TGAGTAAAGGAGA-AGAAGCTTTTAC- 3'/GFPuv2: 5'- CCCGGATCCT-TATTTGTAGAGCTCATCCATG-3'进行PCR检测,扩增片段长度约700 bp<sup>[9]</sup>。扩增体系同上,扩增条件:94 °C预变性4 min;94 °C变性30 s,53 °C退火40 s,72 °C延伸1 min,35个循环;72 °C 10 min。PCR产物采用1%琼脂糖凝胶电泳进行检测。

*Psa*M228-GFPuv1的qPCR检测。将构建好的阳性载体按10倍梯度进行稀释,以不同浓度梯度的DNA作为模板建立qPCR标准曲线。将循环数(Cq值)作为Y轴,不同浓度梯度的DNA对数值作为X轴,建立标准曲线得出回归方程。本研究基因组DNA浓度的对数值和对应的循环数(Cq)值间存在良好的线性关系: $Y = -4.4794X + 36.167, R^2 = 0.9983$ 。

qPCR反应体系(20 μL):2 × Real Star Power SYBR qPCR Mix 10 μL,上下游引物(10 μmol·L<sup>-1</sup>)各1 μL,模板1 μL,无菌水7 μL。三步法PCR扩增程序:预变性95 °C 10 min;变性95 °C 15 s,退火60 °C 1 min,延伸72 °C 30 s,40个循环。利用上述制备的模板cDNA,进行qPCR检测。

1.2.3 *Psa*致病力检测 离体叶盘真空渗透法:采集当年生红阳猕猴桃健康叶片,首先进行表面消毒,0.6%次氯酸钠溶液浸泡5 min,无菌水冲洗3遍,每次30 s,置于滤纸上晾干;使用1 cm直径的打孔器制作叶盘(注意避开叶脉),再将叶盘放置于加有

30 mL *Psa*菌株菌悬液(浓度:10<sup>4</sup> cfu·mL<sup>-1</sup>)的50 mL离心管中;离心管用保鲜膜封口,并用牙签扎少许小孔,置于真空冷冻干燥器,28 °C真空渗透接种,直至叶盘背面完全浸湿。在无菌条件下,将叶盘正面朝下紧贴于0.8%水琼脂平板保湿。以无菌水渗透处理作为阳性对照,每个处理5次重复,接种3~5 d后拍照记录。使用Image J软件测量每个叶盘的病斑面积,去除样品中误差较大的叶盘数据,并计算平均发病面积。

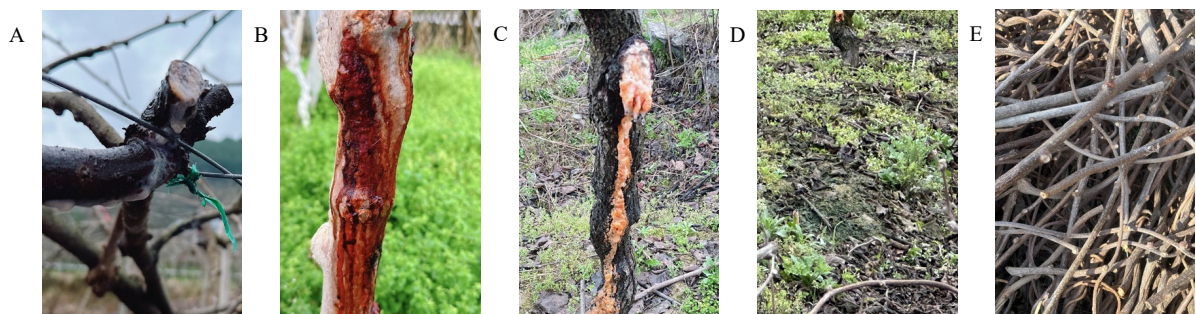
1.2.4 数据处理 越冬场所*Psa*阳性率分析:通过R语言4.2.1进行组间比较,其中两两比较采用Fisher精确检验(Fisher's exact test),多组整体差异性评估使用广义线性模型(generalized linear model, GLM),分布族设定为二项分布(binomial family),链接函数为logit。多组比较经Holm校正后,以字母标记法标注组间差异,相同字母表示 $P > 0.05$ (无显著差异)。

*Psa*存活期与致病力检测:采用GraphPad Prism 9.3.1软件进行单、双因素方差分析(ANOVA),经Tukey多重比较检验评估差异显著性。显著性以 $P < 0.05$ 为标准;\*\*\*\*表示 $p < 0.0001$ ,\*\*\*表示 $p < 0.001$ ,\*\*表示 $p < 0.01$ ,\*表示 $P < 0.05$ ,差异不显著则不标注。

## 2 结果与分析

### 2.1 *Psa*越冬场所检测

为系统探明*Psa*在田间的越冬存活位点,分别采集树皮、枝条、果柄、土壤及伤流液样品进行病原菌检测(图1)。结果表明(表1),*Psa*可在病树树皮、枯枝(地里枯枝、沟渠堆枝)、病树果柄、发病果园表



A-C. 伤流液:A. 乳白色;B. 红褐色;C. 蜡质状。D-E. 枝条:D. 地里枯枝;E. 沟渠堆枝。

A-C. Exudate fluid: A. Milky white; B. Reddish-brown; C. Waxy. D-E. Branches: D. Dead branches in the field; E. Piled-up branches in the ditch.

图1 部分采集样品展示

Fig. 1 Partial sample collection display

表 1 不同样品中 *Psa* 带菌情况  
Table 1 *Psa* presence in various samples

样品类型 Sample type	样品来源 Sample source	检测量 No. of samples tested	<i>Psa</i> 阳性样本数量 No. of <i>Psa</i> -positive samples	阳性率 Detection rate/%
树皮 Bark	病树 Diseased tree	20	15	75.0 a
	健树 Healthy tree	20	0	0.0 e
枝条 Branch	地里枯枝 Dead branches in the field	37	14	37.8 bc
	沟渠堆枝 Piled-up branches in the ditch	40	4	10.0 d
果柄 Carpodium	病树果柄 Carpodium, diseased tree	10	1	10.0 d
	健树果柄 Carpodium, healthy tree	10	0	0.0 e
土壤 Soil	无病果园表层 Surface layer, healthy orchard	8	0	0.0 e
	发病果园表层 Surface layer, diseased orchard	20	5	25.0 c
	无病果园耕作层 Cultivated layer, healthy orchard	8	0	0.0 e
伤流液 Exudate fluid	发病果园耕作层 Cultivated layer, diseased orchard	20	0	0.0 e
	乳白色 Milk white	19	7	36.8 bc
	红褐色 Reddish-brown	26	12	46.2 b
	蜡质状 Waxy	5	4	80.0 a

注:不同字母表示经统计学分析检验后,在  $P < 0.05$  水平差异显著。

Note: Different letters indicate significant differences at the  $P < 0.05$  level after statistical analysis.

层土壤及多种形态的伤流液中越冬,且不同存活位点的病原菌阳性率存在差异。病树树皮为 *Psa* 在田间最主要的越冬位点;地里枯枝次之,是次要但关键的初侵染源;伤流液因性状差异直接影响病原菌的存活,其中蜡质状伤流液的病原菌阳性率高达 80%,是病菌传播的高风险媒介;果柄、沟渠堆枝及表层土壤的 *Psa* 阳性率虽低,但其跨季节存活能力与风雨传播潜力仍可成为关键的传播节点,需在冬季清园与生长季监测中持续管控。

## 2.2 *Psa* 在不同场所中的存活期检测

2.2.1 *Psa* 在离体枝条上的存活能力 定期对接种的枝条进行取样检测,明确 *Psa* 在枝条中的存活情况。结果显示(表 2),*Psa* 在农大金弥和翠香猕猴桃枝条内的存活时间存在差异。接种后 99 d,农大金弥和翠香均可检测出病原菌;至 109 d,翠香检测结果已呈阴性,而农大金弥仍能检测出 *Psa*;119 d 时两者检测结果均为阴性。*Psa* 在猕猴桃离体枝条中的最短存活期可达 3 个月,且在农大金弥枝条上的存

表 2 *Psa* 在人工接种枝条上的存活期  
Table 2 Survival period of *Psa* in Kiwi branches with *Psa* M228-GFPuv1 inoculated

品种 Variety	检测时间 Testing time / d											
	7	14	21	28	35	60	70	79	89	99	109	119
农大金弥 Nongda Jinmi	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
翠香 Cuixiang	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-

注:+. 能分离或能检测出 *Psa*;-. 不能分离或不能检测出 *Psa*。下同。

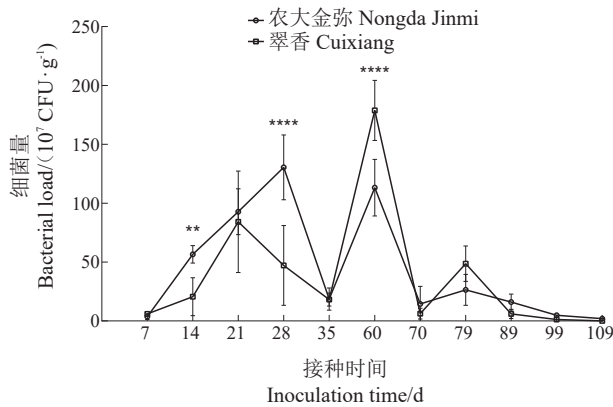
Note: +. *Psa* could be isolated or detected; -. *Psa* could not be isolated or detected. The same below.

活时间比翠香更长。

病原菌检测结果显示(图 2),接种 *Psa* 后 0~21 d,农大金弥和翠香中菌量均明显上升;21~28 d,翠香菌量率先下降,而农大金弥仍维持较高水平,可能是其感病性为病菌提供了更稳定的增殖环境;随后 28~35d,两者菌量均呈下降趋势;但在 35~60 d,受连续低温雨雪天气影响,菌量再次上升,之后随环境温度回升,菌量逐渐衰减。综上所述,在整个监测

周期内,*Psa* 在农大金弥中的存活时间长于翠香,推测品种抗病性影响病菌的存活能力。

2.2.2 *Psa* 在土壤中的存活能力 定期进行取样检测,结果表明(表 3),*Psa* 在不同类型土壤中的存活时间受微生物群落及有机残体影响显著。接种后 35 d,病残体和健康残体土壤均可检测到 *Psa*,但至 43 d 时检测结果均转为阴性;而接种病原菌的未灭菌与灭菌土壤在 43 d 时仍可检测出 *Psa*,未灭菌土



经双因素方差分析检验后,显著性以  $P < 0.05$  为标准;\*\*\*\*表示  $P < 0.0001$ ,\*\*\*表示  $P < 0.001$ ,\*\*表示  $P < 0.01$ ,\*表示  $P < 0.05$ ,差异不显著则不标注。下同。

Statistical significance was determined by two-way ANOVA with  $P < 0.05$  as the threshold. Significance levels are designated as follows: \*\*\*\* $P < 0.0001$ , \*\*\* $P < 0.001$ , \*\* $P < 0.01$ , \* $P < 0.05$ . Non-significant differences are not marked. The same below.

图2 猕猴桃枝条接种 *Psa* 后不同时间病菌生长的动态变化

Fig. 2 Dynamic changes of the number of bacteria in kiwifruit branches inoculated with *Psa*

表3 *Psa* 在人工接种土壤中的存活期

Table 3 Survival period of *Psa* in soil with *Psa* M228-GFPuv1 inoculated

样品类型 Sample type	检测时间 Testing time/d				
	28	35	43	55	65
病残体土壤 Soil containing diseased organisms	+	+	-	-	-
健康残体土壤 Soil containing healthy organisms	+	+	-	-	-
未灭菌土壤 Unsterilized soil	+	+	+	-	-
灭菌土壤 Sterilized soil	+	+	+	+	-

壤于 55 d 时检测结果转为阴性,灭菌土壤则持续携带病原菌至 65 d。综上所述,*Psa* 在灭菌土壤中的存活时间(55~65 d)明显长于未灭菌土壤(43~55 d)和含残体土壤(35~43 d),表明土著微生物的存在是缩短病菌存活时间的关键因素。

自接种后 28 d 起,以土壤微生物 RNA 提取-实时荧光定量 PCR 技术(标准曲线  $R^2 > 0.99$ )动态监测 *Psa* 数量变化(图 3)。结果显示,随着时间推移,*Psa*-DNA 浓度均持续下降。其中,灭菌土壤的 *Psa*-DNA 浓度始终高于未灭菌土壤,且未灭菌土壤的 *Psa*-DNA 浓度在 43~55 d 降幅最大,表明土著微生物的存在加速了病原菌的衰减。含残体土壤的 *Psa*-DNA 浓度显著低于灭菌及未灭菌土壤( $P < 0.05$ ),

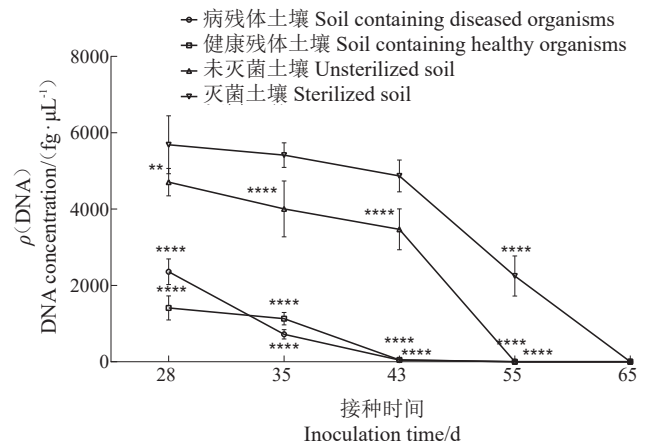


图3 土壤中接种 *Psa* 后不同时间病菌 DNA 浓度的动态变化

Fig. 3 Dynamic change of the number of bacteria in soil after *Psa* inoculation

表明植物残体可加剧 *Psa* 的消亡。

2.2.3 *Psa* 在水中的存活能力 定期以细菌 RNA 提取-实时荧光定量 PCR 技术(标准曲线  $R^2 > 0.99$ )对灌溉水和自来水中 *Psa* 存活动态进行检测。结果显示(表 4),*Psa* 在自来水中存活至 63 d,在灌溉水中可存活至 77 d,表明灌溉水具有传播溃疡病的风险。因此,若园区未对水源进行定期消毒或更换,可能因灌溉引发二次侵染。

表4 *Psa* 在人工接种水中的存活期

Table 4 Survival period of *Psa* in water with *Psa* M228-GFPuv1 inoculated

样品类型 Sample type	检测时间 Testing time/d											
	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84
自来水 Tap water	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
灌溉水 Irrigation water	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-

注:+:能分离或能检测出 *Psa*; -:不能分离或不能检测出 *Psa*。

Note:+: *Psa* could be isolated or detected; -: *Psa* could not be isolated or detected.

实时荧光定量 PCR 结果显示(图 4),灌溉水和自来水中 *Psa*-DNA 浓度随时间推移而变化显著。在 0~49 d 内,灌溉水的 *Psa*-DNA 浓度显著高于自来水( $P < 0.05$ );两者的 *Psa*-DNA 浓度均呈持续下降趋势,但自来水在 7~14 d 内出现急剧衰减,表明其所含消毒剂对 *Psa* 具有明显的抑制作用。

### 2.3 *Psa* 致病力检测

离体叶盘真空渗透试验结果显示(图 5),自农

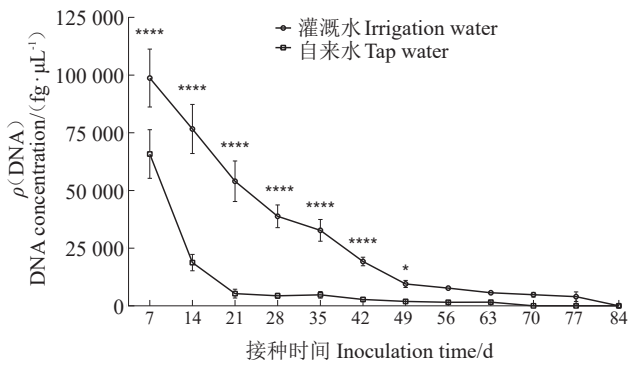
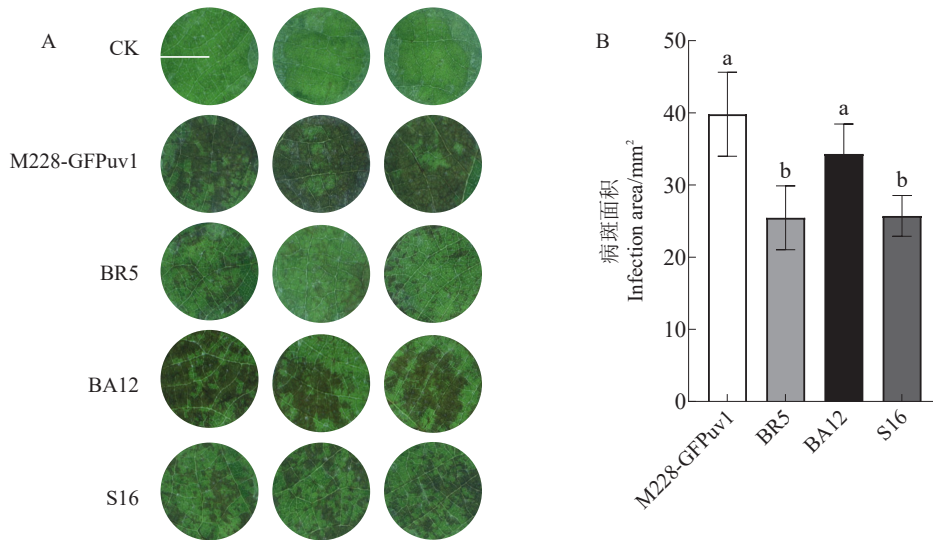


图 4 水中接种 *Psa* 后不同时间病菌 DNA 浓度的动态变化  
 Fig. 4 Dynamic change of the number of bacteria in water after *Psa* inoculation

大金弥枝条(接种 109 d)、冬季病株树皮、地里枯枝及土壤样品中分离获得的 *Psa* 菌株 M228-GFPuv1、BA12、BR5 与 S16, 均可在猕猴桃叶片上形成典型病斑, 平均病斑面积依次为 39.80 mm<sup>2</sup>、34.31 mm<sup>2</sup>、25.45 mm<sup>2</sup> 与 25.71 mm<sup>2</sup>。病菌在离体枝条上可至少存活 3 个月并保持强致病力, 树体带菌是翌年春季初侵染的核心来源; 冬季果园地里枯枝与病树表层土壤中的菌株仍具侵染活性, 为隐性侵染源。因此, 冬季防控需清除病株树皮、深埋或焚烧枯枝, 并配合铜剂或生物熏蒸处理表土, 以最大限度降低初侵染菌量。



A. 离体叶盘病斑图; B. 叶盘病斑面积。比例尺表示 0.5 CM; 不同字母表示经单因素方差分析检验后, 在  $P < 0.05$  水平差异显著。  
 A. Disease spot of vitro leaves; B. Infection area of leaves. The scale indicates 0.5 cm; Different letters indicate the significant difference at the  $P < 0.05$  level after testing by one-way ANOVA.

图 5 *Psa* 叶盘真空渗透病斑面积

Fig. 5 The area of vacuum infiltration lesion on *Psa* leaf discs

### 3 讨 论

明确 *Psa* 的越冬场所及其存活时限, 是阻断翌年初侵染、实施精准防控的先决条件。本研究于冬季在陕西省典型猕猴桃园区系统采集树皮、枝条、果柄、伤流液及土壤样本, 结合 PCR 定量检测, 对 *Psa* 的越冬生态位点与存活能力进行了综合研究。

研究发现, 病树皮 *Psa* 检出率高达 75%, 且分离菌株 BA12 在离体叶盘上的平均病斑面积达 34.31 mm<sup>2</sup>, 证实树体为园区首要越冬菌库。对此, 应严格执行西北农林科技大学植物保护学院科研团队提出的“两前两后”关键防控技术<sup>[20]</sup>, 即在春季开

花前落花后、秋季采果后落叶前两次关键节点用药, 能够系统性减少树体 *Psa* 菌量<sup>[21]</sup>。除树体外, 枝条残体是第二大越冬菌库。地里枯枝带菌率高达 37.8%, 显著高于沟渠堆枝(10.0%)和病树果柄(10.0%); 自农大金弥枝条(接种 109 d)及地里枯枝分离的 *Psa* 菌株 M228-GFPuv1、BR5 在离体叶盘上的平均病斑面积分别达 39.80 mm<sup>2</sup> 和 25.45 mm<sup>2</sup>。地里枯枝由于贴近地表, 湿度大且与病残体混杂, 为病菌提供了稳定的微环境; 沟渠堆枝虽带菌率较低, 若长期弃置也可成为次生侵染源。人工接种离体枝条试验进一步证实, *Psa* 可在枝条内存活 3 个月, 与 Tyson 等<sup>[22]</sup>报道的 11 周存活时间一致, 证实了“冬季休

眠-春季复苏”的侵染链。因此,冬季修剪后应尽快移除枯枝、病果柄,并集中处理,杜绝就地堆放。

发病果园表层土壤带菌率高达25%,分离菌*Psa* S16在离体叶盘上的平均病斑面积为25.71 mm<sup>2</sup>,表明表层土壤是病原菌短距离扩散的重要中转站。人工接种试验结果显示,*Psa*在灭菌土壤中可存活55~65 d,而在未灭菌土壤中因土著微生物的竞争作用,其存活时间缩短至43~55 d,这与黄其玲等<sup>[23]</sup>关于在未灭菌土壤中*Psa*存活时间较短的研究结果相吻合。本研究进一步发现含病残体或健康残体土壤中*Psa*存活时间最短(35~43 d),表明残体降解过程协同微生物竞争作用显著削弱病菌的存活能力。因此,冬季清园后可采取深耕15~20 cm、秸秆覆盖或生物熏蒸等措施,并结合合理轮作与休耕,以改善土壤微生态环境。

伤流液是越冬传播的关键液体载体。发病果园伤流液的带菌率从乳白色(36.8%)、红褐色(46.2%)到蜡质状(80.0%)逐步升高,与冯华等<sup>[24]</sup>和李春辉等<sup>[25]</sup>描述的“乳白-红褐-腐烂”的病程阶段完全吻合,证实了随着症状加剧,*Psa*菌量显著上升。雨水样本虽未检测出*Psa*,但水体接种试验表明,*Psa*在水体环境中的存活能力较强,在自来水中可存活63~70 d,灌溉水中长达77~84 d,推测水体中含氯、溴及二氧化氯等消毒剂是*Psa*消亡的影响因素。因此,除及时刮除溃疡病斑并涂药封闭剪锯口外,还需在春季伤流高峰期加设临时避雨棚,雨后立即用含氯消毒液冲洗器械,并定期更换或消毒灌溉水源,切断“伤流液-雨水-工具”短程传播链,从而将高菌量伤流液这一越冬传播关键载体的风险降至最低。

综上所述,冬季*Psa*防控策略应围绕“清枝-净土-控水”三个关键方面展开。清枝要求在修剪后24 h内移除病残体,并进行55 °C以上高温堆沤处理7 d;净土是指深耕20 cm后覆盖黑地膜提升土温,同时使用15~30 g·m<sup>-2</sup>棉隆进行生物熏蒸,降低表层土壤菌载量;控水则需在伤流期搭建避雨棚,使用次氯酸钠浸泡器械以消毒,使用0.5 mg·L<sup>-1</sup>二氧化氯缓释片或UV灭菌系统处理灌溉水,从而切断液体介质传播。通过多点协同防控,实现对*Psa*越冬菌库的精准削减,为翌年春季溃疡病的可持续治理奠定基础。

本研究存在一定局限性,一是样本区域仅涉及单一省份,难以反映不同地理气候下*Psa*越冬与传播规律,且品种选择未充分体现差异,影响结果的普适性;二是土壤微生态作用机制层面,本研究发现土

著微生物竞争和残体降解影响*Psa*存活时间,但具体作用机制和互作网络尚不明确。后续研究将扩大样本区域和品种,分析不同环境与品种中*Psa*的特性,结合宏基因组技术解析土壤微生物与*Psa*互作的分子机制,开展田间监测并收集数据,为构建跨区域溃疡病绿色防控体系提供支撑。

## 4 结 论

树皮、枝条、土壤及伤流液是猕猴桃溃疡病病菌的核心越冬介质,且越冬菌株仍保持稳定的致病活性,证实其具备春季流行暴发的潜力。基于此,提出“清枝-净土-控水”三位一体冬季防控策略,通过清除病枝、土壤消毒及阻断伤流液传播等途径降低初侵染源基数,该方案为精准防控猕猴桃溃疡病提供了理论依据与实践指导。

## 参考文献 References:

- [1] 李华丽,魏仲珊,邓萍,罗玉. 猕猴桃的营养价值及其加工应用[J]. 湖南农业科学,2019(1):119-122.  
LI Huali, WEI Zhongshan, DENG Ping, LUO Yu. Nutritive value of kiwifruit and its processing[J]. Hunan Agricultural Sciences, 2019(1):119-122.
- [2] 秦虎强,高小宁,赵志博,朱穗层,李建民,黄丽丽. 陕西猕猴桃细菌性溃疡病田间发生动态和规律[J]. 植物保护学报,2013,40(3):225-230.  
QIN Huqiang, GAO Xiaoning, ZHAO Zhibo, ZHU Suiceng, LI Jianmin, HUANG Lili. The prevalence dynamics and rules of bacterial canker of kiwi fruit in Shaanxi[J]. Acta Phytophylacica Sinica, 2013,40(3):225-230.
- [3] 钟彩虹,李黎,潘慧,邓蕾,陈美艳. 猕猴桃细菌性溃疡病的发生规律及综合防治技术[J]. 中国果树,2020(1):9-13.  
ZHONG Caihong, LI Li, PAN Hui, DENG Lei, CHEN Meiyan. Occurrence rule and comprehensive control of kiwifruit bacterial canker disease[J]. China Fruits, 2020(1):9-13.
- [4] 王涛,张计育,王刚,贾展慧,潘德林,郭忠仁. 猕猴桃细菌性溃疡病研究进展[J]. 中国农学通报,2020,36(3):123-128.  
WANG Tao, ZHANG Jiyu, WANG Gang, JIA Zhanhui, PAN Delin, GUO Zhongren. Advances in kiwifruit bacterial canker[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2020,36(3):123-128.
- [5] 关侠,高小宁,黄丽丽. 陕西省猕猴桃细菌性溃疡病的发生及防治[J]. 陕西农业科学,2010,56(1):78-79.  
GUAN Xia, GAO Xiaoning, HUANG Lili. Occurrence and control of kiwifruit bacterial canker in Shaanxi province[J]. Shaanxi Journal of Agricultural Sciences, 2010,56(1):78-79.
- [6] TAKIKAWA Y, SERIZAWA S, ICHIKAWA T, TSUYUMU S, GOTO M. *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* pv. nov.: The causal bacterium of canker of kiwifruit in Japan[J]. Japanese Journal of Phytopathology, 1989,55(4):437-444.
- [7] 马利,尹勇,封传红,任小平,龚国淑,陈华保,庄启国,涂美艳,王华. 四川省猕猴桃溃疡病发生现状及绿色防控技术体系的

- 建立[J]. 中国植保导刊, 2017, 37(11): 80-83.
- MA Li, YIN Yong, FENG Chuanhong, REN Xiaoping, GONG Guoshu, CHEN Huabao, ZHUANG Qiguo, TU Meiyuan, WANG Hua. The current situation of kiwifruit bacterial canker in Sichuan province and the establishment of a green control technology system[J]. China Plant Protection, 2017, 37(11): 80-83.
- [8] DONATI I, CELLINI A, BURIANI G, MAURI S, KAY C, TACCONI G, SPINELLI F. Pathways of flower infection and pollen-mediated dispersion of *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*, the causal agent of kiwifruit bacterial canker[J]. Horticulture Research, 2018, 5: 56.
- [9] VANNESTE J L. The scientific, economic, and social impacts of the New Zealand outbreak of bacterial canker of kiwifruit (*Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*) [J]. Annual Review of Phytopathology, 2017, 55: 377-399.
- [10] 王忠肃, 唐显富, 刘绍基. 猕猴桃细菌溃疡病 (*Actinidia* bacterial canker) 病原细菌鉴定[J]. 西南农业大学学报, 1992, 14(6): 500-503.
- WANG Zhongsu, TANG Xianfu, LIU Shaoji. Identification of the pathogenic bacterium for bacterial canker on *Actinidia* in Sichuan[J]. Journal of Southwest Agricultural University, 1992, 14(6): 500-503.
- [11] 承河元, 李瑶, 万嗣, 章健, 庞庆, 李果, 邢家华. 安徽省猕猴桃溃疡病菌鉴定[J]. 安徽农业大学学报, 1995, 22(3): 219-223.
- CHENG Heyuan, LI Yao, WAN Si, ZHANG Jian, PANG Qing, LI Guo, XING Jiahua. Pathogenic identification of kiwifruit bacterial canker in Anhui[J]. Journal of Anhui Agricultural University, 1995, 22(3): 219-223.
- [12] 林尤剑, 高日霞. 福建猕猴桃病害调查与鉴定[J]. 福建农业大学学报, 1995, 24(1): 49-53.
- LIN Youjian, GAO Rixia. Survey and identification of *Actinidia* spp. diseases in Fujian, China[J]. Journal of Fujian Agricultural University, 1995, 24(1): 49-53.
- [13] 邵宝林, 王成华, 张婧, 刘露希, 朱天辉, 庄启国. 猕猴桃溃疡病菌在中国的适生性分析[J]. 植物保护, 2016, 42(2): 146-150.
- SHAO Baolin, WANG Chenghua, ZHANG Jing, LIU Luxi, ZHU Tianhui, ZHUANG Qiguo. Geographical distributions of *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* in China[J]. Plant Protection, 2016, 42(2): 146-150.
- [14] 李黎, 钟彩虹, 李大卫, 张胜菊, 黄宏文. 猕猴桃细菌性溃疡病的研究进展[J]. 华中农业大学学报, 2013, 32(5): 124-133.
- LI Li, ZHONG Caihong, LI Dawei, ZHANG Shengju, HUANG Hongwen. Research progress on bacterial canker disease of kiwifruit[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2013, 32(5): 124-133.
- [15] 李亚巍, 王小洁, 吴群, 李士谣, 李双荣, 朱立武, 刘普. 猕猴桃溃疡病菌的田间分布及其传播规律[J]. 生物学杂志, 2019, 36(2): 46-50.
- LI Yawei, WANG Xiaojie, WU Qun, LI Shiyao, LI Shuangrong, ZHU Liwu, LIU Pu. The field distribution and prevalence rules of *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* in kiwifruit[J]. Journal of Biology, 2019, 36(2): 46-50.
- [16] DENG S Y, CHANG W, QUE Y W, LIU J, WANG H. Survival of *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* in detached kiwifruit leaves at different environmental conditions[J]. PeerJ, 2023, 11: e15031.
- [17] 云飞, 梁林, 鲍彦彬, 石雅丽, 孙亚超, 李永丽, 兰辉. 革兰氏阳性与阴性细菌基因组 DNA 提取方法的优化[J]. 安徽农业科学, 2021, 49(10): 98-100.
- YUN Fei, LIANG Lin, BAO Yanbin, SHI Yali, SUN Yachao, LI Yongli, LAN Hui. Optimization of methods for genomic DNA extraction from bacteria[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2021, 49(10): 98-100.
- [18] BALESTRA G M, TARATUFOLO M C, VINATZER B A, MAZZAGLIA A. A multiplex PCR assay for detection of *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* and differentiation of populations with different geographic origin[J]. Plant Disease, 2013, 97(4): 472-478.
- [19] 黄其玲. 应用 GFPuv 标记技术研究猕猴桃溃疡病菌在组织中的侵染扩展动态[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2013.
- HUANG Qiling. Use of the green fluorescent protein variant GFPuv for analysis of *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* infection, movement and colonization in kiwifruit[D]. Yangling: Northwest A & F University, 2013.
- [20] 秦虎强, 刘巍, 赵英杰, 朱穗层, 郭成, 李建民, 刘宁娟, 车晓娟, 金平涛, 黄丽丽. 猕猴桃细菌性溃疡病防控关键技术示范及效果评价[J]. 陕西农业科学, 2020, 66(5): 20-25.
- QIN Huqiang, LIU Wei, ZHAO Yingjie, ZHU Suiceng, GUO Cheng, LI Jianmin, LIU Ningjuan, CHE Xiaojuan, JIN Pingtao, HUANG Lili. Demonstration and evaluation of key techniques for control of kiwifruit bacterial canker[J]. Shaanxi Journal of Agricultural Sciences, 2020, 66(5): 20-25.
- [21] 金平涛, 王亚红, 黄丽丽. 周至县猕猴桃溃疡病绿色防控“两前两后”关键技术[J]. 陕西农业科学, 2022, 68(5): 97-99.
- JIN Pingtao, WANG Yahong, HUANG Lili. Practice and application of a key technology for green control of kiwifruit bacterial canker in Zhouzhi county[J]. Shaanxi Journal of Agricultural Sciences, 2022, 68(5): 97-99.
- [22] TYSON J L, REES-GEORGE J, CURTIS C L, MANNING M A, FULLERTON R A. Survival of *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* on the orchard floor over winter[J]. New Zealand Plant Protection, 2012, 65: 25-28.
- [23] 黄其玲, 高小宁, 赵志博, 秦虎强, 黄丽丽. GFPuv 标记猕猴桃溃疡病菌的生物学特性及其在土壤、根系中的定殖[J]. 中国农业科学, 2013, 46(2): 282-291.
- HUANG Qiling, GAO Xiaoning, ZHAO Zhibo, QIN Huqiang, HUANG Lili. Transformed GFPuv into *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* and its biological characteristics and colonization in soil and roots of kiwifruit[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2013, 46(2): 282-291.
- [24] 冯华, 李海洲. 周至县猕猴桃溃疡病流行规律及其综合防治措施[J]. 中国植保导刊, 2009, 29(11): 29-30.
- FENG Hua, LI Haizhou. The epidemic pattern of kiwifruit canker disease in Zhouzhi county and its comprehensive control measures[J]. China Plant Protection, 2009, 29(11): 29-30.
- [25] 李春辉, 刘锋, 向绍鹏, 田紫君. 猕猴桃溃疡病综合防治技术[J]. 中国植保导刊, 2024, 44(2): 61-64.
- LI Chunhui, LIU Feng, XIANG Shaopeng, TIAN Zijun. Integrated control technology for kiwifruit canker disease[J]. China Plant Protection, 2024, 44(2): 61-64.