

纳米农药和农用增效剂对三华李蚜虫和炭疽病的防治效果

李明斌¹, 黄建昌², 李彩琴^{2*}

¹信宜市钱排粤强生态农业发展有限公司, 广东 信宜

²仲恺农业工程学院园艺园林学院, 广东 广州

收稿日期: 2025年12月15日; 录用日期: 2026年1月14日; 发布日期: 2026年1月20日

摘要

本试验以三华李蚜虫和炭疽病为防治对象, 研究水基化纳米农药噻虫啉和苯甲嘧菌酯结合农用增效剂处理的防治效果。试验结果表明: 施药后第10 d, 3个药剂处理的蚜虫平均虫口减退率分别为82.0%~96.4%, 显著高于对照的23.8%, 平均防效77.7%~93.8%。施药后第21 d, 三华李炭疽病防治效果明显, 3个药剂处理的平均病果率为3.81%~7.45%, 显著低于对照的23.33%, 平均病情指数为2.69%~5.35%, 显著低于对照的25.00%。添加农用增效剂处理可以提高药效, 也能够取得良好的防治效果, 添加农用增效剂减少30%的农药用量均可以保持对蚜虫和炭疽病防治效果。

关键词

三华李, 水基化纳米农药, 农用增效剂, 蚜虫, 炭疽病, 防效

Synergistic Effects of Water-Based Nano-Pesticides and Agricultural Synergists against Aphids and Anthracnose of Sanhua Plums

Mingbin Li¹, Jianchang Huang², Caiqin Li^{2*}

¹Yueqiang Ecological Agriculture Development Co., Ltd., Xinyi Guangdong

²College of Horticulture and Landscape Architecture, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou Guangdong

Received: December 15, 2025; accepted: January 14, 2026; published: January 20, 2026

*通讯作者。

文章引用: 李明斌, 黄建昌, 李彩琴. 纳米农药和农用增效剂对三华李蚜虫和炭疽病的防治效果[J]. 农业科学, 2026, 16(1): 135-139. DOI: [10.12677/hjas.2026.161019](https://doi.org/10.12677/hjas.2026.161019)

Abstract

To investigate effective and reduced-risk strategies for managing aphids and anthracnose in Sanhua plums, this study assessed the performance of water-based nano-pesticides (thiacloprid and difenoconazole·azoxystrobin) in combination with agricultural synergists. Field trials revealed that on day 10 post-application, the treatments achieved aphid control efficacies of 77.7% to 93.8%, corresponding to population reductions of 82.0% to 96.4%, which were significantly superior to the control. By day 21, the treatments also showed significant suppressive effects on anthracnose, with the diseased fruit rate and disease index ranging from 3.81% to 7.45% and 2.69% to 5.35%, respectively, both markedly lower than those of the untreated control (23.33% and 25.00%). A key finding was that the inclusion of agricultural synergists not only enhanced the overall pesticide efficacy but also enabled a 30% reduction in pesticide dosage without compromising control levels against either pest. These results suggest that the combination of nano-pesticides and synergists is a promising strategy for sustainable pest management in plum orchards.

Keywords

Sanhua Plum, Water-Based Nano-Pesticide, Agricultural Synergist, Aphid, Anthracnose, Control Efficacy

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

三华李(*Prunus salicina* Lindl. cv. Sanhua)是中国李的特色南方品种群，栽培历史悠久，在广东中北部地区广泛种植。其主产区地处南亚热带季风气候区，长期高温高湿的环境导致病虫害发生程度较重，农药施用强度较高，对果实质量安全构成潜在风险。病虫害防控作为果园管理的核心措施，既是保障树体健康的关键手段，也是确保产品质量安全的重要环节，而科学选药则是实现病虫害有效防控的核心前提。

广东省信宜市作为三华李的核心产区，蚜虫(Aphidoidea)和炭疽病(*Colletotrichum spp.*)是当地三华李的主要病虫害。近年来，二者为害呈普遍加重趋势，对树体生长及果实产量造成显著影响。实际生产中，部分果农存在盲目用药现象，导致农药残留问题突出，农产品质量安全难以有效保障[1]。已有研究表明，与传统农药剂型相比，纳米农药因在作物叶面具有更强的粘附性，可显著提升对靶标生物的防控效果[2][3]；此外，喷施农药时适量添加农用增效剂，在保证防控效果的前提下，通过减少农药用量不仅能降低使用成本，还可在一定程度上提升果实食用安全性[1][4][5]。本研究以三华李为试验材料，采用水基化纳米农药及农用增效剂处理，系统探究其对蚜虫和炭疽病的防治效果，旨在为优化三华李病虫害防控技术、提升果实质量安全水平提供理论依据。

2. 材料与方法

2.1. 试验材料及处理

试验于2024年在广东省信宜市钱排镇粤强生态农业发展有限公司示范果园开展。供试三华李(*Prunus salicina* Lindl. cv. Sanhua)为8年生植株，地势平整，树龄及生长势一致，种植密度35株/666.7 m²，株高

约 2 m, 东西向冠幅 4.3~4.5 m 及南北向冠幅 4.1~4.6 m。

供试药剂：有机硅农用增效剂(ZH-88, 由仲恺农业工程学院农业化工团队研发)；水基化纳米农药包括噻虫啉(thiacloprid, 杀虫剂)和苯甲嘧菌酯(difenoconazole·azoxystrobin, 杀菌剂), 均由惠州市银农科技有限公司生产。

试验于萌芽嫩梢期(蚜虫防治)和幼果期(炭疽病防治)开展, 具体时间为: 2024 年 3 月上旬喷施噻虫啉纳米农药防控蚜虫, 4 月下旬再喷施苯甲嘧菌酯纳米农药防治炭疽病, 喷药时间均为 15:00 后(多云天气)。

药效试验于病虫发生初始期开展, 设 4 个处理: 处理 A(常规剂量水基化纳米农药)、处理 B(水基化纳米农药减量 30% + 0.05% ZH-88 农用增效剂)、处理 C(水基化纳米农药减量 40% + 0.05% ZH-88 农用增效剂)、处理 D(清水对照)。每处理 10 株, 3 次重复, 共 30 株/处理。各药剂均按说明书推荐浓度配制; 试验当日天气晴朗、微风, 施药时气温约 23℃ 左右; 各处理按常规肥水管理。

2.2. 调查及药效计算方法

每处理每株于东、南、西、北、中 5 个方位随机选取 20 个新梢及 30 个果实(挂牌标记), 用于蚜虫及炭疽病防效调查。

蚜虫防效调查: 于施药后 1 d、6 d 和 10 d 调查活虫数, 计算虫口减退率及防治效果。计算方法参照谢国源等[1]:

$$\text{虫口减退率}(\%) = (\text{施药前活虫数} - \text{施药后活虫数}) / \text{施药前活虫数} \times 100$$

$$\text{防效}(\%) = (\text{处理区虫口减退率} - \text{对照区虫口减退率}) / (100 - \text{对照区虫口减退率}) \times 100$$

炭疽病防效调查: 于施药后 7 d、14 d、21 d 调查果实发病情况, 计算病果率及病情指数(参照刘海骞 [6]、黄建昌等[7]的方法), 防效参照李金峰等[8]的方法计算:

$$\text{病果率}(\%) = \text{发病果数} / \text{总调查果数} \times 100$$

$$\text{防效}(\%) = (\text{对照区病情指数} - \text{处理区病情指数}) / \text{对照区病情指数} \times 100。$$

3. 结果与分析

3.1. 对蚜虫的防治效果

Table 1. Efficacy of thiacloprid nano-pesticide and an agricultural synergist against aphids on Sanhua plums
表 1. 纳米农药噻虫啉和农用增效剂对三华李蚜虫的防治效果

| 处理重复 | 施药前 蚜虫数(头) | 施药后 1 d | | | | 施药后 6 d | | | | 施药后 10 d | | | |
|------|---------------|-----------------|--------------|-----------|-------------|-----------------|--------------|-----------|-------------|-----------------|--------------|-----------|-------------|
| | | 蚜虫数 (头/30 株) | 虫口 减退率(%) | 防效 (%) | 平均防效 (%) | 蚜虫数 (头/30 株) | 虫口 减退率(%) | 防效 (%) | 平均防效 (%) | 蚜虫数 (头/30 株) | 虫口 减退率(%) | 防效 (%) | 平均防效 (%) |
| I | 1346 | 626 | 53.5 | 54.8 | | 102 | 92.4 | 91.8 | | 58 | 95.7 | 94.1 | |
| A II | 1298 | 689 | 46.9 | 52.1 | 53.8 | 98 | 92.3 | 90.8 | 90.9 | 47 | 96.4 | 95.2 | 93.8 |
| III | 1275 | 615 | 51.8 | 54.6 | | 116 | 90.9 | 90.1 | | 81 | 93.6 | 92.2 | |
| I | 1198 | 601 | 49.8 | 51.2 | | 113 | 90.6 | 89.9 | | 55 | 95.4 | 93.7 | |
| B II | 1215 | 598 | 50.8 | 55.6 | 54.9 | 104 | 91.4 | 89.7 | 90.1 | 69 | 94.3 | 92.3 | 93.6 |
| III | 1278 | 575 | 55.0 | 57.8 | | 108 | 91.5 | 90.7 | | 54 | 95.8 | 94.9 | |
| I | 1257 | 735 | 41.5 | 43.1 | | 231 | 81.6 | 80.2 | | 194 | 84.6 | 78.8 | |
| C II | 1198 | 732 | 38.9 | 44.9 | 45.3 | 266 | 77.8 | 73.3 | 75.4 | 211 | 82.4 | 76.3 | 77.7 |
| III | 1214 | 674 | 44.5 | 47.9 | | 305 | 74.9 | 72.6 | | 218 | 82.0 | 77.9 | |

续表

| | | | | | | | | | | | |
|-----|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|---|
| I | 1276 | 1312 | -2.8 | / | 1185 | 7.1 | / | 927 | 27.4 | / | |
| D | II | 1233 | 1368 | -10.9 | / | 1027 | 16.7 | / | 916 | 25.7 | / |
| III | 1258 | 1341 | -6.6 | / | 1151 | 8.5 | / | 1026 | 18.4 | / | |

蚜虫主要为害三华李幼嫩枝叶并诱发烟煤病，其防治效果直接影响枝梢生长、果实发育及品质。田间试验表明(见表 1)，喷药前各处理虫口基数无显著差异；施药后 1 d，各药剂处理虫口减退率达 38.9%~55.0%，防效为 45.3%~54.9%，均显著高于清水对照，说明水基化纳米农药噻虫啉对蚜虫具有良好速效性。进一步比较各处理间差异：常规剂量(处理 A)与 30% 减量 + 0.05% ZH-88 增效剂(处理 B)防效无显著差异，而 40% 减量 + 增效剂(处理 C)防效略低，表明添加增效剂后农药用量减少 30% 仍可维持等效防控效果，减量 40% 则效果下降。施药后 6 d，处理 B 和处理 A 防效仍无显著差异，验证了增效剂对减量用药的增效作用；处理 C 防效持续偏低，提示农药减量超过阈值会影响防控效果。施药后 10 d，处理 A 和处理 B 防效分别达 93.8% 和 93.6%，表现出纳米农药的持久防控特性，且增效剂可维持药效稳定性，既降低农药残留风险，又减少生产成本；处理 C 防效(77.7%)显著低于前两者，进一步证实 40% 减量过多。综合来看，水基化纳米农药噻虫啉减量 30% 配合 ZH-88 增效剂处理对蚜虫的防效可靠且稳定。

3.2. 对炭疽病的防治效果

不同药剂处理对炭疽病的防控效果见表 2。施药后各处理病果率显著降低，表明水基化纳米农药苯甲嘧菌酯对炭疽病具有良好防控效果。施药后 7 d，各药剂处理病果率为 1.44%~2.74%，病情指数为 0.12%~0.36%，均显著低于对照(病果率 12.22%，病情指数 6.02%)；其中处理 A 防效与处理 B 防效无显著差异，处理 C 防效略低，说明添加增效剂后 30% 减量仍可维持高效防控，40% 减量则效果减弱。施药后 14 d，各处理病果率(3.02%~5.54%)和病情指数(0.53%~2.48%)仍显著低于对照(病果率 17.91%，病情指数 12.66%)；其中处理 A 与处理 B 防效无明显差异，处理 C 仍偏低。施药后 21 d，各药剂处理病果率(3.81%~7.45%)和病情指数(2.69%~5.35%)持续显著低于对照(病果率 23.33%，病情指数 25.00%)；其中处理 A 与处理 B 防效仍无明显差异，处理 C 防效明显低于前两者，表明水基化纳米农药苯甲嘧菌酯具有持久防控效果，且 30% 减量配合增效剂可维持稳定防效，40% 减量则持久性不足。

综上，水基化纳米农药噻虫啉和苯甲嘧菌酯对三华李蚜虫和炭疽病均表现出良好防控效果；添加 0.05% ZH-88 农用增效剂后，农药用量减少 30% 仍可维持等效防效(处理 B)，而 40% 减量(处理 C)则导致速效性和持久性下降。该结果为优化三华李病虫害防控技术、降低农药使用风险提供了重要参考。

Table 2. Efficacy of difenoconazole·azoxystrobin nano-pesticide and an agricultural synergist against anthracnose on Sanhua plums
表 2. 纳米农药苯甲嘧菌酯和农用增效剂对三华李炭疽病的防治效果

| 处理 | 重复 | 果实数 | 施药后第 7 d | | | 施药后第 14 d | | | 施药后第 21 d | | |
|-----|-----|------|----------|----------|---------|-----------|-----------|--------|-----------|---------|--------|
| | | | 病果数 | 平均病果率(%) | 病情指数(%) | 病果率(%) | 平均病情指数(%) | 病果率(%) | 平均病果率(%) | 病情指数(%) | 病果率(%) |
| I | 273 | 1.66 | | 0.14 | | 2.85 | | 0.53 | | 3.93 | |
| A | II | 302 | 1.54 | 1.45 | 0.10 | 0.12 | 3.14 | 3.12 | 0.60 | 0.54 | 4.51 |
| III | 335 | 1.16 | | 0.12 | | 3.36 | | 0.48 | | 3.45 | |
| I | 289 | 1.62 | | 0.11 | | 2.76 | | 0.58 | | 4.11 | |
| B | II | 278 | 1.24 | 1.44 | 0.13 | 0.13 | 3.74 | 3.02 | 0.46 | 0.53 | 3.85 |
| III | 310 | 1.46 | | 0.15 | | 2.56 | | 0.55 | | 3.46 | |

续表

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| I | 288 | 2.25 | | 0.31 | | 5.31 | | 3.42 | | 6.67 | | 5.17 |
| C | II | 312 | 3.68 | 2.74 | 0.34 | 0.36 | 6.67 | 5.54 | 1.68 | 2.48 | 7.26 | 7.45 |
| III | 308 | 2.31 | | 0.43 | | 4.63 | | 2.34 | | 8.41 | | 6.03 |
| I | 306 | 13.44 | | 6.14 | | 18.55 | | 11.82 | | 21.58 | | 26.31 |
| D | II | 311 | 11.68 | 12.22 | 5.65 | 6.02 | 16.76 | 17.91 | 13.47 | 12.66 | 22.67 | 23.33 |
| III | 296 | 11.53 | | 6.26 | | 18.42 | | 12.68 | | 25.73 | | 24.95 |

4. 讨论

蚜虫和炭疽病是三华李普遍严重发生的主要病虫，对树体生长及果实产量影响大，如何控制农药施用强度，降低农药残留，有效保证农产品质量安全，是实际生产中需要解决的难题。本研究通过田间试验验证了水基化纳米农药(噻虫啉和苯甲·嘧菌酯)与农用增效剂(ZH-88)协同应用对三华李蚜虫及炭疽病的防控效果。数据显示，纳米农药减量30%配合0.05%ZH-88增效剂处理对蚜虫防效提升显著，且持效期较传统剂型延长5~7 d，这与纳米剂型的高渗透性、高传导性及高化学稳定性特性直接相关——纳米载体可增强农药在叶片角质层的穿透能力，同时通过缓释效应延长活性成分作用时间[3][8]。增效剂ZH-88的超低表面活性特性(基于硅基化合物与亲水基团改性)进一步强化了纳米农药的叶面附着与渗透效率[1][4]，二者协同作用可能通过降低药液表面张力、促进气孔吸收等途径实现，具体分子机制需通过显微观测或代谢组学进一步验证。

本研究表明纳米农药减量配合增效剂使用可在不损害果实品质与产量的前提下提升防控效率，为精准施药技术提供了数据支撑。值得注意的是，对照组虫口密度/病情指数在试验期间呈现与降雨、温度等气候条件相关的波动特征，后续研究可进一步结合实时气象数据建立预测模型，以优化喷药时机。此外，纳米农药与增效剂的长期生态效应(如对土壤微生物群落的影响)尚未明确，需开展更长期的田间监测与风险评估。本试验结论仅基于三华李的病虫害(蚜虫、炭疽病)防控功用，推广至其他作物或病虫害体系需作进一步验证。

基金项目

2023年广东省科技创新战略专项资金(“大专项+任务清单”)入库项目(高效纳米农药绿色防控三华李病虫关键技术研发及应用，221024164554783)。

参考文献

- [1] 谢国源,胡文斌,黄建昌,等.农用增效剂对菜青虫和蚜虫防治药效试验[J].农业科学,2023(12): 53-55.
- [2] 王帅,张信楠,苏雨桐,等.20%氯虫苯甲酰胺纳米悬浮剂的制备及对玉米螟的防治效果[J].农药学学报,2025,27(2): 358-364.
- [3] 陈敏,张伟,陈平,等.纳米载体递送吡唑醚菌酯对苹果斑点落叶病的室内生物活性和田间药效评价[J].农药,2025,64(5): 1-4.
- [4] 张利,刘德荣,刘兴勇,等.新型农用增效剂研究[J].四川理工学院学报,2005,18(1): 9-12.
- [5] 陈秀莹,谢慧琳,胡文斌,等.Pt-AlMCM-41催化剂的制备及催化合成有机硅增效剂[J].无机化学学报,2018,34(5): 933-941.
- [6] 刘海春.李子树常见病虫害的发生与防治[J].农业工程技术,2021,41(32): 45-46.
- [7] 黄建昌,肖艳,赵春香,等.香蕉李绿色高效栽培技术探讨[J].园艺与种苗,2015(11): 19-21.
- [8] 李金峰,姜延军,史广亮,等.15%苯甲·吡唑酯微乳剂对苹果黑星病和锈病最低有效防治剂量筛选[J].中国南方果树,2025,54(4): 168-171.