

唐兴敏,任立瑞,杨金凤,等. 6 种铜制剂对苹果轮纹病菌的抑制作用持效期及其影响因素[J]. 江苏农业科学,2016,44(5):163-166.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.05.045

# 6 种铜制剂对苹果轮纹病菌的抑制作用持效期及其影响因素

唐兴敏,任立瑞,杨金凤,胡同乐,曹克强

(河北农业大学植物保护学院,河北保定 071001)

**摘要:**为了筛选出对苹果轮纹病菌抑制效果好、持效期长并且对果树安全的铜制剂,选取生产上常用的 6 种铜制剂,以代森锰锌和石硫合剂作为对照药剂,采用载玻片孢子萌发法测定了不同铜制剂对苹果轮纹病菌分生孢子萌发抑制作用的持效期,并进行了光照与降雨对不同药剂持效期的影响以及各药剂对果实的药害等方面的试验。结果表明:在 6 种铜制剂和 2 种对照药剂中,倍量式波尔多液、硫酸铜和松脂酸铜是抑制苹果轮纹病菌分生孢子萌发最好的药剂,药后 15 d 抑菌率仍达到 95% 左右,维持抑菌效果在 50% 以上的持效期长达 20 d 以上;其次是氢氧化铜,药后 7 d 抑制作用 65% 左右,持效期为 7 d;其他药剂持效期短,抑制效果较差。药剂抑制作用持效期受降雨和光照影响,但影响程度不同,药后 15 d 之内,光照和降雨处理对倍量式波尔多液和硫酸铜的抑菌作用无显著性影响,但使松脂酸铜的抑菌作用显著性降低;药害试验表明,硫酸铜对苹果幼果有药害,其他药剂在本研究使用浓度条件下对幼果安全。

**关键词:**苹果轮纹病;铜制剂;抑菌作用;持效期

**中图分类号:** S436.611.1<sup>+</sup>9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)05-0163-04

苹果轮纹病 [*Botryosphaeria dothidea* (Moug.) Ces. et de Not.] 别称粗皮病<sup>[1]</sup>,是我国苹果生产中的一个重要病害,该病菌不仅能够侵染苹果果实导致烂果,还能侵染枝干,引起枝干溃疡、枝条枯死,导致树势衰弱。近年来,主栽品种的更迭,以及优质但感病的品种栽培面积不断扩大,再加上大量矮砧密植富士苹果的种植,苹果轮纹病已与苹果树腐烂病、苹果早期落叶病成为我国苹果的三大主要病害<sup>[2]</sup>,逐渐成为生产上的突出问题。目前国内外仍以化学药剂防治为主,铜制剂作为矿物源农药,是比较常用的一类药剂,自开发利用至今已有 200 余年历史,具有杀菌谱广、无抗药性、持效期较长、对农产品和环境比较安全等优点,已成为果树、蔬菜、农作物病害防治的主要药剂<sup>[3-4]</sup>。在现代农作物无公害生产中,铜制剂使用前景非常广阔<sup>[5]</sup>,但市场上铜制剂种类较多,各有特点,如果选用或使用不当,铜离子常常会导致果树发生药害<sup>[6]</sup>,尤其在幼果期易产生药害<sup>[7]</sup>。在众多铜制剂中筛选出抑菌效果好、持效期长、对环境稳定性好、对果树安全的一种或几种较好的铜制剂,对苹果轮纹病的防治具有重要指导意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

供试苹果品种:富士,为苹果轮纹病感病品种,由河北农业大学植物病害流行与综合防控研究室试验基地提供。供试

病原菌:苹果轮纹病菌 (*Botryosphaeria dothidea*),由河北农业大学植物病害流行与综合防治研究室提供。供试药剂:本研究根据药剂的有效成分种类,选择生产上常用的 6 种铜制剂及 2 种对照药剂,药剂的详细信息见表 1。

### 1.2 试验方法

1.2.1 苹果轮纹病菌分生孢子的获得 接种未成熟苹果果实,黑光灯下诱导苹果轮纹病菌产生分生孢子<sup>[8]</sup>。将分生孢子在无菌水中混匀,配制成孢子浓度为  $1 \times 10^5 \sim 1 \times 10^6$  个/mL 的孢子悬液备用。

1.2.2 药剂对病菌抑制作用的测定方法 本试验采用玻片孢子萌发法,即先在载玻片上滴定量药液,待药液自然干燥后,再在滴药部位滴 30  $\mu$ L 孢子悬浮液,对其进行保湿培养,25  $^{\circ}$ C 黑暗培养 8~9 h 后,采用 5 点取样法,在显微镜下计数分生孢子萌发情况,每个处理总计检查不少于 100 个分生孢子,计算孢子萌发率和药液对孢子萌发的抑制率。分生孢子的萌发率和抑制率计算公式为:

孢子萌发率 = 萌发的孢子总数/检查的孢子总数  $\times 100\%$ ;

孢子萌发抑制率 = (对照孢子萌发率 - 处理孢子萌发率)/对照孢子萌发率  $\times 100\%$ 。

1.2.3 室内条件下不同药剂抑制作用持效期的测定 供试药剂按照表 1 建议用量进行稀释。于检测前 20、15、7、3、1 d,用移液器吸取 30  $\mu$ L 铜制剂药液分别均匀滴于载玻片上,同时设代森锰锌、石硫合剂和清水对照,4 次重复。待药液自然干燥后,置于室内保存,到达处理时间后,运用“1.2.2”节的检测方法测定各处理的孢子萌发率,并计算抑制率。

1.2.4 降雨和光照对药剂抑制作用持效期的影响 药液的稀释浓度同“1.2.3”节,于接种前 20、15、7、3、1 d,取 30  $\mu$ L 铜制剂药液分别均匀滴于载玻片上,同时设代森锰锌、石硫合剂和清水对照,4 次重复。待药液自然干燥后,进行不同处理。

收稿日期:2016-01-14

基金项目:国家苹果产业技术体系项目(编号:CARS-28)。

作者简介:唐兴敏(1989—),女,河北邯郸人,硕士研究生,从事植物病害流行与综合防治研究。E-mail: tangxingmin0602@163.com。

通信作者:胡同乐,博士,教授,从事植物病害流行与综合防治研究, E-mail: tonglemail@126.com;曹克强,博士,教授,博士生导师,从事植物病害流行与综合防治研究, E-mail: ckq@hebau.edu.cn。

为了明确室外气象因素中降雨和光照对不同药剂持效期的影响,设置了 4 种处理,分别是避光避雨、避光淋雨、光照避雨、光照淋雨。避光处理,用完全遮光的遮阳网将滴有药液的载玻片覆盖;光照处理,即不覆盖遮阳网,直接将滴有药液的载

玻片置于自然光照处。淋雨处理即在接种前 1 d 对滴药载玻片喷水,模拟雨量为中雨量(降雨量 20 mm),避雨处理即不进行模拟降雨。到达处理时间后,运用“1.2.2”节的检测方法测定各处理的孢子萌发率,并计算抑制率。

表 1 供试药剂一览

药剂	生产厂家	剂型	建议用量	田间用药成本 (元/667m <sup>2</sup> )
硫酸铜钙	江苏龙灯化学有限公司	77% 可湿性粉剂	2 142.7 g/hm <sup>2</sup>	21.4
氢氧化铜	澳大利亚纽发姆有限公司	37.5% 悬浮剂	1 000.0 mL/hm <sup>2</sup>	10.7
松脂酸铜	天津施普乐有限公司	12% 乳油	3 062.5 mL/hm <sup>2</sup>	30.6
硫酸铜	天津天大化工实验厂	99% 分析纯晶体	7 500.0 g/hm <sup>2</sup>	14.0
波尔多液	美国仙农有限公司	80% 可湿性粉剂	3 000.0 g/hm <sup>2</sup>	20.0
倍量式波尔多液	河北农业大学植物病害流行与综合防治研究室配制	—	7 500.0 mL/hm <sup>2</sup>	34.0
代森锰锌	陶氏益农科技有限公司	80% 可湿性粉剂	2 142.2 g/hm <sup>2</sup>	9.1
石硫合剂	天津汇源化学品有限公司	29% 水剂	19 950.0 mL/hm <sup>2</sup>	13.3

1.2.5 不同药剂对幼果药害的测定 于晴朗无风的上午(2015 年 5 月 12 日)在河北农业大学国家苹果产业技术体系苹果病虫害防控实验基地选取富士品种苹果树,在其上、中、下各选取 3 个幼果,测量直径并记录。按照药剂建议用量稀释药剂,随后用小喷壶将药液均匀喷到幼果的表面,直到有液滴滴下为止,设代森锰锌、石硫合剂和清水对照,3 次重复。施药后,每 15 d 检查 1 次是否出现药害。

1.3 数据统计分析方法

数据分析软件采用了 DPS 数据处理系统(data processing system,DPS v7.05,杭州睿丰信息技术有限公司)完成。

2 结果与分析

2.1 室内条件下药剂抑制作用持效期测定结果

室内条件下检测(表 2)表明,倍量式波尔多液、硫酸铜、

松脂酸铜有较好的抑菌作用,施药后 15 d 接种苹果轮纹病菌的抑制率分别为 100%、100% 和 94.62%,施药后 20 d 分别为 98.32%、97.41% 和 77.51%;氢氧化铜在施药后 1、3、7 d 抑制率分别为 87.30%、67.64% 和 65.60%,15 d 后抑制作用下降至 46.02%;波尔多液和硫酸铜钙抑菌效果差,施药后 1 d 的抑菌率仅为 37.20% 和 18.33%。对照药剂代森锰锌和石硫合剂持效期较短,施药后 3 d 抑制率分别为 100% 和 50.89%,施药后 7 d 分别下降至 19.68% 和 4.23%,基本失去抑菌效果。如果以抑菌率达到 50% 以上的持续时间作为药剂抑制作用的持效期,那么,倍量式波尔多液、硫酸铜、松脂酸铜 3 种药剂的抑制作用持效期可达 20 d 以上;氢氧化铜的持效期在 7 d 以上;波尔多液和硫酸铜钙抑制效果差,基本无抑制效果;对照药剂代森锰锌和石硫合剂持效期仅为 3 d。

表 2 室内条件下不同药剂对苹果轮纹病菌分生孢子萌发的抑制作用

施药与接种间隔时间 (d)	苹果轮纹病菌分生孢子萌发抑制率(%)							
	硫酸铜钙	氢氧化铜	松脂酸铜	硫酸铜	波尔多液	倍量式波尔多液	代森锰锌	石硫合剂
1	18.33a	87.30a	100.00a	100.00a	37.20a	100.00a	100.00a	95.79a
3	8.78b	67.64ab	100.00a	100.00a	29.46a	100.00a	100.00a	50.89b
7	8.57b	65.60bc	100.00a	100.00a	8.32a	100.00a	19.68b	4.23c
15	7.81b	46.02cd	94.62b	100.00a	4.88b	100.00a	16.10b	2.93c
20	3.67b	42.18d	77.51c	97.41b	3.52b	98.32b	5.79b	2.68c

注:同列数据后含有相同字母表示在 0.05 水平上差异不显著(LSD,Duncan's)。

2.2 光照和降雨对药剂抑菌作用持效期的影响

光照和降雨对药剂抑菌作用持效期影响作用的测定结果(图 1 至图 8)表明:避光淋雨、光照避雨和光照淋雨处理后,药剂对分生孢子的抑制作用较避光避雨处理均有不同程度的下降。不同药剂的持效期受降雨和光照影响的程度不同。光照处理条件下,硫酸铜钙(图 1)的抑制作用显著小于避光处理,降雨处理抑制作用较避雨小,但差异不显著;氢氧化铜(图 2)施药 1 d 后,不同处理间抑制作用差异不显著,施药 3 d 后降雨对其抑制作用持效期有显著性影响;松脂酸铜(图 3)的抑菌作用受降雨影响大,降雨处理抑制作用显著低于避雨处理,施药后 1 d 和 20 d,光照淋雨处理条件下抑菌作用显著低于避光淋雨,而施药后 3 d,光照淋雨处理条件下抑菌作用却显著高于避光淋雨,施药后 7 d 和 15 d,2 个处理间无显著性差异,这说明松脂酸铜对光照因素稳定性差;硫酸铜(图

4)抑制作用持效期长,施药 20 d 后,4 个处理的抑制率仍能达到 96% 以上;波尔多液(图 5)抑菌效果差,施药 1 d 后,4 个处理中避光避雨条件下抑菌率最高,仅为 63.67%,其他处理都低于 50%,且光照和降雨都对其持效期有显著影响;自制倍量式波尔多液(图 6)持效期长,施药 20 d 后,各处理抑菌率仍达 90% 以上,光照淋雨处理的抑菌率显著低于其他处理;代森锰锌(图 7)受光照影响小,受降雨影响大,降雨处理的抑菌率均显著低于避雨处理;石硫合剂(图 8)持效期短,施药后 1 d,光照淋雨处理抑菌率 72.38% 显著低于其他处理,接种后 3 d 抑菌率低至 16%。

6 种铜制剂和 2 种对照药剂中,硫酸铜钙抑菌作用持效期受光照影响显著,松脂酸铜、波尔多液持效期受光照和降雨影响显著,氢氧化铜、代森锰锌和石硫合剂持效期受降雨影响显著,硫酸铜和倍量式波尔多液对光照和降雨较稳定,在施药

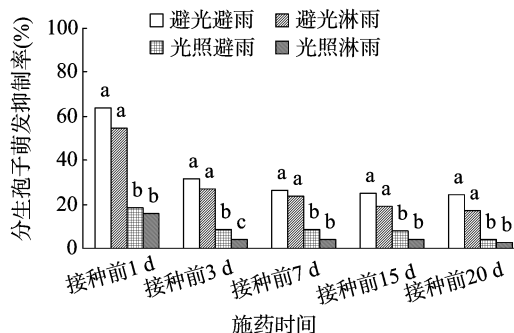


图1 不同处理条件下硫酸铜对苹果轮纹病菌分生孢子萌发的抑制作用

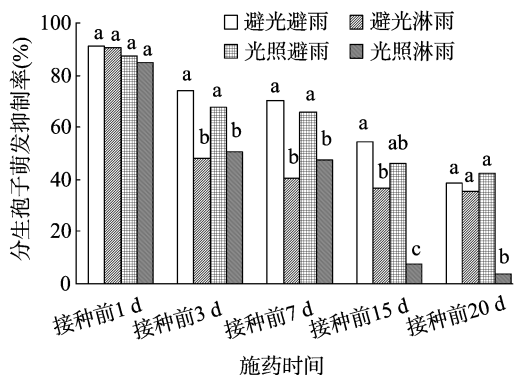


图2 不同处理条件下过氧化氢对苹果轮纹病菌分生孢子萌发的抑制作用

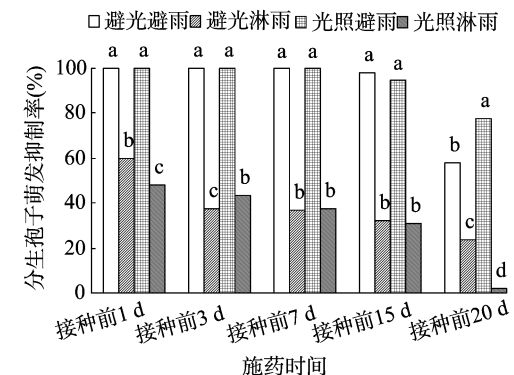


图3 不同处理条件下松脂酸铜对苹果轮纹病菌分生孢子萌发的抑制作用

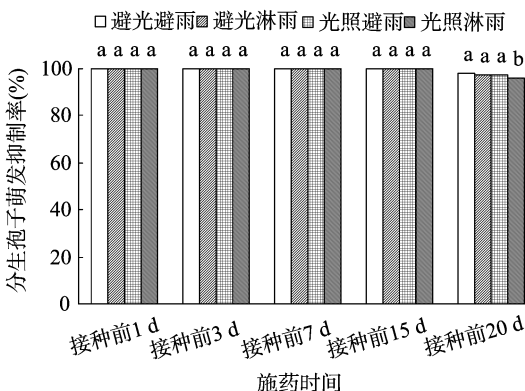


图4 不同处理条件下硫酸铜对苹果轮纹病菌分生孢子萌发的抑制作用

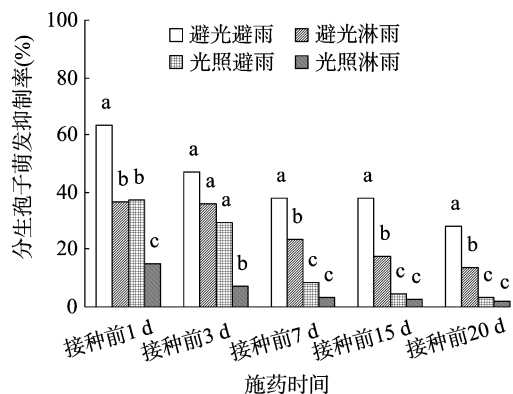


图5 不同处理条件下波尔多液对苹果轮纹病菌分生孢子萌发的抑制作用

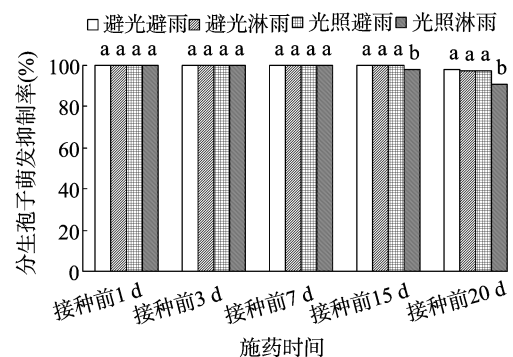


图6 不同处理条件下倍量式波尔多液对苹果轮纹病菌分生孢子萌发的抑制作用

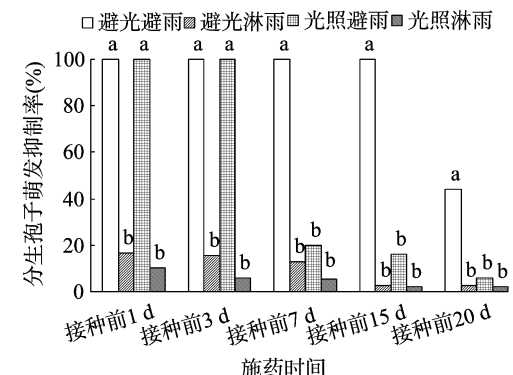


图7 不同处理条件下代森锰锌对苹果轮纹病菌分生孢子萌发的抑制作用

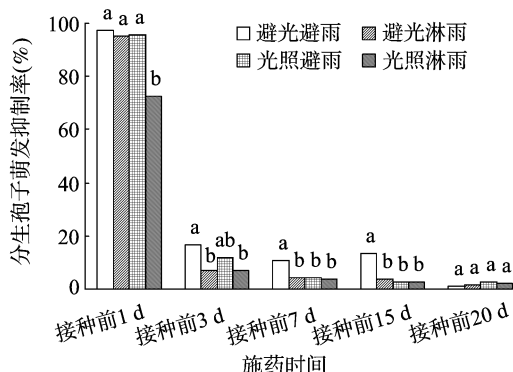


图8 不同处理条件下硫合剂对苹果轮纹病菌分生孢子萌发的抑制作用

20 d 后,降雨对药剂抑制作用影响显著。

### 2.3 不同药剂对幼果药害的测定结果

喷药时间为2015年5月12日,2015年8月25日调查发

现幼果期喷施硫酸铜的果实上出现黑色小斑点,经鉴定为药害症状,其他药剂均未出现药害(图9)。

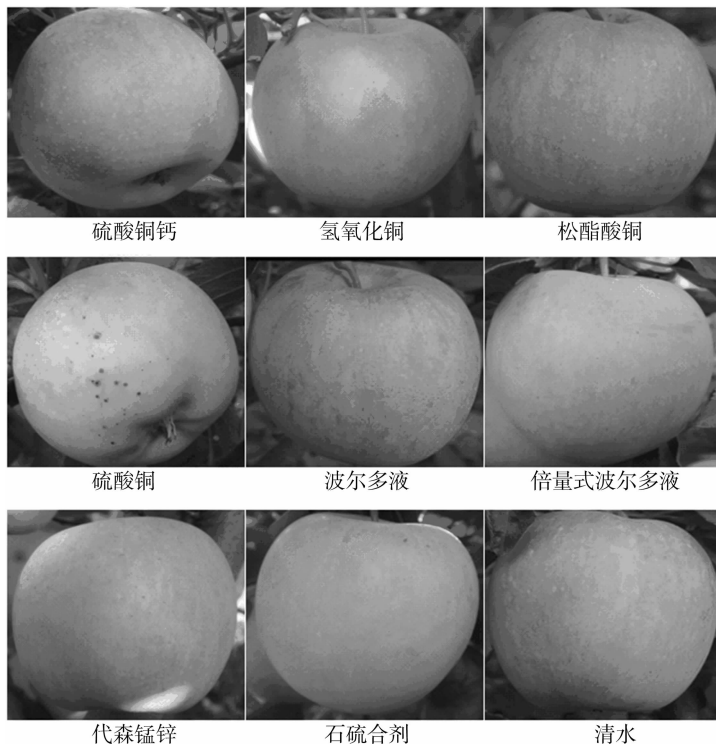


图9 幼果期喷施不同药剂后的药害情况

### 3 结论与讨论

本研究明确了6种铜制剂及对照药剂在喷药后不同时间以及在不同环境条件下对苹果轮纹病菌的抑制作用。倍量式波尔多液、硫酸铜和松脂酸铜是抑制苹果轮纹病菌效果最好的药剂,药后15 d 抑菌率能达到95%左右,防效达50%以上的持效期长达20 d 以上,其次是氢氧化铜,药后7 d 抑制作用在65%左右,持效期为7 d,其他药剂持效期短,抑制效果较差;药剂持效期受降雨和光照影响,但影响程度不同,光照和降雨处理对倍量式波尔多液和硫酸铜的抑菌作用无显著性影响,但使松脂酸铜的抑菌作用显著性降低。药害试验证明,硫酸铜对幼果有药害,其他药剂未出现药害现象。

有相关报道表明,200 倍倍量式波尔多液的保护作用持效期为15 d<sup>[9]</sup>,本研究结果与之稍有差别,主要是衡量持效期所用的防效标准不一致,但均说明了倍量式波尔多液的持效期较长。从实际生产来看,人们通过喷雾防控苹果病害,都有10~15 d 喷1次药的习惯。因此,用药后15 d 药剂的防效应该是评价不同药剂的重要参考。以药后15 d 的防效来看,倍量式波尔多液、硫酸铜和松脂酸铜是最好的药剂,药后15 d 保护效果达95%左右,且倍量式波尔多液和硫酸铜耐光解,耐雨水冲刷,对环境的稳定性好,松脂酸铜不耐雨水冲刷,对环境的稳定性差。尽管使用倍量式波尔多液较为麻烦,而且价格较贵,但考虑到其防控效果,推荐倍量式波尔多液为首选药剂。硫酸铜防效和持效期不亚于倍量式波尔多液,价格只是倍量式波尔多液的二分之一,但鉴于其对幼果有药害,所以在套袋果园可作为首选药剂,在不套袋果园则须谨慎使用。

本研究所采取的测试方法简便易行、受其他因素干扰较小,对于评价不同药剂的残效期具有很强的可操作性和准确性。但是,由于本研究持效期试验均是室内条件下的研究结果,与田间药效持效期会有一定差异;另外载玻片和苹果叶片对药剂的附着力会有一定差异,这也可能会影响持效期测定的结果,但是并不妨碍不同药剂之间的相互比较。有关这些药剂在田间条件下的持效期,还有待于今后进一步测定。

### 参考文献:

- [1] 国立耘,李金云,李保华,等. 中国苹果枝干轮纹病发生和防治情况[J]. 植物保护,2009,35(4):120-123.
- [2] 李彩丽,李春敏,张新忠,等. 苹果抗轮纹病机制及抗病育种研究进展[J]. 中国果树,2009(3):46-49.
- [3] 徐 钰,张 民,杨越超,等. 铜制剂及有机物料对土壤生化性状的影响[J]. 水土保持学报,2006,20(5):65-68,86.
- [4] 张志恒,陈国庆,陈亦根,等. 不同药剂防治方案对某些柑橘病虫害的防治效果及成本分析[J]. 植物保护学报,2003,30(1):69-74.
- [5] 隆旺夫. 铜制剂农药使用前景广阔[J]. 农家科技,2004(5):15.
- [6] 惠隽雄,罗晓锁,刘 社. 铜制剂在防治苹果病害中产生药害原因分析及对策[C]//梁帝允. 农作物药害预防及控制技术研讨会论文集. 2005:167-168.
- [7] 史双院,黄 晓,来宽忍,等. 果园铜制剂农药的使用方法与注意事项[J]. 西北园艺,2011(2):43-44.
- [8] 王 晔. 苹果轮纹病病原菌分生孢子产生和释放规律的研究[D]. 保定:河北农业大学,2010:1-37.
- [9] 沈 倩,范军印,郭 强,等. 波尔多液防治苹果轮纹病的持效期及其影响因素研究[J]. 河南农业科学,2015,44(4):97-100,105.