

苹果白绢病防治药剂的筛选及使用方法

高常燕^{1#}, 李 栋^{1#}, 李保华¹, 张俊丽², 董向丽^{1*}

(1. 青岛农业大学植物医学学院, 青岛 266109; 2. 潍坊职业学院, 潍坊 261041)

摘要 白绢病是苹果苗期和幼树期的重要病害,可导致死树和死苗。为了筛选有效的杀菌剂,提供有效的病害防控技术,通过花盆土壤施药、撒施药土等方法测试了9种杀菌剂和生石灰对白绢病菌的抑制效果。结果表明,95%甲基立枯磷 TC 和 99%噁霉灵 TC 两种药剂能有效抑制白绢病菌的生长和菌核的形成,抑制率在80%以上;25 g/L 咯菌腈 FSC 和 45%抑菌脲 SC 对白绢病菌的生长和菌核形成也有抑制效果,但其抑制率不足50%。9种杀菌剂都不能杀死菌核中的病菌。生石灰能有效抑制白绢病菌生长扩展,其抑菌范围超过5 cm,但不能抑制病菌形成菌核。将生石灰撒于根围或土表,或混入育苗基质、锯末或土壤中,可预防苹果苗期和幼树期的白绢病。甲基立枯磷和噁霉灵可用于苗木消毒、浇施、地面喷雾或随滴灌使用。

关键词 苹果白绢病; 药剂筛选; 防治方法

中图分类号: S 436.611.1+9 **文献标识码:** B **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2018114

Screening and application of fungicides against southern blight caused by *Sclerotium rolfsii* on apple

GAO Changyan¹, LI Dong¹, LI Baohua¹, ZHANG Junli², DONG Xiangli¹

(1. College of Plant Health and Medicine, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, China;

2. Weifang Vocational College, Weifang 261041, China)

Abstract Southern blight (*Sclerotium rolfsii*) is an important disease of apple during seedling and young tree stages and causes death of seedlings and young trees. In order to screen effective fungicides and provide techniques to control the disease, the control effect of nine different fungicides on hyphal growth and sclerotia formation of *Sclerotium rolfsii* were tested via applying the fungicides to soil. Results showed that tolclofos-methyl 95% TC and hymexazol 99% TC could effectively inhibit the hyphal growth and sclerotia formation with the inhibition ratio above 80%. Fludioxonil 25 g/L FSC and iprodione 45% SC could also inhibit the hyphal growth and sclerotia formation, but the inhibition ratio was less than 50%. None of the nine tested fungicides could kill the hyphae in sclerotia. Quick lime can effectively inhibit the hyphal growth and expansion, although it cannot inhibit the formation of sclerotia. The quick lime can inhibit the hyphal growth of pathogen within 5 cm. Quick lime can be applied to the rhizosphere, soil surface, or mixed with nursery matrix, sawdust or soil to prevent occurrence of Southern Blight on apple seedlings and young trees. Tolclofos-methyl and hymexazol can also be used for nursery stock disinfection, spraying on the ground, applying with water pouring or drip irrigation to control the disease.

Key words southern blight of apple; screening of fungicide; methods of control

苹果白绢病(southern blight of apple tree)是苹果树的重要病害,苗木和幼树受害严重^[1]。受害树体叶片变黄,新生叶片小,叶缘卷曲,节间缩短,最终枝干失水皱缩,继而整株死亡^[2-3]。病部菌丝层产生褐色油菜籽状菌核^[4]。白绢病菌为无孢菌目的齐整小

核菌 *Sclerotium rolfsii* Sacc^[5],有性态是担子菌门的罗耳阿太菌 *Athelia rolfsii*,自然条件下不常见^[6]。菌丝白色,有绢丝般光泽,羽毛状,呈放射状扩展;菌核初为白色,后至淡黄色,成熟菌核为深褐色,油菜籽状,大小不等,一般在0.5~3 mm之

收稿日期: 2018-03-15 修订日期: 2018-08-03

基金项目: 国家重点研发计划(2016YFD0201122);山东省重点研发计划(2017CXGC0214);国家现代农业苹果产业技术体系(CARS-27)

* 通信作者 E-mail: xldong0326@163.com

为并列第一作者

间^[6-8]。除危害苹果外,白绢病菌还危害柑橘、油桐、油茶、核桃等多种木本植物,以及花生、甘薯、大葱、辣椒等多种农作物^[6,9-14]。

近年来,随苹果矮砧密植栽培模式的大面积推广和苗木的频繁调运,白绢病的危害逐年加重,部分苹果园和苗圃每年因白绢病导致死树达 10%以上^[15]。白绢病菌寄主范围广,菌核能在土壤中长期存活^[16],导致土壤带菌量大。病菌菌核在土壤中萌发后很快扩展至苹果树的根茎部,沿根茎向下扩展,并很快环绕树体根茎部,形成白色菌丝层,侵入枝干皮层内,严重时造成皮层腐烂。树体发病早期不易发觉^[12],当地上部出现明显症状时,树体已进入垂死状态,难以救治。

生产上对苹果树白绢病的防治以发病后灌药治疗,或春季根部灌药预防为主。例如,在发病初期,将根茎处土扒开,用 50%多菌灵 WP 灌根^[15],或在早春用 2%硫酸铜溶液^[2]浸透浅层根部,以抑制土壤中病原菌生长扩展。对于花生白绢病,生产上也采用 25%咯菌腈 FSC 进行拌种或灌根处理^[17-18]。由于有关白绢病的防治药剂研究报道很少,药剂的选择存在盲目性,上述措施都难以有效控制病害的发生。本试验测试了 9 种药剂和生石灰对白绢病菌

的抑菌和杀菌效果,研究了不同施药方法对苹果白绢病的防治效果,旨在为苹果树白绢病的防治提供药剂和防控方法。

1 材料与方法

1.1 供试病菌及杀菌剂

2016 年 8 月从山东省沂源县的一个果园选择感染白绢病的苹果幼树,连根拔起,从根茎部挑取菌丝转入马铃薯葡萄糖琼脂(PDA)培养基中,25℃下培养 2 d,用直径 0.8 mm 的毛细管从菌落边缘挑取单菌丝,获得纯培养菌种,在 4℃冷藏柜中保存。使用前将保存菌种转接到 PDA 中,25℃下活化培养 2 d,从菌落边缘打取菌饼,用于接种。

取适量大麦粒洗净,在清水中浸泡 2 h,分装到 250 mL 的三角瓶中,每瓶 70 g,加入 12%的蜂蜜水 12.5 mL,2%的蛋白胍水溶液 12.5 mL,121℃灭菌 1 h 备用。打取 12 个直径 5 mm 白绢病菌菌饼,均匀地混入大麦粒中,25℃下培养,培养期间每隔 2 d 摇瓶 1 次,使病菌能更充分地接触大麦粒;2 周后获得染有白绢病菌的大麦粒。

选取生产上常见的 9 种杀菌剂和生石灰作为供试药剂,测试浓度为厂家推荐浓度(表 1)。

表 1 苹果白绢病药效试验所测试杀菌剂种类、剂型、有效成分、使用剂量及生产厂家
Table 1 Type, formulation, effective components, dosage and manufacturer of the tested fungicides

药剂 Fungicide	测试浓度/mg · L ⁻¹ Tested dosage	生产厂家 Manufacturer
50%福美双可湿性粉剂 thiram 50% WP	1 000	河北赞峰生物工程有限公司
80%多菌灵可湿性粉剂 carbendazim 80% WP	800	太仓市农药厂有限公司
50%乙烯菌核利水分散粒剂 vinclozolin 50% WG	250	德国艾博尔有限公司
45%异菌脲悬浮剂 iprodione 45% SC	1 500	江苏龙灯化学有限公司
25 g/L 咯菌腈悬浮种衣剂 fludioxonil 25 g/L FS	50	先正达南通作物保护有限公司
95%甲基枯磷原药 tolclofos-methyl 95% TC	633	连云港禾本生物科技有限公司
99%噁霉灵原药 hymexazol 99% TC	248	吉林省延边西爱斯开化学农药厂
250 g/L 吡唑醚菌酯乳油 pyraclostrobin 250 g/L EC	250	巴斯夫植物保护有限公司
硫酸铜 Copper sulfate	760	诸城市康泰化工有限公司
生石灰 Quick lime		市售

1.2 9 种杀菌剂对菌丝生长和菌核形成的抑制效果

将草炭土与田土按体积比 1:1 混合,制成培养基质,装入口径 15 cm,高 13 cm 的花盆中,每盆 1 L 左右,压平压实。以清水为对照,每种药剂 2 盆,全部试验共 20 盆。将药剂配成相应浓度(表 1)的药液,每盆浇施 500 mL 药液,使药液浸透盆内基质。每盆均匀放置 6 个带菌大麦粒,将大麦粒压入基质内,一半露在表面。将花盆放入塑料袋中密封,保持

袋内相对湿度在 95%以上,转入 25℃的恒温箱中培养。24 h 后检查能够萌发出菌丝的大麦粒的数量,5 d 后测量大麦粒周围所形成的菌落直径,并记录大麦粒上及菌落内产生的菌核数量。当带菌大麦粒上或菌落内菌丝集结形成质密的白色球状菌丝组织时,记为 1 个菌核。全部试验在不同的时间重复 3 次。杀菌剂对菌丝生长和对菌核形成的抑制率按如下方法计算:

菌丝生长抑制率=(对照组菌落平均直径-处理组菌落平均直径)/对照组菌落平均直径 $\times 100\%$;

菌核形成抑制率=(对照组菌核平均数量-处理组菌核平均数量)/对照组菌核平均数量 $\times 100\%$ 。

1.3 9 种杀菌剂对病菌的致死效果

将草炭土和田土按体积比 1:1 混合,装入口径 15 cm,高 13 cm 的花盆中,每盆 1 L 左右。将 100 个带菌大麦粒均匀混于基质中。将 9 种药剂按照厂家推荐浓度(表 1)配制成药液,每个花盆浇施 500 mL,每种药剂处理 3 盆。以清水为对照,室外自然条件下放置。分别于 1、2、3 和 4 周时从每个花盆中取出 10 个大麦粒,用清水充分清洗,然后转入 PDA 培养基上 25℃ 条件下培养,24 h 和 72 h 后检查大麦粒上有无白绢病菌菌丝长出,若有菌丝长出,表明大麦粒中的菌丝仍然存活,并依此计算杀菌剂对白绢病菌的致死效果。

杀菌率=(对照组产生菌丝的大麦粒数平均值-处理组产生菌丝的大麦粒数平均值)/对照组产生菌丝的大麦粒数平均值 $\times 100\%$ 。

1.4 药土对白绢病菌生长的抑制和阻隔效果

将草炭土与田土按 1:1 比例混合,装入直径 15 cm 的培养皿中,每皿 250 mL,浇透水,中央放置 2 个带菌的大麦粒,并紧靠在一起。试验药剂为 95% 甲基立枯磷 TC、50% 福美双 WP、生石灰与硫酸铜混合物、生石灰 4 种。95% 甲基立枯磷 TC 设 3 个浓度处理:950、4 750 和 9 500 mg/L,每个浓度配 100 mL 药液;50% 福美双 WP 设 3 个浓度处理:500、2 500 和 5 000 mg/L,每个浓度配 100 mL 药液;生石灰与硫酸铜的混合物设 3 个配比,即 100 mL 水中加入 10 g 生石灰,配成石灰乳,然后分别加 1 g、5 g 和 10 g 硫酸铜,并充分混匀。将 100 mL 药液与 250 mL 土壤混合制成药土,将药土撒施于培养皿近边缘处,药土距离带菌大麦粒 5~7 cm。生石灰处理则直接将 10 g 生石灰粉撒于培养皿边缘。全部试验共设 10 个药剂处理,以清水为对照,每处理 5 个培养皿。将培养皿密封,转入 25℃ 的恒温箱中保湿培养 5 d,测量带菌大麦粒形成菌落的直径,记录每个带菌大麦粒周围菌落内形成菌核的数量,计算杀菌剂对菌丝生长和对菌核形成的抑制率。全部试验在不同时间重复 3 次。

1.5 盆栽药效试验

盆栽药效试验设置 95% 甲基立枯磷 TC 633 mg/L、99% 噁霉灵 TC 248 mg/L 和生石灰 3 个药剂处理,以清水为对照,接种病菌的位置设置两个,即在基质

内和在基质表面。全部试验共 8 个处理,每处理设置 1 个 50 cm $\times$ 35 cm $\times$ 25 cm 的育苗穴盘,每个穴盘内扦插 12 支直径为 0.5~1.0 cm、长度为 30 cm 的苹果矮化自根砧品种‘M9T337’的枝段。全部试验重复 3 次。

将草炭土与田土按 1:1 比例混合,装入育苗盘内,压实,厚度 20 cm。在每个盘中均匀扦插 12 枝‘M9T337’枝段,枝段与枝段相距 10 cm 以上。在离枝段 3 cm 和 6 cm 处分别摆放 2 圈带菌的大麦粒,每圈 4 粒,作为接种病菌。接种病菌后,再均匀撒入一层基质,压实,厚度为 2 cm,作为病菌在基质内的处理。以不撒基质,病菌直接露在基质表面作为病菌在基质表面的处理。将甲基立枯磷与噁霉灵按推荐浓度配好后,均匀浇于枝段周围,形成一个半径 4.0 cm 的施药圈,药剂用量为 30 mL。生石灰处理将生石灰直接撒施于枝段周围形成半径 4.0 cm 的石灰圈,生石灰用量为 2 g。将处理枝段放置在室外(20~30℃),每天喷淋浇水,保持基质湿润,上方遮盖黑色园艺地布,防止阳光直射。2 周后,将全部枝段取出,检测枝段上有无白绢病菌的菌丝。若有菌丝,表明该枝段已受白绢病菌侵染。药剂防治效果按如下公式计算:防治效果=(对照组受侵染枝段数-处理组受侵染枝段数)/对照组受侵染枝段数 $\times 100\%$ 。

1.6 数据分析

以每个带菌大麦粒萌发后生长形成菌落的直径、菌核的数量、每个培养皿中有存活菌丝的大麦粒数量和受侵染的枝段数量为基本数据单元,采用通用线性模型(GLM)进行方差分析,假设菌落直径和菌核数量呈正态分布,有存活菌丝的大麦粒数量和受侵染的枝段数量为二项分布,在 GLM 模型中选用 gaussian 和 binomial 分布函数。用 multcomp 模块中的 glht 函数对 GLM 的预测值进行多重比较,判定杀菌剂对病菌生长、菌核形成的抑制效果和药剂对白绢病的防治效果。全部的数据分析在 R 统计软件中完成。在方差分析之后,以每个处理的平均值计算药剂的抑菌效果。

2 结果与分析

2.1 9 种杀菌剂对白绢病菌菌丝生长和菌核形成的抑制效果

带菌的大麦粒在用杀菌剂处理的基质中培养 1 d 后,除 633 mg/L 的 95% 甲基立枯磷 TC 和 248 mg/L 的 99% 噁霉灵 TC 两个药剂浓度处理外,其他处理

中,约 79.0%的带菌大麦粒能萌发出明显的菌丝。在 25℃下培养 5 d 后,药剂处理的带菌大麦粒所形成菌落的直径最大为 7.0 cm(硫酸铜),单个大麦粒所形成菌落内产生菌核的数量最多可达 44 粒(硫酸铜)。在未施药的清水处理基质中,36 个大麦粒所形成菌落直径的平均值为(3.21±1.37)cm,每个菌落所形成菌核数量平均值为(9.97±6.05)粒(表 2)。

在 633 mg/L 的 95%甲基立枯磷 TC 和 248 mg/L 的 99%噁霉灵 TC 处理的基质中,白绢病菌菌落直径分别为(0.31±0.40)和(0.56±0.59)cm,显著小于清水处理和其他 7 种药剂处理的菌落直径,每个菌落内所形成菌核数量分别为(0.06±0.23)和(0.69±4.17)粒,也显著少于清水处理和其他药剂处理中每个菌落所形成的菌核数量(表 2),说明 95%甲基立枯磷 TC 和 99%噁霉灵 TC 能显著抑制白绢病菌菌丝生长和菌核的形成。在 50 mg/L 的

25 g/L 咯菌腈 FSC 和 1 500 mg/L 的 45%异菌脲 SC 处理的基质中,白绢病菌菌落的直径显著小于清水处理基质中菌落的直径,每个菌落形成的菌核数量与清水处理中的菌核数量无显著差异,说明这两种药剂对菌丝生长有显著的抑制作用,但不能抑制菌核的形成。在 250 g/L 吡唑醚菌酯 EC 和 50%福美双 WP 处理的基质中,菌落直径和每个菌落形成菌核数量都与对照无显著差异,表明其对菌丝生长和菌核形成均无抑制作用。在 800 mg/L 的 80%多菌灵 WP、250 mg/L 的 50%乙烯菌核利 WG 和 760 mg/L 硫酸铜处理基质中,菌落生长的直径分别为(4.05±1.39)、(4.01±1.23)和(4.56±1.31)cm,显著大于清水处理中形成菌落的直径;每个菌落所形成的菌核数量分别为(7.72±6.03)、(9.64±7.61)和(8.92±10.15)粒,与对照无显著差异(表 2),说明这三种杀菌剂对菌核形成无作用,且能够促进菌丝生长。

表 2 白绢病菌在 9 种杀菌剂处理的基质中培养 5 d 后菌落直径和形成菌核的数量

Table 2 Colony diameter and sclerotia numbers formed by *Sclerotium rolfsii* cultured for 5 days in the substrates mixed with nine fungicides

药剂 Fungicide	有效浓度/mg·L ⁻¹ Concentration	菌落直径/cm Colony diameter	抑制效果/% Inhibitory effect	菌核数量/粒 Sclerotia number	抑制效果/% Inhibitory effect
清水对照 CK	0	(3.21±1.37)b	0.0	(9.97±6.05)a	0.0
95%甲基立枯磷 TC tolclofos-methyl 95% TC	633	(0.31±0.40)d	90.2	(0.06±0.23)b	99.4
99%噁霉灵 TC hymexazol 99% TC	248	(0.56±0.59)d	82.5	(0.69±0.42)b	93.0
25 g/L 咯菌腈 FSC fludioxonil 25 g/L FSC	50	(1.67±1.31)c	47.8	(6.75±4.67)a	32.3
45%异菌脲 SC iprodione 45% SC	1 500	(2.13±1.29)c	33.5	(6.72±3.95)a	32.6
50%福美双 WP thiram 50% WP	1 000	(2.74±1.39)b	14.6	(8.19±5.21)a	17.8
250 g/L 吡唑醚菌酯 EC pyraclostrobin 250 g/L EC	250	(2.86±1.62)b	10.8	(8.06±7.61)a	19.2
50%乙烯菌核利 WG vinclozolin 50% WG	250	(4.01±1.23)a	-25.2	(9.64±7.61)a	3.3
80%多菌灵 WP carbendazim 80% WP	800	(4.05±1.39)a	-26.4	(7.72±6.03)a	22.6
硫酸铜 copper sulfate	760	(4.56±1.31)a	-42.1	(8.92±10.15)a	10.6

2.2 9 种杀菌剂对病菌的致死效果

将带菌大麦粒从杀菌剂处理过的基质中取出,接种到 PDA 上培养 24 h 后,绝大部分大麦都能萌发出典型的白绢病菌的菌丝。只有 633 mg/L 的 95%甲基立枯磷 TC 和 250 mg/L 的 250 g/L 吡唑醚菌酯 EC 两种药剂处理的基质中有少量大麦粒没有萌发产生菌丝,与清水对照存在显著差异(P<0.05)。其他 7 种药剂处理基质中大麦粒携带的病菌存活率

都接近 100%,与清水处理没有显著差异。培养 72 h 后,所有药剂处理基质中的大麦粒均长出白绢病菌的菌丝,大麦粒中的病菌存活率达 100%,与对照无差异。这表明,95%甲基立枯磷 TC 和 250 g/L 吡唑醚菌酯 EC 两种药剂也只是对大麦粒表面或浅层的病菌有杀灭效果,而不能杀灭大麦粒内部的菌丝(表 3)。

表 3 9 种杀菌剂处理不同时间对大麦粒中白绢病菌的杀灭效果

Table 3 Mortality of <i>Sclerotium rolf sii</i> mycelia in wheat grains treated by nine fungicides for different time									
药剂 Fungicide	有效浓度/ mg · L ⁻¹ Concentration	1 周 One week		2 周 Two weeks		3 周 Three weeks		4 周 Four weeks	
		产生菌丝的 麦粒数/粒 Number of wheat grains producing hyphae	杀菌率/% Mortality of mycelia	产生菌丝的 麦粒数/粒 Number of wheat grains producing hyphae	杀菌率/% Mortality of mycelia	产生菌丝的 麦粒数/粒 Number of wheat grains producing hyphae	杀菌率/% Mortality of mycelia	产生菌丝的 麦粒数/粒 Number of wheat grains producing hyphae	杀菌率/% Mortality of mycelia
清水 CK	0	(9. 89±0. 33)a	0. 0	(10. 00±0. 00)a	0. 0	(10. 00±0. 00)a	0. 0	(10. 00±0. 00)a	0. 0
95%甲基立枯磷 TC tolclofos-methyl 95% TC	633	(7. 44±3. 64)b	24. 8	(7. 78±2. 86)b	22. 2	(8. 00±3. 12)b	20. 0	(9. 78±0. 44)a	2. 2
250 g/L 吡唑醚菌酯 EC pyraclostrobin 250 g/L EC	250	(7. 44±1. 60)b	24. 8	(7. 56±2. 30)b	24. 4	(9. 44±0. 88)a	5. 6	(8. 89±1. 05)b	11. 1
硫酸铜 copper sulfate	760	(9. 67±1. 00)a	2. 2	(8. 56±2. 65)b	14. 4	(10. 00±0. 00)a	0. 0	(10. 00±0. 00)a	0. 0
25 g/L 咯菌腈 FSC fludioxonil 25 g/L FSC	50	(9. 11±1. 27)a	7. 9	(8. 89±2. 09)ab	11. 1	(9. 78±0. 44)a	2. 2	(9. 67±1. 00)a	3. 3
50%福美双 WP thiram 50% WP	1 000	(9. 67±0. 50)a	2. 2	(9. 22±1. 64)ab	7. 8	(9. 78±0. 44)a	2. 2	(9. 89±0. 33)a	1. 1
99%噁霉灵 TC hymexazol 99% TC	248	(9. 44±0. 88)a	4. 6	(9. 56±1. 01)a	4. 4	(10. 00±0. 00)a	0. 0	(9. 89±0. 33)a	1. 1
45%异菌脲 SC iprodione 45% SC	1 500	(9. 67±1. 00)a	12. 3	(9. 89±0. 33)a	1. 1	(9. 11±. 361)a	8. 9	(10. 00±0. 00)a	0. 0
80%多菌灵 WP carbendazim 80% WP	800	(10. 00±0. 00)a	—1. 1	(10. 00±0. 00)a	0. 0	(10. 00±0. 00)a	0. 0	(10. 00±0. 00)a	0. 0
50%乙炔菌核利 WG vincllozolin 50% WG	250	(10. 00±0. 00)a	0. 0	(10. 00±0. 00)a	0. 0	(10. 00±0. 00)a	0. 0	(10. 00±0. 00)a	0. 0

2.3 药土对白绢病菌生长的抑制和阻隔效果

在撒施生石灰,以及生石灰与硫酸铜的混合物配制药土的处理中,白绢病菌不能在基质中生长,没

有形成明显的菌落或仅形成微小菌落,但病菌能在大麦粒上生长,形成大量菌核,且其数量显著高于对照所形成的菌核数量($P<0.01$)(表 4)。

表 4 4 种药剂配制的药土对白绢病菌菌丝生长和菌核形成的抑制效果

Table 4 Effect of soil mixture with fungicide on hyphal expansion and sclerotia formation of <i>Sclerotium rolf sii</i>						
药剂 Fungicide	有效浓度/mg · L ⁻¹ Concentration	菌落直径/cm Colony diameter	抑制效果/% Inhibitory effect	菌核平均数/粒 Sclerotic number	抑制效果/% Inhibitory effect	
清水 CK	0	(6. 96±2. 95)a	0. 0	(6. 78±3. 73)b	0. 0	
石灰 Quick lime		(0. 00±0. 00)c	100. 0	(25. 89±18. 54)a	—282. 0	
石灰+硫酸铜 Quick lime+copper sulfate	100 000+76 000	(0. 00±0. 00)c	100. 0	(34. 89±15. 68)a	—414. 8	
	100 000+38 000	(0. 00±0. 00)c	100. 0	(29. 78±19. 18)a	—339. 3	
	100 000+7 600	(0. 39±0. 68)c	94. 3	(29. 78±16. 00)a	—339. 3	
95%甲基立枯磷 TC tolclofos-methyl 95% TC	9 500	(2. 62±2. 77)bc	62. 3	(5. 11±3. 02)b	24. 6	
	4 750	(2. 87±1. 95)bc	58. 7	(5. 78±2. 28)b	14. 8	
	950	(3. 33±1. 65)bc	52. 1	(3. 78±1. 99)b	44. 3	
50%福美双 WP thiram 50% WP	5 000	(5. 57±1. 90)ab	20. 0	(6. 56±3. 17)b	3. 3	
	2 500	(8. 60±10. 10)a	—23. 5	(7. 00±2. 65)b	—3. 3	
	500	(4. 08±1. 68)abc	41. 3	(4. 78±2. 39)b	29. 5	

95%甲基立枯磷 TC 配制的药土能有效抑制白绢病菌的生长,但不能抑制菌核的形成。95%甲基立枯磷 TC 3 个浓度处理中大麦粒所形成菌落的直径分别为(2. 62±2. 77)、(2. 87±1. 95)和(3. 33±

1. 65)cm,显著小于($P<0.05$)清水处理中带菌大麦粒所形成的菌落直径(6. 96±2. 95)cm。带菌大麦粒在 50%福美双 WP 配制的药土中所形成菌落的直径和菌核数量与对照都无显著差异,表明 50%福美双

WP 配制的药土既不能抑制白绢病菌的菌丝生长,也不能抑制白绢病菌形成菌核(表 4)。

2.4 盆栽药效试验

在距离扦插枝段 3 cm 和 6 cm 的基质内部和表面接种白绢病菌,经 2 周的培养,对照处理分别有 11 个和 12 枝段受到白绢病菌的侵染,侵染率分别

为 30.5% 和 33.3%。浇施 95% 甲基立枯磷 TC (633 mg/L)和 99% 噁霉灵 TC(248 mg/L)处理的枝段没有受白绢病菌的侵染,防治效果达 100%。在根茎部撒施生石灰的处理,各自有 2 个枝段受白绢病菌的侵染,侵染率为 5.5%,与对照有显著差异,防治效果分别为达 81.8%和 83.3% (表 5)。

表 5 在苹果矮化砧木外围浇施杀菌剂药液和撒施生石灰粉对白绢病的防效(总 36 株)

Table 5 Effect of fungicides and quick lime on southern blight of apple by spraying around apple dwarf rootstock (36 trees in total)

药剂 Fungicide	病菌在基质表面 Pathogen on the surface of soil matrix		病菌在基质内 Pathogen inside soil matrix	
	受侵染株数/株 Infected rootstocks	防治效果/% Control efficacy	受侵染株数/株 Infected rootstocks	防治效果/% Control efficacy
95%甲基立枯磷 TC tolclofos-methyl 95% TC	0 b	100.0	0 b	100.0
99%噁霉灵 TC hymexazol 99% TC	0 b	100.0	0 b	100.0
石灰 Quick lime	2 b	81.8	2 b	83.3
清水 CK	11 a	—	12 a	—

3 讨论

本试验所测试的 9 种杀菌剂中,95%甲基立枯磷 TC 和 99%噁霉灵 TC 两种药剂能有效抑制白绢病菌的生长和菌核的形成,抑制率大于 80%,在实际生产中可用于白绢病的防控,但药剂需直接接触病菌才能发挥其应有的效果。25 g/L 咯菌腈 FSC 和 45% 异菌脲 SC 两种药剂虽然对白绢病菌的生长和菌核形成也有一定的抑制效果,但抑制率不足 50%。其他 5 种药剂不但不能有效抑制白绢病菌的菌丝生长和菌核形成,部分药剂还能促进病菌的生长。

白绢病菌很容易形成菌核,菌核是白绢病菌的主要初侵染菌源,而成熟的菌核具有极强的抗逆能力,在土壤中能长期存活,存活时间长达 5~6 年^[15]。本试验所测试的 9 种杀菌剂都不能有效杀灭大麦粒中的白绢病菌,推测也难以杀死白绢病菌的菌核或菌核内的白绢病菌。因此,在生产实践中难以通过杀菌剂消灭在土壤中长期存活的菌核。

白绢病菌喜酸性环境,菌核萌发和菌丝生长需要 pH 为 4~7 的环境^[16],弱碱性环境能抑制病菌菌丝生长^[17]。生石灰作为一种安全经济的材料常用来改良土壤,调节土壤的酸碱度,用于土壤消毒。本研究发现,虽然生石灰不能杀灭白绢病菌,而且能促进病菌形成大量菌核,却能有效抑制白绢病菌的菌丝生长,而且能有效抑制 5 cm 以外的白绢病菌的菌丝生长,能有效防止病菌接近树体根茎部,其效果优于 95%甲基立枯磷 TC。在实际生产中可用于处理

土壤以预防白绢病的发生。生石灰与硫酸铜的混合物也能有效抑制白绢病菌的生长,其抑菌效果不及生石灰,实际生产中不建议使用。

苹果白绢病主要发生在 6—8 月高温多雨季节。对于有白绢病菌或已发生白绢病的果园或苗圃,于雨季之前,在果园土表或围绕根茎部撒施生石灰,可有效预防白绢病菌侵染树体和苗木;在降雨或浇水后,立即撒施生石灰也能有效预防白绢病的发生;在土壤或育苗基质中拌施生石灰,虽不能杀菌白绢病菌,但可抑制病菌扩散到达寄主植物,预防白绢病的发生。95%甲基立枯磷 TC 和 99% 噁霉灵 TC 对白绢病菌的生长和菌核的形成也有很好的抑制效果,可用于苗木消毒、浇施、地面喷雾或随滴灌使用。

参考文献

[1] 杨宇红,刘勇. 防治白绢病的特效药剂根霉灵的研制及药效试验[J]. 湖南农业科学,1996(6):31.
[2] 阎守忠. 苹果树白绢病发生规律及对策[J]. 烟台果树,1997(1):44-45.
[3] 宋开平. 果树上使用农药的技术[J]. 落叶果树,1996(2):39.
[4] 刘永杰,王延兵,宋炜. 苹果根腐病的识别与综合防治技术[J]. 河北农业,2017(9):45-46.
[5] PUNJA Z K,GROGAN R G. Hyphal interactions and antagonism among field isolates and single basidiospore strains of *Athelia (Sclerotium) rolfsii*[J]. Phytopathology, 1983, 73(9): 1279-1284.
[6] 金苹,高晓余. 白绢病的研究[J]. 农业灾害研究,2011,1(1):14-22.

物叶片有内渗作用^[19],在莼菜田施用时应考虑安全间隔期。

摇蚊幼虫和蛹是鲤、鲫、鲢、梭等重要经济鱼类在内的 18 科鱼类的天然食饵^[5],在水体中放养鱼类能减小摇蚊幼虫密度。在本研究中,放养鲫鱼 14 d 后,即显示了对摇蚊的明显防治效果,且防治效果随放养时间的增加而提高。鱼类放养使莼菜种植和鱼类养殖有机结合,形成了鱼与莼菜互利共生生态系统,提高了莼菜生态系统的总体功能和莼菜田的总体生产力。从生态学观点来看,鱼类可以充分利用莼菜田生态系统的物质和能量,同时把莼菜田中流失的能量(摇蚊、害虫、杂草等)回收于生态系统循环中,形成了鱼类与莼菜共生的良性循环。尽管鱼类放养是较为古老的农业生态系统,但关于该系统经济效益的研究并不深入,选择什么鱼种,以多大的密度进行放养可获得最高的经济效益尚无系统研究,因此深入研究莼菜田中鱼类共生模式下摇蚊的动态变化,可为鱼类放养提供理论指导,促进鱼类放养模式的推广和应用,达到生态和效益双管齐下的目的。

参考文献

- [1] 林美新,高建荣. 为害莼菜的菱小萤叶甲研究[J]. 上海农学院学报,1991,9(2):100-107.
- [2] 吴洪梅,于杰. 石柱县莼菜产业现状及发展思考[J]. 南方农业,2015,9(22):89-91.
- [3] 刘朝贵,李小孟,须建,等. 三大产区莼菜遗传多样性及亲缘关系的 RAPD 分析[J]. 西南大学学报(自然科学版),2012,34(10):54-59.
- [4] 王士达,叶奕佐. 危害莼菜的几种摇蚊幼虫[J]. 水产科技情报,

1989(4):98-99.

- [5] 吴昊,韩庆文,汪峰,等. 摇蚊防治的研究进展[J]. 中华卫生杀虫药械,2012,18(5):444-446-448.
- [6] 崔福义,安东,孙兴滨,等. 水体中摇蚊幼虫的孳生规律及其控制途径[J]. 环境污染治理技术与设备,2004,5(7):1-4.
- [7] REGANOLD J P, GLOVER J D, ANDREWS P K, et al. Sustainability of three apple production systems [J]. Nature, 2001, 410: 926-930.
- [8] ALTIERI M A, LETOURNEAU D K. Vegetation management and biological control in agroecosystems[J]. Crop Protection, 1982, 1(4): 405-430.
- [9] 沈培清. 稻鸭共作在高产地区的应用效果与技术[J]. 中国稻米,2005(6):35-37.
- [10] 马力,朱捷,陈琪,等. 鱼类放养对藕田节肢动物群落多样性的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2016,42(1):64-69.
- [11] 齐鑫,马勇军,潘志祥. 水环境中的摇蚊幼虫研究进展[J]. 台州学院学报,2008,30(6):38-42.
- [12] 李志宇,洪洪,赖凤香,等. 早稻田发生的摇蚊种类及动态[J]. 中国水稻科学,2010,24(6):630-634.
- [13] 李桂艳. 怎样防治稻摇蚊[J]. 新农业,1999(8):24.
- [14] 熊健,吴凌婧,杜娇,等. 莲藕常见害虫的为害特点及综合防治措施[J]. 长江蔬菜,2010(14):94-98.
- [15] 王士达,叶奕佐. 莲窄摇蚊幼虫对莲的为害和防治[J]. 昆虫知识,1986(2):73-74.
- [16] 冯晓慧,刘宝生,郭慧芳,等. 几类药剂对大螟的室内毒力测定及田间防效评价[J]. 南京农业大学学报,2011,34(5):67-72.
- [17] 林伟,伦峰,杨治国. 敌百虫对黄河鲤鱼的急性毒性研究及安全评价[J]. 黑龙江畜牧兽医,2018(2):184-186.
- [18] 史彩华,胡静荣,杨玉婷,等. 不同药剂和施药方法对韭蛆的田间防治效果[J]. 植物保护学报,2018,45(2):282-289.
- [19] 毕海燕,朱晓锋,阿布都克尤木·卡德尔,等. 不同药剂对枣蓃蚊的防治效果评价[J]. 新疆农业科学,2015,51(5):915-919.

(责任编辑:杨明丽)

(上接 260 页)

- [7] PUNJA Z K, ADAMS G C. Influence of nutrition, environment and the isolate, on basidiocarp formation, development, and structure in *Athelia (sclerotium) rolfsii* [J]. Mycologia, 1982, 74(6): 917-926.
- [8] 过赋文,张绍升. 烟草白绢病病原鉴定及生物学特性[J]. 安徽农业科学,2015,43(35):184-186.
- [9] 宋国华,吴微微. 花生白绢病的发生规律与防治对策[J]. 辽宁农业职业技术学院学报,2008,10(1):12.
- [10] 游景茂,王磊,唐其,等. 博落回白绢病的病原鉴定及防治[J]. 中国现代中药,2017,19(10):1429-1433.
- [11] 聂志钦,黎启明,陈忠,等. 不同药剂防治辣椒白绢病田间效果试验[J]. 长江蔬菜,2016(4):87-88.
- [12] JOSEPH E, HEPPERLY P R. First report of southern blight of common barley in Puerto Rico [J]. European Journal of Plant

Pathology, 1995, 101(5): 497-501.

- [13] 罗禄怡,沈仲宁,丁应生,等. 三叶草白绢病的研究[J]. 中国草地,1996(1):64-66.
- [14] 茹水江,王汉荣,王连平,等. 白术白绢病病原生物学特性及其防治药剂筛选[J]. 浙江农业学报,2007(6):439-443.
- [15] 主春福. 沂水县矮砧苹果树白绢病暴发原因及防治措施[J]. 北方果树,2017(1):36.
- [16] 胡琼波. 作物白绢病的研究进展[J]. 岳阳职工高等专科学校学报,2003(3):58-60.
- [17] 楚发美,刘江山. 防治苹果白绢病的试验总结[J]. 烟台果树,1994(2):29.
- [18] 李建涛,范怀峰,王建美,等. 四种杀菌剂对花生白绢病菌的毒力及田间控制作用[J]. 中国油料作物学报,2013,35(6):686-691.

(责任编辑:杨明丽)