

# 不同作用机制杀菌剂对梨树主要病害的协同增效作用及减量施药流程制定

毕秋艳 赵建江 王文桥 吴杰 路粉 韩秀英\*

(河北省农林科学院植物保护研究所, 河北省农业有害生物综合防治工程技术研究中心,  
农业部华北北部作物有害生物综合治理重点实验室, 保定 071000)

**摘要:** 为明确不同作用机制杀菌剂对梨褐斑病、黑星病、白粉病等主要病害的协同增效作用, 分别采用菌丝生长速率法、离体叶片法与田间有效剂量药效验证法研究杀菌剂协同增效组合对靶标病原菌的毒力、对靶标病害的防效及其田间应用效果, 并制定梨树主要病害关键防治时期的减量用药流程。结果显示, 针对梨树3种主要病害共筛选到不同作用机制杀菌剂协同增效组合10个(体积比): 双胍三辛烷基苯磺酸盐+氟菌唑(4:1)、双胍三辛烷基苯磺酸盐+噻呋菌酯(1:1)、辛菌胺醋酸盐+噻呋菌酯(1:5)、苯醚甲环唑+噻呋菌酯(1:1)、硝苯菌酯+氟硅唑(1:4)、醚菌酯+氟硅唑(1:1)、苯菌酮+四氟醚唑(1:1)、氟吡菌酰胺+啞菌酯(1:1)、丙硫菌唑+啞菌酯(1:1)、双胍三辛烷基苯磺酸盐+啞菌酯(1:6), 增效系数分别为2.15、2.87、3.46、3.89、2.36、3.62、3.21、4.39、2.87、2.64; 确定杀菌剂与杀虫剂协同增效组合1个: 12.5  $\mu\text{g}/\text{mL}$  丙硫菌唑+12.5  $\mu\text{g}/\text{mL}$  啞菌酯+7.2  $\mu\text{g}/\text{mL}$  阿维菌素, 用药1次后10 d防效为96.74%, 用药3次后50 d防效为70.31%; 确定杀菌剂与助剂协同减量增效组合6个: 100  $\mu\text{g}/\text{mL}$  双胍三辛烷基苯磺酸盐+25  $\mu\text{g}/\text{mL}$  氟菌唑+0.1% NF-100、60  $\mu\text{g}/\text{mL}$  双胍三辛烷基苯磺酸盐+10  $\mu\text{g}/\text{mL}$  啞菌酯+0.1% Tmax、40  $\mu\text{g}/\text{mL}$  醚菌酯+40  $\mu\text{g}/\text{mL}$  氟硅唑+0.1% NF-100, 连续用药3次对梨褐斑病的持效期可达50 d; 40  $\mu\text{g}/\text{mL}$  醚菌酯+40  $\mu\text{g}/\text{mL}$  氟硅唑+0.025% N280(或0.1% 迈道或0.1% Tmax), 对梨黑星病和梨白粉病的持效期可达30 d。根据协同增效组合与病害对应关系, 可制定以上述协同增效组合为关键技术的梨树主要病害减量用药综合防控体系, 防效最高达93.15%。

**关键词:** 梨树病害; 协同增效; 减量用药; 杀菌剂; 助剂

## Synergistic effect of different mechanism of fungicides and formulate the decrement procedure on main diseases of pear trees

Bi Qiuyan Zhao Jianjiang Wang Wenqiao Wu Jie Lu Fen Han Xiuying\*

(Key Laboratory of Integrated Pest Management on Crops in Northern Region of North China, Ministry of Agriculture;  
Integrated Pest Management Center of Hebei Province, Plant Protection Institute, Hebei Academy of Agricultural  
and Forestry Sciences, Baoding 071000, Hebei Province, China)

**Abstract:** In order to clarify the synergistic effect of different mechanism of fungicides on the main control period of key diseases such as brown spot, black spot and powdery mildew of pear trees, the rate of mycelial growth, on the pear leaves *in vitro* and the field, the efficacy method were used to examine the virulences of new fungicides against target pathogens, the control effects of target diseases and their application effects in the field. The results showed that ten synergistic combinations (volume ratio) with different mechanism of fungicides were screened for main diseases of pear trees: iminoctadine trialbesi-

基金项目: 国家重点研发计划(2016YFD0200505-6)

\* 通信作者 (Author for correspondence), E-mail: xiuyinghan@163.com

收稿日期: 2018-12-18

late+triflumizole (4:1), iminoctadine trialbesilate+cefo-trifloxystrobin (1:1), xinjunan acetate+cefo-trifloxystrobin (1:5), diphenoxazole+cefo-trifloxystrobin (1:1), meptyldinocap+fluosilazole (1:4), kresoxim-methyl+fluosilazole (1:1), metrafenone+tetraconazole (1:1), fluopyram+azoxystrobin (1:1), prothioconazole+azoxystrobin (1:1), iminoctadine trialbesilate+phenazine  $\alpha$ -2 carboxylic acid (1:6), the corresponding synergistic ratios were 2.15, 2.87, 3.46, 3.89, 2.36, 3.62, 3.21, 4.39, 2.87, 2.64, respectively. The synergistic combination of fungicide with insecticide was: 12.5  $\mu\text{g}/\text{mL}$  prothioconazole+12.5  $\mu\text{g}/\text{mL}$  azoxystrobin+7.2  $\mu\text{g}/\text{mL}$  avermectin, the control effect was 96.74% after ten days first applied, 70.31% after 50 days third applied. Synergistic effect of six synergistic fungicides with auxiliary: 100  $\mu\text{g}/\text{mL}$  iminoctadine trialbesilate+25  $\mu\text{g}/\text{mL}$  triflumizole+0.1% NF-100, 60  $\mu\text{g}/\text{mL}$  iminoctadine trialbesilate+10  $\mu\text{g}/\text{mL}$  phenazine  $\alpha$ -2 carboxylic acid+0.1% Tmax, 40  $\mu\text{g}/\text{mL}$  kresoxim-methyl+40  $\mu\text{g}/\text{mL}$  fluosilazole+0.1% NF-100, with a duration of 50 days for pear brown spot continuous three times applied; 40  $\mu\text{g}/\text{mL}$  kresoxim-methyl+40  $\mu\text{g}/\text{mL}$  fluosilazole+0.025% N280 (or 0.1% MD or 0.1% Tmax), with a duration of 30 days for scab and powdery mildew. According to the corresponding relationship of the synergistic combination and diseases, the decrement procedure on main diseases of pear trees with the above-mentioned synergistic combination of fungicides was formulated, and the control effect reached 93.15% on three main pear diseases.

**Key words:** pear disease; synergistic effect; decrement application; fungicide; auxiliary

我国是世界栽培梨的三大起源中心之一,已有3 000多年的梨树栽培历史,栽培面积和产量均居世界首位,但是梨生产技术水平相对较低(赵德英等,2016)。我国梨树种植范围较广,产量约占世界总产量的2/3,是仅次于苹果、甜橘的第三大水果,其中河北省是产梨第一大省(张海娥等,2010)。目前,梨树上的病害发生以真菌类病害褐斑病、黑星病、白粉病较为常见,且危害较重(Ishii & Yanase,2000;柴晨博,2012;源朝政等,2018),严重影响梨的品质及产量。因此,针对梨树病害采取有效的防治措施具有重要的现实意义。

目前,生产上梨树病害的防治仍以化学防治为主(张立文等,2006),但存在用药单一、施用量大、施药频繁等问题,不仅使果农经济负担加重,还造成环境污染,且存在食用安全隐患(曹克强等,1998)。而当前适合用于梨树病害防治的新型化学杀菌剂种类及数量十分有限,主要有嘧菌酯、吡唑醚菌酯、甲基托布津、多菌灵、苯醚甲环唑、氟硅唑、戊唑醇、烯唑醇、丙环唑、代森锰锌和碱式硫酸铜等,叶长飞等(2016)、赵云和等(2011)和蒋军喜等(2010)分别测定了这些杀菌剂对田间梨树主要病害的防效,发现其防效逐渐降低,效果并不理想;杨晓平等(2017)检测到梨黑斑病菌部分菌株对多菌灵和苯醚甲环唑的敏感性降低,已产生了抗药性;这些问题都给梨树病害的防治带来了较大困难。另外,王英姿等(2008)用吡唑醚菌酯与代森联复配的水分散剂防治梨树轮

纹病时发现,复配剂的速效性明显但持效期较短,表明单一复配组合并不能有效解决梨树整个生育期的病害防治问题。因此,以减量施药及抗药治理为前提,不断提高不同作用机制杀菌剂对梨树主要病害的协同增效作用具有重要意义。

化学杀菌剂协同作用的研究旨在挖掘其协同增效潜力,发挥其在我国化学杀菌剂减施增效中的重要作用。当前,应用化学杀菌剂防治植物病害时,主要以杀菌剂协同增效关键技术以及减量施用为目标,为了扩大杀菌剂的杀菌谱并延长其持效期、减少用药次数和用药量、延缓防治对象产生抗药性,可以将不同作用机制杀菌剂协同减量使用并发挥其增效潜力(王勇,2015)。本研究拟测定不同作用机制及近年来生产上应用较多的杀菌剂对梨树主要靶标病害的协同增效作用及离体防效,筛选具有良好协同增效作用的杀菌剂组合并对其与部分杀虫剂、助剂混配后的田间防效进行验证,同时针对梨树主要病害防治关键时期进行杀菌剂协同增效减量组合用药流程的制定,以期生产上科学合理防治梨树主要病害提供技术依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

培养基:马铃薯葡萄糖琼脂(potato dextrose agar, PDA)培养基:马铃薯200 g、葡萄糖20 g、琼脂10 g、蒸馏水1 L;马铃薯葡萄糖琼脂梨块(potato dex-

trose agar+pear lump, PDA+L)培养基:马铃薯 200 g、鸭梨 150 g、葡萄糖 20 g、琼脂 200 g、水杨脲酸 0.1 g、蒸馏水 1 L, pH 6.0~6.2;改良酵母甘油琼脂(modified yeast glycerol agar, MYGA)培养基:酵母浸粉 10 g、蛋白胨 5 g、蔗糖 10 g、NaNO<sub>3</sub> 6 g、KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 1.5 g、KCl 0.5 g、MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.25 g、丙三醇 20 mL、琼脂粉 20 g、水杨脲酸 0.1 g、蒸馏水 1 L;马铃薯葡萄糖(potato dextrose, PD)培养液:PDA培养基中不加琼脂。

供试病原菌:病叶均采集自河北省泊头市务屯子村不同品种梨园。梨黑星病菌 *Venturia nashicola* 分离自鸭梨病叶,树龄 20 年,显微镜下挑取单个孢子转接到 PDA+L 平板于 18℃ 下纯化(赵云和等, 2011), 将纯化好的病原菌于 4℃ 保存备用;同时采集具有典型黑星病的新鲜鸭梨病叶于 4℃ 保存,带回实验室备用。梨褐斑病菌 *Septoria piricola* 分离自新 07 号梨树病叶,树龄 8 年,挑取单个孢子转接到 PDA 平板于 24℃ 下纯化,4℃ 保存备用。采集具有白粉病典型症状的新 07 号梨树新鲜病叶于 4℃ 保存,带回实验室作为梨白粉病菌 *Phyllactinia pyri* 供源。健康梨树叶片采自该村的其它健康鸭梨园,带回室内供试。

供试药剂:90% 双胍三辛烷基苯磺酸盐(iminoctadine trialbesilate)原药、40% 双胍三辛烷基苯磺酸盐可湿性粉剂、30% 氟菌唑(triflumizole)可湿性粉剂,日本曹达株式会社;99.5% 吩嗪 $\alpha$ -2 羧酸(phenazine  $\alpha$ -2 carboxylic acid)化合物、95% 噻呋菌酯(cefo-trifloxystrobin)原药、2% 吩嗪 $\alpha$ -2 羧酸可湿性粉剂、20% 噻呋菌酯乳油,德国巴斯特(上海)植保有限公司;99.4% 辛菌胺醋酸盐(xinjunan acetate)原药、1.8% 辛菌胺醋酸盐水剂,陕西省西安嘉科农化有限公司;90% 氟吡菌酰胺(fluopyram)原药,拜耳股份公司;98% 苯菌酮(metrafenone)原药、42% 苯菌酮悬浮剂、50% 醚菌酯(kresoxim-methyl)水分散粒剂,巴斯夫欧洲公司;90% 硝苯菌酯(meptyldinocap)原药、36% 硝苯菌酯乳油,美国陶氏益农公司;95% 醚菌酯原药、95% 啞菌酯(azoxystrobin)原药、95% 苯醚甲环唑(diphenoxazole)原药,利尔化学股份有限公司;90% 丙硫菌唑(prothioconazole)原药、10% 丙硫菌唑悬浮剂,植物保护与农产品质量安全研究所;95% 氟硅唑(fluosilazole)原药,浙江禾本科技有限公司;95% 氟菌唑原药,江苏禾本生化有限公司;94% 四氟醚唑(tetraconazole)原药、4% 四氟醚唑水乳剂,意大利意赛格公司;41.7% 氟吡菌酰胺悬浮剂,博仕达扬州科技生物有限公司;250 g/L 啞菌酯悬浮剂、10% 苯醚甲环唑水分散粒剂,瑞士先正达作物保护有限公

司;400 g/L 氟硅唑乳油,山东青岛瀚生生物科技股份有限公司;1.8% 阿维菌素(avermectin)乳油,北京中保绿农业科技集团有限公司;70% 甲基托布津(thiophanate-methyl)可湿性粉剂,江苏龙灯化学有限公司;29% 石硫合剂(lime-sulfur)水剂,河北双吉化工有限公司。

仪器、试剂及助剂:泰山-18 型机动高压喷雾器,山东华盛农业机械有限责任公司;35 cm×50 cm 透明米格纸(每格 1 mm×1 mm),上海胡卷印刷厂;LRH-250A 生化培养箱,韶关市泰宏医疗器械有限公司;VHX-1000 三维数字显微系统,日本基恩士公司;TDZ5-WS 离心机,湖南湘仪实验室仪器开发有限公司;QWJ-150 型空压机带动喉头喷雾器,上海曲晨机电技术有限公司;LR H250A 型号全光照培养箱,韶关市泰宏医疗器械有限公司公司。99% 水杨脲酸,山东西亚化学工业有限公司。助剂包括 NF-100、迈道、Tmax、N280,中化集团沈阳化工研究院。

## 1.2 方法

### 1.2.1 杀菌剂对梨褐斑病菌和梨黑星病菌的毒力测定

将供试 14 种原药分别用适量丙酮溶解,然后配制成质量浓度为 1 000  $\mu$ g/mL 的母液,并按照预试验结果加入无菌水进行系列稀释。单剂处理包括:90% 双胍三辛烷基苯磺酸盐原药、99.5% 吩嗪 $\alpha$ -2 羧酸化合物和 90% 丙硫菌唑原药浓度分别为 160、80、40、20、10、5、2.5、1.25、0.625、0.312 5  $\mu$ g/mL;99.6% 辛菌胺醋酸盐原药和 90% 氟吡菌酰胺原药浓度分别为 640、320、160、80、40、20、10、5、2.5、1.25、0.625、0.312 5、0.156 25  $\mu$ g/mL;98% 苯菌酮原药、95% 噻呋菌酯原药和 94% 四氟醚唑原药浓度分别为 160、80、40、20、10、5、2.5、1.25、0.625、0.312 5、0.156 25  $\mu$ g/mL;90% 硝苯菌酯原药、95% 醚菌酯原药、95% 啞菌酯原药和 95% 氟菌唑原药浓度分别为 640、320、160、80、40、20、10、5、2.5、1.25、0.625、0.312 5、0.156 25、0.078 125  $\mu$ g/mL;95% 苯醚甲环唑原药和 95% 氟硅唑原药浓度分别为 20、10、5、2.5、1.25、0.625、0.312 5、0.156 25、0.078 125、0.039 062 5  $\mu$ g/mL。混配组合包括:将上述 14 种原药两两配对得到 90 个组合,再按体积比 10:1、9:1、8:1、7:1、6:1、5:1、4:1、3:1、2:1、1:1 和 1:2、1:3、1:4、1:5、1:6、1:7、1:8、1:9、1:10 对每个组合进行混配。分别将单剂和混配组合药液与培养基以体积比 1:9 配制成终浓度为原配制杀菌剂浓度 1/10 的含药平板,其中琥珀酸脱氢酶抑制剂类如氟吡菌酰胺、氟唑菌酰胺、苯丙烯氟菌唑、氟唑菌酰胺及其混配组合和 Qo 位点抑制剂类如噻呋

菌酯、硝苯菌酯、醚菌酯、啉菌酯及其混配组合用改良MYGA培养基制作含药平板(徐从英等,2014),其余杀菌剂如双胍三辛烷基苯磺酸盐、氟菌唑、吩嗪 $\alpha$ -2羧酸、苯菌酮、四氟醚唑及其混配组合使用PDA培养基制作含药平板,分别以丙酮和清水处理作阴性对照和空白对照。用直径5 mm打孔器在预培养7 d的梨褐斑病菌菌落边缘打取菌饼,正面朝下分别将菌饼接种到上述制备好的含药平板中央,每个平板接种1个。每处理重复4次,于24℃全光照培养箱中培养。采用十字交叉法分别于培养7 d后测量各处理的梨褐斑病菌菌落直径。计算各杀菌剂处理的抑制率,并利用DPS软件计算有效抑制中浓度 $EC_{50}$ ,抑制率=(对照菌落增长直径-处理菌落增长直径)/对照菌落增长直径 $\times 100\%$ 。

采用上述杀菌剂单剂和混配组合处理,将其与培养基按体积比1:9配制成终浓度为原配制杀菌剂浓度1/10的PDA+L'含药平板,同时分别以丙酮和清水处理作阴性对照和空白对照。用直径5 mm打孔器在预培养60 d的梨黑星病菌菌落边缘打取菌饼,正面朝下将菌饼接种到PDA+L'含药平板中央,每个平板接种1个。每处理重复4次,置于18℃培养箱中黑暗培养。同样采用十字交叉法分别于培养60 d后测量各处理的梨黑星病菌菌落直径,计算各杀菌剂处理的抑制率,并利用DPS软件计算有效抑制中浓度 $EC_{50}$ 。同时,根据Wadley公式计算杀菌剂各混配组合的增效系数(synergistic ratio, SR)。 $SR=EC_{50理论}/EC_{50实际}$ ;  $EC_{50理论}=(a+b)/(a/EC_{50A}+b/EC_{50B})$ ,其中,A、B分别代表杀菌剂组合中的2种组分,a、b是A、B两组分在组合中含量的比值, $EC_{50A}$ 、 $EC_{50B}$ 分别为A、B两组分的实际 $EC_{50}$ 。 $SR\leq 0.5$ 为拮抗作用; $0.5<SR\leq 1.5$ 为相加作用; $SR>1.5$ 为增效作用。由于白粉病菌无法进行离体培养,故未进行药剂筛选试验。

### 1.2.2 杀菌剂混配组合对梨树病害离体防效的测定

利用1.2.1筛选到的杀菌剂混配组合进行3种梨树病害的离体防效测定,以混配组合中所涉及到的杀菌剂单剂为对照,单剂剂量采用常规推荐用量,混配组合中各组分的剂量不超过单剂剂量,最终筛选出具有增效作用的杀菌剂混配组合。

将分离纯化好的梨褐斑病菌在PDA平板上培养10 d后,用无菌蒸馏水冲洗平板上的孢子,之后以1 500 r/min离心20 min去杂,重复离心1次,显微镜观察并加水稀释至孢子悬浮液浓度约为 $1\times 10^5$ 个/mL,备用。因梨褐斑病一旦发生,病斑发展很快,迅速形成枯死病斑,不便于用药后调查该病害的治疗效果,而

预防用药可以减少干枯病斑叶片,故采用离体叶片法测定杀菌剂对梨褐斑病的预防效果。基于1.2.1试验结果,选择267  $\mu\text{g/mL}$ 双胍三辛烷基苯磺酸盐、25  $\mu\text{g/mL}$ 吩嗪 $\alpha$ -2羧酸、12  $\mu\text{g/mL}$ 辛菌胺醋酸盐、50  $\mu\text{g/mL}$ 氟吡菌酰胺、105  $\mu\text{g/mL}$ 苯菌酮、200  $\mu\text{g/mL}$ 噻呋菌酯、120  $\mu\text{g/mL}$ 硝苯菌酯、100  $\mu\text{g/mL}$ 醚菌酯、50  $\mu\text{g/mL}$ 啉菌酯、33.3  $\mu\text{g/mL}$ 苯醚甲环唑、25  $\mu\text{g/mL}$ 丙硫菌唑、50  $\mu\text{g/mL}$ 氟硅唑、75  $\mu\text{g/mL}$ 氟菌唑、20  $\mu\text{g/mL}$ 四氟醚唑、100  $\mu\text{g/mL}$ 双胍三辛烷基苯磺酸盐+25  $\mu\text{g/mL}$ 氟菌唑、120  $\mu\text{g/mL}$ 双胍三辛烷基苯磺酸盐+120  $\mu\text{g/mL}$ 噻呋菌酯、60  $\mu\text{g/mL}$ 双胍三辛烷基苯磺酸盐+10  $\mu\text{g/mL}$ 吩嗪 $\alpha$ -2羧酸、10  $\mu\text{g/mL}$ 硝苯菌酯+40  $\mu\text{g/mL}$ 氟硅唑、40  $\mu\text{g/mL}$ 醚菌酯+40  $\mu\text{g/mL}$ 氟硅唑、15  $\mu\text{g/mL}$ 苯菌酮+15  $\mu\text{g/mL}$ 四氟醚唑、8  $\mu\text{g/mL}$ 辛菌胺醋酸盐+40  $\mu\text{g/mL}$ 噻呋菌酯、20  $\mu\text{g/mL}$ 苯醚甲环唑+20  $\mu\text{g/mL}$ 噻呋菌酯、20  $\mu\text{g/mL}$ 氟吡菌酰胺+20  $\mu\text{g/mL}$ 啉菌酯、12.5  $\mu\text{g/mL}$ 丙硫菌唑+12.5  $\mu\text{g/mL}$ 啉菌酯共24个杀菌剂处理。选择大小一致的健康梨树叶片,分别取1片放置于直径15 cm培养皿中的滤纸上,每皿加15 mL蒸馏水保湿,用湿润的脱脂棉包裹叶柄。再用压力0.1 MPa的空压机带动喉头喷雾器将不同浓度杀菌剂均匀喷施到供试叶片上,以雾滴均匀欲滴而不落为止,每片叶喷施1.5 mL药液,所有杀菌剂处理各重复4片叶,空白对照喷蒸馏水,叶片表面晾干后点接梨褐斑病菌孢子悬浮液,每片叶上点4点,每点用量是10  $\mu\text{L}$ ,将培养皿放入24℃全光照培养箱中培养8 d后,将叶片正面病斑轮廓印在米格纸上进行病斑面积调查,计算各杀菌剂处理对梨褐斑病的离体防效。离体防效=(对照病斑面积-处理病斑面积)/对照病斑面积 $\times 100\%$ 。

梨黑星病和梨白粉病发生时先在叶片表面形成薄薄的菌层,用药后可迅速杀灭菌层,且效果明显,故采用离体叶片法测定杀菌剂对梨黑星病和梨白粉病的治疗效果。各杀菌剂浓度及混配组合同上。将采集的梨黑星病发病叶片或梨白粉病发病叶片用湿润脱脂棉包裹叶柄,置于直径15 cm培养皿的滤纸上,每皿加15 mL蒸馏水保湿。药液喷施方式同上,梨黑星病发病叶片喷药后置于18℃全光照培养箱中培养5 d,梨白粉病发病叶片置于25℃全光照培养箱中培养3 d,然后调查病斑面积并计算离体防效,方法及计算公式同上。

### 1.2.3 杀菌剂协同增效组合对梨树病害田间防效的测定

在杀菌剂施用时加入助剂或杀虫剂会对其田间防效和持效期产生影响,而且也可以减少杀菌剂的

施用量,本试验基于1.2.2筛选到的杀菌剂增效组合,在减少20%施用量的基础上,按照常规推荐施用量加入助剂或杀虫剂,再比较2种处理的防效,从而明确助剂或杀虫剂的增效作用。于2018年5—9月在河北省泊头市务屯子村梨园进行田间防效试验。杀菌剂协同增效组合及杀菌剂用量设计同1.2.2。

对梨褐斑病田间防效的测定:梨树品种为新07号,树龄8年,株行距3 m×4 m,株高2.0~2.5 m,树势中等,褐斑病历年均有发生,根据病情发展和气候条件用药,零星发病时第1次用药。将上述杀菌剂及组合分别加入杀虫剂7.2 μg/mL阿维菌素、0.1% NF-100、0.1% 迈道、0.1% Tmax、0.025% N280,筛选其与杀虫剂、助剂的增效协同组合。每处理4次重复,随机排列,每小区4株梨树。采用泰山-18型机动高压喷雾器均匀喷施,以叶片、果实湿润稍有药滴下淌为止,每株施药量1.5 L,加入助剂或杀虫剂阿维菌素协同组合每株施药量1.2 L。用药时间分别为2018年5月24日、6月11日、6月28日,共喷3次,同时设置每株喷施1.5 L清水为对照。每小区调查2株,分东、南、西、北、中方向5点取样,每株取当年生枝条的40片叶,按病斑面积占整个叶片面积的百分率*P*分级(黄新忠等,2015)。叶片病情指数分级标准:0级:没有病斑;1级:0<*P*≤5%;3级:5%<*P*≤25%;5级:25%<*P*≤50%;7级:50%<*P*≤75%;9级:75%<*P*≤100%。第1次施药后10 d、第3次施药后10 d、50 d各调查1次发病情况,根据调查结果计算病情指数和田间防效。病情指数=Σ(病叶数×相对级数)/(调查总叶片数×最高级数)×100;田间防效=(对照病情指数-处理病情指数)/对照病情指数×100%。

对梨黑星病田间防效的测定:梨树品种为鸭梨,树龄20年,株行距为3 m×6 m,梨园土壤肥力中等,树势及管理水平一致,黑星病历年均有发生。每处理4次重复,随机排列,每小区4株梨树。采用泰山-18型机动高压喷雾器均匀喷施,至叶片上有药液流失为止,每株施药量5 L,加入助剂或杀虫剂阿维菌素协同组合每株施药量4 L,以每株喷施清水5 L为对照。根据病情发展和气候条件确定用药时间,于梨黑星病零星初现的8月1日用药1次,喷药后7、15、30 d进行病情调查,并计算病情指数和田间防效,调查方法及计算公式同上。

对梨白粉病田间防效的测定:试验用地与梨褐斑病试验相同,选用与梨褐斑病试验用地间隔2 m的未用药地块进行,梨树品种及长势同梨褐斑病选用情况,白粉病历年均有发生。梨白粉病初现明显症

状后进行第1次用药,根据病情发展和气候条件用药。用药时间分别为2018年7月13日、7月28日、8月8日,共喷3次,施药量与梨褐斑病相同,同时设置清水对照。每处理4次重复,小区随机排列,每小区4株梨树。施药方法同梨褐斑病。第3次喷药后7、15、30 d进行病情调查,并计算病情指数和防效,调查方法及计算公式同上。

#### 1.2.4 协同增效减量组合流程的制定

选用的试验地点、梨树品种及长势与1.2.3中梨黑星病田间防治试验相同,2个处理小区间隔1 m,梨树主要病害普遍发生。基于1.2.3试验结果制定用药流程。3月中旬喷施4 800 μg/mL石硫合剂,4月下旬喷施12 μg/mL辛菌胺醋酸酯,5月上中旬喷施60 μg/mL双胍三辛烷基苯磺酸盐+10 μg/mL吩嗪α-2羧酸+0.1% Tmax,6月上旬喷施12.5 μg/mL丙硫菌唑+12.5 μg/mL啞菌酯,6月中下旬喷施40 μg/mL醚菌酯+40 μg/mL氟硅唑+0.1% NF-100,7月上旬喷施120 μg/mL双胍三辛烷基苯磺酸盐+120 μg/mL噻呋菌酯,7月中下旬喷施20 μg/mL氟吡菌酰胺+20 μg/mL啞菌酯,9月上旬喷施700 μg/mL甲基托布津。同期调查农民用药种类及用药量,用于比较本试验制定的用药流程效果。制定的用药流程和农民用药流程实施区域分别为400 m<sup>2</sup>,试验小区设4次重复,每小区8株梨树。未加助剂处理每株施药量5 L,加入助剂处理每株施药量4 L。末次施药后14 d调查防效,每个流程调查20株树,调查方法及计算公式同1.2.3。

#### 1.3 数据分析

试验数据采用DPS 6.55软件进行统计分析,应用Duncan氏新复极差法进行差异显著性检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 梨树主要病害杀菌剂协同增效组合筛选结果

筛选出兼治梨褐斑病和梨黑星病的协同增效组合(体积比)共8个:双胍三辛烷基苯磺酸盐+氟菌唑(4:1)、双胍三辛烷基苯磺酸盐+噻呋菌酯(1:1)、硝苯菌酯+氟硅唑(1:4)、醚菌酯+氟硅唑(1:1)、辛菌胺醋酸酯+噻呋菌酯(1:5)、苯醚甲环唑+噻呋菌酯(1:1)、氟吡菌酰胺+啞菌酯(1:1)、丙硫菌唑+啞菌酯(1:1),增效系数分别为2.15、2.87、2.36、3.62、3.46、3.89、4.39、2.87和2.45、2.42、1.77、2.27、2.24、2.85、2.64、2.93(表1),对梨褐斑病和梨黑星病的离体防效分别为99.05%、97.18%、95.16%、93.25%、92.06%、91.17%、90.95%、92.64%和93.82%、92.71%、90.18%、91.44%、90.94%、88.65%、91.95%、92.36%

(表2);筛选出兼治褐斑病和白粉病的协同增效组合1个:苯菌酮+四氟醚唑(1:1),对褐斑病的增效系数为3.21、离体防效为91.38%,对白粉病的离体防效为

88.16%;筛选出仅对褐斑病具有协同增效作用的组合1个:双胍三辛烷基苯磺酸盐+吩嗪 $\alpha$ -2羧酸(1:6),增效系数为2.64,离体防效为96.44%。

表1 不同作用机制杀菌剂对梨褐斑病菌和梨黑星病菌的协同增效作用

Table 1 The virulence synergy of different mechanism of fungicides on *Septoria piricola* and *Venturia nashicola*

杀菌剂 Fungicide	配比 Ratio	梨褐斑病菌 <i>Septoria piricola</i>		梨黑星病菌 <i>Venturia nashicola</i>		最佳配比 Optimum ratio
		EC <sub>50</sub> ( $\mu\text{g/mL}$ )	增效系数 Synergistic ratio	EC <sub>50</sub> ( $\mu\text{g/mL}$ )	增效系数 Synergistic ratio	
		双胍三辛烷基苯磺酸盐 Iminoctadine trialbesilate		0.14		
氟菌唑 Triflumizole		11.28		44.30		
噻呋菌酯 Cefo-trifloxystrobin		0.89		0.88		
吩嗪 $\alpha$ -2羧酸 Phenazine $\alpha$ -2 carboxylic acid		0.13		0.06		
双胍三辛烷基苯磺酸盐+氟菌唑 Iminoctadine trialbesilate+triflumizole	8:1-1:8	0.08-0.72	1.59-2.15	0.05-0.47	1.77-2.45	4:1
双胍三辛烷基苯磺酸盐+噻呋菌酯 Iminoctadine trialbesilate+cefo-trifloxystrobin	10:1-1:10	0.32-0.50	1.79-2.87	0.07-0.30	1.67-2.42	1:1
双胍三辛烷基苯磺酸盐+吩嗪 $\alpha$ -2羧酸 Iminoctadine trialbesilate+phenazine $\alpha$ -2 carboxylic acid	1:2-1:8	0.05-0.07	1.89-2.64	0.04-0.06	1.16-1.52	1:6
硝苯菌酯 Meptyldinocap		4.30		0.10		
醚菌酯 Kresoxim-methyl		5.60		0.09		
氟硅唑 Fluosilazole		0.80		0.04		
硝苯菌酯+氟硅唑 Meptyldinocap+fluosilazole	8:1-1:8	0.40-1.80	1.61-2.36	0.03-0.06	1.52-1.77	1:4
醚菌酯+氟硅唑 Kresoxim-methyl+fluosilazole	10:1-1:10	0.39-0.50	1.73-3.62	0.03-0.04	1.50-2.27	1:1
苯菌酮 Metrafenone		8.05		0.12		
四氟醚唑 Tetraconazole		7.12		1.23		
苯菌酮+四氟醚唑 Metrafenone+tetraconazole	5:1-1:5	2.36-4.99	1.58-3.21	0.13-0.15	1.08-1.46	1:1
辛菌胺醋酸盐 Xinjunan acetate		21.15		0.07		
苯醚甲环唑 Diphenoxazole		1.42		3.84		
辛菌胺醋酸盐+噻呋菌酯 Xinjunan acetate+cefo-trifloxystrobin	1:1-1:10	0.31-0.92	1.86-3.46	0.13-0.27	1.50-2.24	1:5
苯醚甲环唑+噻呋菌酯 Diphenoxazole+cefo-trifloxystrobin	10:1-1:5	0.28-0.50	1.92-3.89	0.38-0.60	1.26-2.85	1:1
丙硫菌唑 Prothioconazole		9.18		0.05		
氟吡菌酰胺 Fluopyram		41.05		0.06		
啞菌酯 Azoxystrobin		8.10		0.02		
氟吡菌酰胺+啞菌酯 Fluopyram+azoxystrobin	5:1-1:2	3.09-6.00	1.84-4.39	0.01-0.02	1.77-2.64	1:1
丙硫菌唑+啞菌酯 Prothioconazole+azoxystrobin	8:1-1:8	3.00-3.92	2.10-2.87	0.01-0.02	1.71-2.93	1:1

2.2 协同增效组合对梨树3种病害的田间防效

2.2.1 对梨褐斑病的田间防效

100  $\mu\text{g/mL}$  双胍三辛烷基苯磺酸盐+25  $\mu\text{g/mL}$  氟菌唑、40  $\mu\text{g/mL}$  醚菌酯+40  $\mu\text{g/mL}$  氟硅唑、15  $\mu\text{g/mL}$  苯菌酮+15  $\mu\text{g/mL}$  四氟醚唑、8  $\mu\text{g/mL}$  辛菌胺醋酸盐+40  $\mu\text{g/mL}$  噻呋菌酯、12.5  $\mu\text{g/mL}$  丙硫菌唑+12.5  $\mu\text{g/mL}$  啞菌酯这5个不同杀菌剂协同增效组合及添加杀虫剂和助剂且减少20%药量的4个协同增效组合12.5  $\mu\text{g/mL}$  丙硫菌唑+12.5  $\mu\text{g/mL}$  啞菌酯+7.2  $\mu\text{g/mL}$  阿维菌素、100  $\mu\text{g/mL}$  双胍三辛烷基苯磺

酸盐+25  $\mu\text{g/mL}$  氟菌唑+0.1% NF-100、60  $\mu\text{g/mL}$  双胍三辛烷基苯磺酸盐+10  $\mu\text{g/mL}$  吩嗪 $\alpha$ -2羧酸+0.1% Tmax、40  $\mu\text{g/mL}$  醚菌酯+40  $\mu\text{g/mL}$  氟硅唑+0.1% NF-100,第1次用药后10 d对梨褐斑病的田间防效为91.85%~96.96%,第3次用药后10 d对梨褐斑病的田间防效为83.70%~89.96%,第3次用药后50 d对梨褐斑病的田间防效为69.69%~72.20%(表3)。表明加入杀虫剂阿维菌素或助剂的杀菌剂协同增效组合对梨褐斑病的田间防效在减少20%药量时,与未加入阿维菌素、未减量协同增效组合差异不显著。

表2 离体叶片法测定不同作用机制杀菌剂增效组合对梨树3种病害的室内防效

Table 2 Determination of synergistic effects of different mechanisms of selected synergistic combinations on three diseases of pear trees using *in vitro* leaf method

杀菌剂 Fungicide	有效用量 Effective dosage ( $\mu\text{g}/\text{mL}$ )	防效 Control effect (%)		
		褐斑病 Brown spot	黑星病 Scab	白粉病 Powdery mildew
双胍三辛烷基苯磺酸盐 Iminoctadine trialbesilate	267	91.35 $\pm$ 0.79 b	92.55 $\pm$ 0.90 a	86.26 $\pm$ 0.88 ab
氟菌唑 Triflumizole	75	91.03 $\pm$ 0.85 b	82.00 $\pm$ 0.59 b	79.25 $\pm$ 0.92 b
噻呋菌酯 Cefo-trifloxystrobin	200	84.94 $\pm$ 0.66 c	82.50 $\pm$ 0.75 b	90.05 $\pm$ 0.96 a
吩嗪 $\alpha$ -2 羧酸 Phenazine $\alpha$ -2 carboxylic acid	25	93.91 $\pm$ 0.80 ab	81.22 $\pm$ 0.72 b	70.02 $\pm$ 0.70 d
双胍三辛烷基苯磺酸盐+氟菌唑 Iminoctadine trialbesilate+fluosilazole	100+25	99.05 $\pm$ 0.90 a	93.82 $\pm$ 0.99 a	90.08 $\pm$ 0.84 a
双胍三辛烷基苯磺酸盐+噻呋菌酯 Iminoctadine trialbesilate+cefo-trifloxystrobin	120+120	97.18 $\pm$ 0.94 a	92.71 $\pm$ 0.86 a	92.47 $\pm$ 0.95 a
双胍三辛烷基苯磺酸盐+吩嗪 $\alpha$ -2 羧酸 Iminoctadine trialbesilate+phenazine $\alpha$ -2 carboxylic acid	60+10	96.44 $\pm$ 0.97 a	84.05 $\pm$ 0.90 b	75.64 $\pm$ 0.66 c
硝苯菌酯 Meptyldinocap	120	90.71 $\pm$ 0.64 b	84.78 $\pm$ 0.80 b	88.90 $\pm$ 0.64 a
醚菌酯 Kresoxim-methyl	100	91.35 $\pm$ 0.55 b	84.90 $\pm$ 0.82 b	79.40 $\pm$ 0.72 b
氟硅唑 Fluosilazole	50	91.35 $\pm$ 0.72 b	83.50 $\pm$ 0.87 b	80.09 $\pm$ 0.83 b
硝苯菌酯+氟硅唑 Meptyldinocap+fluosilazole	10+40	95.16 $\pm$ 0.88 a	90.18 $\pm$ 0.75 a	89.47 $\pm$ 0.86 a
醚菌酯+氟硅唑 Kresoxim-methyl+fluosilazole	40+40	93.25 $\pm$ 0.79 ab	91.44 $\pm$ 0.77 a	90.19 $\pm$ 0.69 a
苯菌酮 Metrafenone	105	89.10 $\pm$ 0.90 a	67.18 $\pm$ 0.65 a	84.98 $\pm$ 0.90 a
四氟醚唑 Tetraconazole	20	90.71 $\pm$ 0.95 a	70.15 $\pm$ 0.72 a	84.49 $\pm$ 0.85 a
苯菌酮+四氟醚唑 Metrafenone+tetraconazole	15+15	91.38 $\pm$ 0.83 a	68.64 $\pm$ 0.68 a	88.16 $\pm$ 0.81 a
辛菌胺醋酸盐 Xinjunan acetate	12	89.42 $\pm$ 0.93 a	90.05 $\pm$ 0.90 a	65.55 $\pm$ 0.78 c
苯醚甲环唑 Diphenoxazole	33.33	88.78 $\pm$ 0.84 a	80.05 $\pm$ 0.80 b	75.68 $\pm$ 0.64 b
辛菌胺醋酸盐+噻呋菌酯 Xinjunan acetate+cefo-trifloxystrobin	8+40	92.06 $\pm$ 0.92 a	90.94 $\pm$ 0.79 a	91.86 $\pm$ 0.69 a
苯醚甲环唑+噻呋菌酯 Diphenoxazole+cefo-trifloxystrobin	20+20	91.17 $\pm$ 0.81 a	88.65 $\pm$ 0.88 a	90.22 $\pm$ 0.75 a
丙硫菌唑 Prothioconazole	50	87.50 $\pm$ 0.58 b	91.50 $\pm$ 0.88 a	87.21 $\pm$ 0.85 a
氟吡菌酰胺 Fluopyram	25	90.38 $\pm$ 0.62 ab	81.20 $\pm$ 0.93 c	79.40 $\pm$ 0.81 b
啞菌酯 Azoxystrobin	50	90.38 $\pm$ 0.85 ab	87.00 $\pm$ 0.68 b	78.50 $\pm$ 0.92 b
氟吡菌酰胺+啞菌酯 Fluopyram+azoxystrobin	20+20	90.95 $\pm$ 0.72 ab	91.95 $\pm$ 0.77 a	88.46 $\pm$ 0.64 a
丙硫菌唑+啞菌酯 Prothioconazole+azoxystrobin	12.5+12.5	92.64 $\pm$ 0.95 a	92.36 $\pm$ 0.90 a	89.33 $\pm$ 0.90 a
清水对照 Water CK	-	-	-	-

表中数据为平均数 $\pm$ 标准差。同列不同字母表示协同增效组合与对应单剂处理经 Duncan 氏新复极差法检验在  $P < 0.05$  水平差异显著。Data are mean $\pm$ SD. Different letters in the same column indicate significant difference among synergistic combinations and corresponding single fungicide at  $P < 0.05$  level by Duncan's new multiple range test.

### 2.2.2 对梨黑星病的田间防效

100  $\mu\text{g}/\text{mL}$  双胍三辛烷基苯磺酸盐+25  $\mu\text{g}/\text{mL}$  氟菌唑、10  $\mu\text{g}/\text{mL}$  硝苯菌酯+40  $\mu\text{g}/\text{mL}$  氟硅唑、8  $\mu\text{g}/\text{mL}$  辛菌胺醋酸盐+40  $\mu\text{g}/\text{mL}$  噻呋菌酯、20  $\mu\text{g}/\text{mL}$  苯醚甲环唑+20  $\mu\text{g}/\text{mL}$  噻呋菌酯、20  $\mu\text{g}/\text{mL}$  氟吡菌酰胺+20  $\mu\text{g}/\text{mL}$  啞菌酯、12.5  $\mu\text{g}/\text{mL}$  丙硫菌唑+12.5  $\mu\text{g}/\text{mL}$  啞菌酯这6个杀菌剂协同增效组合及添加助剂且减少20%药量的4个协同增效组合40  $\mu\text{g}/\text{mL}$  醚菌酯+40  $\mu\text{g}/\text{mL}$  氟硅唑+0.1% NF-100、40  $\mu\text{g}/\text{mL}$  醚菌酯+

40  $\mu\text{g}/\text{mL}$  氟硅唑+0.025% N280、40  $\mu\text{g}/\text{mL}$  醚菌酯+40  $\mu\text{g}/\text{mL}$  氟硅唑+0.1% 迈道、40  $\mu\text{g}/\text{mL}$  醚菌酯+40  $\mu\text{g}/\text{mL}$  氟硅唑+0.1% Tmax, 药后7 d对梨黑星病的田间防效为84.56%~97.54%, 药后15 d对梨黑星病的田间防效为80.79%~88.77%, 药后30 d对梨黑星病的田间防效为75.57%~85.71%(表4), 表明加入助剂且减少20%药量的同时, 各杀菌剂协同增效组合对梨黑星病的田间防效并未降低。

表3 不同杀菌剂协同增效组合及杀虫剂、助剂添加对梨褐斑病的田间防效

Table 3 Field synergistic effects of different synergistic combinations and insecticides, auxiliaries add on pear brown spot

杀菌剂 Fungicide	有效用量 Effective dosage ( $\mu\text{g/mL}$ )	第1次药后10 d 10 d after the 1st applied		第3次药后10 d 10 d after the 3rd applied		第3次药后50 d 50 d after the 3rd applied	
		病情 指数 Disease index	防效 (%) Control effect	病情 指数 Disease index	防效 (%) Control effect	病情 指数 Disease index	防效 (%) Control effect
		双胍三辛烷基苯磺酸盐 Iminoctadine trialbesilate	267	2.44	92.20 ab	7.98	84.44 a
氟菌唑 Triflumizole	75	3.21	89.74 ab	8.86	82.72 ab	30.36	56.96 c
噻呋菌酯 Cefo-trifloxystrobin	200	4.16	86.70 b	10.05	80.40 ab	30.05	57.40 c
吩嗪 $\alpha$ -2羧酸 Phenazine $\alpha$ -2 carboxylic acid	25	0.95	96.96 a	11.02	78.51 b	28.06	60.22 b
双胍三辛烷基苯磺酸盐+氟菌唑 Iminoctadine trialbesilate+fluosilazole	100+25	1.05	96.64 a	6.95	86.45 a	21.38	69.69 a
双胍三辛烷基苯磺酸盐+氟菌唑+NF-100 Iminoctadine trialbesilate+fluosilazole+NF-100	100+25+0.1%	1.75	94.41 a	8.12	84.17 a	20.46	71.00 a
双胍三辛烷基苯磺酸盐+噻呋菌酯 Iminoctadine trialbesilate+cefo-trifloxystrobin	120+120	1.68	94.63 a	10.05	80.40 ab	23.68	66.43 ab
双胍三辛烷基苯磺酸盐+噻呋菌酯+NF-100 Iminoctadine trialbesilate+cefo-trifloxystrobin+NF-100	120+120+0.1%	1.19	96.20 a	11.25	78.06 b	25.06	64.47 ab
双胍三辛烷基苯磺酸盐+噻呋菌酯+迈道 Iminoctadine trialbesilate+cefo-trifloxystrobin+Maidao	120+120+0.1%	1.50	95.20 a	9.08	82.29 ab	22.95	67.47 ab
双胍三辛烷基苯磺酸盐+吩嗪 $\alpha$ -2羧酸+Tmax Iminoctadine trialbesilate+phenazine $\alpha$ -2 carboxylic acid+Tmax	60+10+0.1%	0.95	96.96 a	6.39	87.54 a	20.08	71.53 a
硝苯菌酯 Meptyldinocap	120	3.52	88.75 b	9.62	81.24 b	31.75	54.99 c
醚菌酯 Kresoxim-methyl	100	3.12	90.03 b	9.21	82.04 b	28.17	60.07 b
氟硅唑 Fluosilazole	50	2.94	90.60 b	8.03	84.34 ab	28.09	60.18 b
硝苯菌酯+氟硅唑 Meptyldinocap+fluosilazole	10+40	0.96	96.93 a	12.25	76.11 c	27.62	60.84 b
硝苯菌酯+氟硅唑+NF-100 Meptyldinocap+fluosilazole+NF-100	10+40+0.1%	1.94	93.80 ab	12.91	74.82 cd	28.02	60.28 b
硝苯菌酯+氟硅唑+迈道 Meptyldinocap+fluosilazole+Maidao	10+40+0.1%	2.00	93.61 ab	13.87	72.95 d	29.12	58.72 b
醚菌酯+氟硅唑 Kresoxim-methyl+fluosilazole	40+40	1.41	95.49 a	6.02	88.26 a	20.46	71.00 a
醚菌酯+氟硅唑+NF-100 Kresoxim-methyl+fluosilazole+NF-100	40+40+0.1%	1.95	93.77 ab	5.24	89.78 a	20.02	71.62 a
苯菌酮 Metrafenone	105	3.42	89.07 ab	13.29	74.08 b	29.62	58.01 b
四氟醚唑 Tetraconazole	20	3.95	87.37 b	9.52	81.44 ab	33.02	53.19 c
苯菌酮+四氟醚唑 Metrafenone+tetraconazole	15+15	2.04	93.48 a	7.62	85.14 a	20.35	71.15 a
辛菌胺醋酸酯 Xinjunan acetate	12	3.89	87.56 b	9.85	80.79 b	34.72	50.78 c
苯醚甲环唑 Diphenoxazole	33.33	3.96	87.34 b	10.09	80.32 b	39.46	44.06 d
辛菌胺醋酸酯+噻呋菌酯 Xinjunan acetate+cefo-trifloxystrobin	8+40	2.55	91.85 a	5.15	89.96 a	20.33	71.18 a
辛菌胺醋酸酯+噻呋菌酯+NF-100 Xinjunan acetate+cefo-trifloxystrobin+NF-100	8+40+0.1%	2.75	91.21 a	9.04	82.37 b	22.46	68.16 ab
苯醚甲环唑+噻呋菌酯 Diphenoxazole+cefo-trifloxystrobin	20+20	2.35	92.49 a	9.56	81.36 b	26.85	61.94 b
丙硫菌唑 Prothioconazole	50	9.33	70.17 b	15.04	70.67 b	44.38	37.09 c
氟吡菌酰胺 Fluopyram	25	3.15	89.93 a	7.18	86.00 a	27.35	61.23 b
啞菌酯 Azoxystrobin	50	3.08	90.15 a	9.94	80.62 ab	29.33	58.42 b
氟吡菌酰胺+啞菌酯 Fluopyram+azoxystrobin	20+20	2.57	91.78 a	13.38	73.91 b	30.05	57.40 b
丙硫菌唑+啞菌酯 Prothioconazole+azoxystrobin	12.5+12.5	1.33	95.75 a	8.36	83.70 a	19.61	72.20 a
丙硫菌唑+啞菌酯+阿维菌素 Prothioconazole+azoxystrobin+avermectin	12.5+12.5+7.2	1.02	96.74 a	8.01	84.38 a	20.94	70.31 a
清水对照 Water CK	-	31.28	-	51.28	-	70.54	-

表中数据为平均数 $\pm$ 标准差。同列不同字母表示协同增效组合与对应单剂处理经Duncan氏新复极差法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。Data are mean $\pm$ SD. Different letters in the same column indicate significant difference among synergistic combinations and corresponding single fungicide at  $P<0.05$  level by Duncan's new multiple range test.

表4 不同杀菌剂协同增效组合及杀虫剂、助剂添加对梨黑星病的田间防效

Table 4 Field synergistic effects of different synergistic combinations and insecticides, auxiliaries add on pear scab

杀菌剂 Fungicide	有效药量 Effective dosage ( $\mu\text{g/mL}$ )	第1次药后7 d 7 d after the 1st applied		第1次药后15 d 15 d after the 1st applied		第1次药后30 d 30 d after the 1st applied	
		病情 指数 Disease index	防效 (%) Control effect	病情 指数 Disease index	防效 (%) Control effect	病情 指数 Disease index	防效 (%) Control effect
双胍三辛烷基苯磺酸盐 Iminoctadine trialbesilate	267	1.27	84.22 b	3.95	81.36 b	10.46	80.13 ab
氟菌唑 Triflumizole	75	0.88	89.92 ab	4.50	78.76 b	11.26	78.61 b
双胍三辛烷基苯磺酸盐+氟菌唑 Iminoctadine trialbesilate+fluosilazole	100+25	0.41	94.58 a	2.38	88.77 a	7.52	85.71 a
硝苯菌酯 Meptyldinocap	120	1.89	76.28 c	7.94	62.53 b	21.04	60.03 c
醚菌酯 Kresoxim-methyl	100	0.48	94.92 a	9.98	52.90 c	24.14	54.14 d
氟硅唑 Fluosilazole	50	1.69	78.94 c	9.73	54.08 c	24.96	52.58 d
硝苯菌酯+氟硅唑 Meptyldinocap+fluosilazole	10+40	0.80	90.05 b	2.95	86.08 a	7.69	85.39 a
醚菌酯+氟硅唑 Kresoxim-methyl+fluosilazole	40+40	0.54	93.28 ab	4.59	78.34 ab	15.02	71.47 b
醚菌酯+氟硅唑+NF-100 Kresoxim-methyl+fluosilazole+NF-100	40+40+0.1%	1.25	84.56 bc	3.25	84.66 a	8.86	83.17 a
醚菌酯+氟硅唑+N280 Kresoxim-methyl+fluosilazole+N280	40+40+0.025%	0.40	95.05 a	4.07	80.79 ab	11.24	78.65 ab
醚菌酯+氟硅唑+迈道 Kresoxim-methyl+fluosilazole+Maidao	40+40+0.1%	0.81	90.04 b	3.28	84.52 a	9.97	81.06 a
醚菌酯+氟硅唑+Tmax Kresoxim-methyl+fluosilazole+Tmax	40+40+0.1%	0.95	88.25 b	3.16	85.09 a	9.03	82.85 a
辛菌胺醋酸盐 Xinjunan acetate	12	1.12	86.05 ab	4.12	80.56 ab	11.08	78.95 a
苯醚甲环唑 Diphenoxazole	33.33	1.53	80.91 b	8.39	60.41 c	21.38	59.38 b
噻呋菌酯 Cefto-trifloxystrobin	200	0.72	90.64 a	8.05	62.01 c	21.32	59.50 b
双胍三辛烷基苯磺酸盐+噻呋菌酯 Iminoctadine trialbesilate+cefto-trifloxystrobin	120+120	0.78	90.29 a	5.62	73.48 b	13.58	74.20 ab
辛菌胺醋酸盐+噻呋菌酯 Xinjunan acetate+cefto-trifloxystrobin	8+40	0.69	91.43 a	3.05	85.61 a	10.36	80.32 a
苯醚甲环唑+噻呋菌酯 Diphenoxazole+cefto-trifloxystrobin	20+20	1.21	85.42 ab	3.82	81.97 ab	12.86	75.57 ab
丙硫菌唑 Prothioconazole	25	0.59	92.48 ab	5.54	73.86 b	14.65	72.17 b
氟吡菌酰胺 Fluopyram	50	1.08	87.12 b	5.53	73.90 b	14.37	72.70 b
啞菌酯 Azoxystrobin	50	0.77	90.35 ab	5.26	75.18 b	12.47	76.31 ab
氟吡菌酰胺+啞菌酯 Fluopyram+azoxystrobin	20+20	1.12	86.04 b	3.74	86.13 a	12.04	77.13 ab
丙硫菌唑+啞菌酯 Prothioconazole+azoxystrobin	12.5+12.5	0.19	97.54 a	3.24	84.71 a	8.25	84.33 a
清水对照 Water CK	-	8.05	-	21.19	-	52.64	-

表中数据为平均数 $\pm$ 标准差。同列不同字母表示协同增效组合与对应单剂处理经Duncan氏新复极差法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。Data are mean $\pm$ SD. Different letters in the same column indicate significant difference among synergistic combinations and corresponding single fungicide at  $P<0.05$  level by Duncan's new multiple range test.

### 2.2.3 对梨白粉病的田间防效

40  $\mu\text{g/mL}$  醚菌酯+40  $\mu\text{g/mL}$  氟硅唑、20  $\mu\text{g/mL}$  氟吡菌酰胺+20  $\mu\text{g/mL}$  啞菌酯、12.5  $\mu\text{g/mL}$  丙硫菌唑+12.5  $\mu\text{g/mL}$  啞菌酯这3个杀菌剂协同增效组合及添加助剂且减少20%药量的1个协同增效组合40  $\mu\text{g/mL}$  醚菌酯+40  $\mu\text{g/mL}$  氟硅唑+0.1% NF-100, 第3次用药后7 d对梨白粉病的田间防效为80.05%~91.82%, 第3次用药后15 d的田间防效为80.42%~85.93%, 第3次用药后30 d的田间防效为75.27%~79.55%(表5), 表明加入助剂减少20%药量的同时, 各杀菌剂协

同增效组合对梨白粉病的田间防效并未降低。

120  $\mu\text{g/mL}$  双胍三辛烷基苯磺酸盐+120  $\mu\text{g/mL}$  噻呋菌酯、8  $\mu\text{g/mL}$  辛菌胺醋酸盐+40  $\mu\text{g/mL}$  噻呋菌酯、40  $\mu\text{g/mL}$  醚菌酯+40  $\mu\text{g/mL}$  氟硅唑+0.1% 迈道这3个协同增效组合第3次用药后7 d对梨白粉病的田间防效分别为78.64%、77.00%、75.92%, 第3次用药后15 d的田间防效却高达89.77%、87.07%、87.63%, 第3次用药后30 d的田间防效仍高达88.78%、84.45%、81.73%(表5), 表明这3个协同增效组合对梨白粉病的预防效果更优, 且持效期较长。

表5 不同杀菌剂协同增效组合及杀虫剂、助剂添加对梨白粉病的田间防效

Table 5 Field synergistic effects of different synergistic combinations and insecticides, auxiliaries add on pear powdery mildew

杀菌剂 Fungicide	有效用 药量 Effective dosage ( $\mu\text{g/mL}$ )	药前 病情 指数 Disease index before applied	第3次药后7 d 7 d after the 3rd applied		第3次药后15 d 15 d after the 3rd applied		第3次药后30 d 30 d after the 3rd applied	
			病情 指数 Disease index	防效 (%) Control effect	病情 指数 Disease index	防效 (%) Control effect	病情 指数 Disease index	防效 (%) Control effect
双胍三辛烷基苯磺酸盐 Iminoctadine trialbesilate	267	2.62	5.58	64.00 b	6.61	77.61 a	21.53	65.02 b
氟菌唑 Triflumizole	75	2.75	4.51	72.26 a	9.95	69.27 b	21.32	66.99 b
双胍三辛烷基苯磺酸盐+氟菌唑 Iminoctadine trialbesilate+fluosilazole	100+25	2.29	4.01	70.38 a	6.27	76.75 a	14.89	72.31 a
硝苯菌酯 Meptyldinocap	120	2.62	3.71	76.08 b	6.43	79.17 ab	23.66	61.56 c
醚菌酯 Kresoxim-methyl	100	2.60	3.81	75.24 b	9.41	69.35 b	34.16	44.06 d
氟硅唑 Fluosilazole	50	2.35	5.11	63.28 c	11.01	60.26 c	34.16	37.11 e
硝苯菌酯+氟硅唑 Meptyldinocap+fluosilazole	10+40	2.35	5.08	63.45 c	7.71	72.14 b	16.65	69.83 b
醚菌酯+氟硅唑 Kresoxim-methyl+fluosilazole	40+40	2.29	2.65	80.43 ab	4.21	84.37 a	13.06	75.79 ab
醚菌酯+氟硅唑+NF-100 Kresoxim-methyl+fluosilazole+NF-100	40+40+0.1%	2.95	3.48	80.05 ab	4.91	85.93 a	17.14	75.27 ab
醚菌酯+氟硅唑+N280 Kresoxim-methyl+fluosilazole+N280	40+40+0.025%	2.47	0.69	95.25 a	9.94	65.82 bc	16.79	71.05 b
醚菌酯+氟硅唑+迈道 Kresoxim-methyl+fluosilazole+Maidao	40+40+0.1%	2.58	3.68	75.92 b	3.76	87.63 a	11.07	81.73 a
醚菌酯+氟硅唑+Tmax Kresoxim-methyl+fluosilazole+Tmax	40+40+0.1%	1.96	4.41	62.00 c	3.79	83.62 a	9.48	79.41 a
苯菌酮 Metrafenone	105	2.64	2.34	85.00 a	7.89	74.64 a	27.61	54.49 b
四氟醚唑 Tetraconazole	20	2.05	5.00	58.75 b	8.03	66.77 b	29.68	38.37 c
苯菌酮+四氟醚唑 Metrafenone+tetraconazole	15+15	2.88	7.12	57.25 b	13.49	60.26 c	26.40	60.98 a
辛菌胺醋酸盐 Xinjunan acetate	12	2.36	4.56	67.36 bc	10.17	63.40 c	18.23	68.12 b
苯醚甲环唑 Diphenoxazole	33.33	2.26	5.35	60.00 c	10.05	61.29 c	30.30	42.94 c
噻呋菌酯 Cefo-trifloxystrobin	200	1.84	0.87	92.00 a	3.67	83.09 ab	12.58	70.90 b
双胍三辛烷基苯磺酸盐+噻呋菌酯 Iminoctadine trialbesilate+cefo-trifloxystrobin	120+120	2.85	3.60	78.64 b	3.44	89.77 a	7.51	88.78 a
辛菌胺醋酸盐+噻呋菌酯 Xinjunan acetate+cefo-trifloxystrobin	8+40	2.69	3.66	77.00 b	4.11	87.07 a	9.82	84.45 a
苯醚甲环唑+噻呋菌酯 Diphenoxazole+defo-trifloxystrobin	20+20	3.00	1.77	90.05 a	7.91	77.70 b	18.82	73.29 b
丙硫菌唑 Prothioconazole	25	2.64	1.88	87.94 a	5.59	82.01 a	18.91	69.52 b
氟吡菌酰胺 Fluopyram	50	2.04	3.10	74.32 b	7.58	68.44 b	18.32	61.77 c
啞菌酯 Azoxystrobin	50	1.99	2.00	83.02 ab	7.95	66.10 b	19.34	58.62 c
氟吡菌酰胺+啞菌酯 Fluopyram+azoxystrobin	20+20	2.12	1.47	88.26 a	4.89	80.42 a	10.19	79.55 a
丙硫菌唑+啞菌酯 Prothioconazole+azoxystrobin	12.5+12.5	2.05	0.99	91.82 a	3.99	83.48 a	10.93	77.31 a
清水对照 Water CK	-	3.05	18.05	-	35.96	-	71.65	-

表中数据为平均数 $\pm$ 标准差。同列不同字母表示协同增效组合与对应单剂处理经Duncan氏新复极差法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。Data are mean $\pm$ SD. Different letters in the same column indicate significant difference among synergistic combinations and corresponding single fungicide at  $P<0.05$  level by Duncan's new multiple range test.

### 2.3 不同梨树病害与协同增效组合关系

同时兼治3种病害且防效较好的协同增效组合有3个;同时兼治2种病害且防效较好的协同增效组合有4个;仅对梨褐斑病有较好防效的协同增效组合有4个;仅对梨白粉病有较好防效的协同增效组合有

1个;仅对梨黑星病有较好防效的协同增效组合有4个(表6)。可依据田间发生的具体病害筛选有针对性的协同增效组合和有效用药量,制定梨树主要病害不同防治时期的有效用药流程。

表6 梨树3种主要病害对各协同增效组合的不同反应

Table 6 The reaction of three main diseases of pear tree with differet synergistic combinations

杀菌剂 Fungicide	有效用药量 Effective dosage ( $\mu\text{g}/\text{mL}$ )	3种病害 Three diseases		
		褐斑病 Brown spot	黑星病 Scab	白粉病 Powdery mildew
双胍三辛烷基苯磺酸盐+氟菌唑 Iminoctadine trialbesilate+fluosilazole	100+25	√	√	
双胍三辛烷基苯磺酸盐+氟菌唑+NF-100 Iminoctadine trialbesilate+fluosilazole	100+25+0.1%	√		
双胍三辛烷基苯磺酸盐+噻呋菌酯 Iminoctadine trialbesilate+cefo-trifloxystrobin	120+120			√
双胍三辛烷基苯磺酸盐+吩嗪 $\alpha$ -2羧酸+Tmax Iminoctadine trialbesilate+phenazine $\alpha$ -2 carboxylic acid+Tmax	60+10+0.1%	√		
辛菌胺醋酸酯+噻呋菌酯 Xinjunan acetate+cefo-trifloxystrobin	8+40	√	√	√
苯醚甲环唑+噻呋菌酯 Diphenoxazole+cefo-trifloxystrobin	20+20		√	
硝苯菌酯+氟硅唑 Meptyldinocap+fluosilazole	10+40		√	
醚菌酯+氟硅唑 Kresoxim-methyl+fluosilazole	40+40	√		√
醚菌酯+氟硅唑+NF-100 Kresoxim-methyl+fluosilazole+NF-100	40+40+0.1%	√	√	√
醚菌酯+氟硅唑+N280 Kresoxim-methyl+fluosilazole+N280	40+40+0.025%		√	
醚菌酯+氟硅唑+迈道 Kresoxim-methyl+fluosilazole+Maidao	40+40+0.1%		√	√
醚菌酯+氟硅唑+Tmax Kresoxim-methyl+fluosilazole+Tmax	40+40+0.1%		√	
苯菌酮+四氟醚唑 Metrafenone+tetraconazole	15+15	√		
氟吡菌酰胺+啞菌酯 Fluopyram+azoxystrobin	20+20		√	√
丙硫菌唑+啞菌酯 Prothioconazole+azoxystrobin	12.5+12.5	√	√	√
丙硫菌唑+啞菌酯+阿维菌素 Prothioconazole+azoxystrobin+avermectin	12.5+12.5+7.2	√		

## 2.4 梨树主要病害不同防治时期的施药流程

调查发现,农民整个生育期共使用三唑类杀菌剂7次,苯醚甲环唑推荐剂量为33.33  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ,但实际使用剂量比该推荐剂量高出1倍,存在较高的潜在抗药风险。按照不同生育期主要病害发生情况及兼治原则,结合2.1~2.3结果及轮换交替用药原则选用辛菌胺醋酸酯、双胍三辛烷基苯磺酸盐+吩嗪 $\alpha$ -2羧酸+Tmax、丙硫菌唑+啞菌酯、醚菌酯+氟硅唑+NF-100、双胍三辛烷基苯磺酸盐+噻呋菌酯、氟吡菌酰胺+啞菌酯替代或轮换用药(表7)。以协同增效组合用药为关键技术的减量用药梨树主要病害综合防控体系防效达93.15%,较农民用药防效高出12.93个百分点。

## 3 讨论

常用化学杀菌剂对田间病菌种群的防效逐渐降低,病菌已产生抗药性。目前生产上防治梨褐斑病选用的杀菌剂主要有多菌灵和甲基托布津(王强等,2008);防治梨黑星病的杀菌剂有烯唑醇和苯醚甲环唑(叶长飞等,2016);防治梨白粉病的杀菌剂有苯醚甲环唑和戊唑醇(严凯等,2018);以上诸多杀菌剂为甾醇抑制剂或微管蛋白抑制剂,频繁使用这2类药剂导致其防效在生产上不太理想和病菌抗药问题突出。同时,梨树主要病害减量用药综合防控体系尚

未见报道,缺乏系统防控技术。本研究利用菌丝生长速率法明确了14种不同作用机制化学杀菌剂单独及其协同作用时的毒力和增效系数;筛选得到10个对梨树主要病害具有协同增效作用的组合及其最佳配比,分别为双胍三辛烷基苯磺酸盐+氟菌唑(4:1)、双胍三辛烷基苯磺酸盐+噻呋菌酯(1:1)、辛菌胺醋酸酯+噻呋菌酯(1:5)、苯醚甲环唑+噻呋菌酯(1:1)、硝苯菌酯+氟硅唑(1:4)、醚菌酯+氟硅唑(1:1)、苯菌酮+四氟醚唑(1:1)、氟吡菌酰胺+啞菌酯(1:1)、丙硫菌唑+啞菌酯(1:1)、双胍三辛烷基苯磺酸盐+吩嗪 $\alpha$ -2羧酸(1:6);基于这10个协同增效组合,通过添加助剂或杀虫剂来分析其对梨树主要病害褐斑病、黑星病、白粉病的离体防效和田间防效并制定出以协同增效组合为关键技术的梨树主要病害减量用药综合防控体系,这对于梨树主要病害的综合防控具有重要的实践意义。

目前,田间梨树病菌抗药性种群以甾醇抑制剂和微管蛋白抑制剂为主(Gisi et al., 2000),王英姿等(2008)、蒋军喜等(2010)、赵云和等(2011)和叶长飞等(2016)对梨树主要病害的防治仍采用甾醇抑制剂苯醚甲环唑和微管蛋白抑制剂甲基托布津等进行单独或协同使用,频繁使用导致梨树病害病原菌对这两大类杀菌剂的抗药性水平逐年不断升高。本研究中,利用类脂抑制剂双胍三辛烷基苯磺酸盐与甾醇

抑制剂氟菌唑、类脂抑制剂双胍三辛烷基苯磺酸盐与诱导抗病剂吩嗪 $\alpha$ -2羧酸、类脂抑制剂双胍三辛烷基苯磺酸盐与线粒体呼吸抑制剂噻呋菌酯、凝固蛋白抑制剂辛菌胺醋酸盐辛菌胺醋酸盐与线粒体呼吸抑制剂噻呋菌酯、肌动蛋白破坏剂苯菌酮+甾醇抑制剂四氟醚唑、琥珀酸脱氢酶抑制剂氟吡菌酰胺与线粒体呼吸抑制剂啞菌酯、线粒体呼吸抑制剂噻呋菌酯与甾醇抑制剂苯醚甲环唑、硝苯菌酯与氟硅

唑、醚菌酯与氟硅唑、啞菌酯与丙硫菌唑等新型作用机制杀菌剂进行协同增效组合研发,不仅可以克服农民整个生育期使用甾醇抑制剂三唑类杀菌剂7次导致的抗药性问题,且对梨树主要病害的防效也提高了12.93个百分点,还减少杀菌剂用量约20%。这与以往单一协同增效组合对病害的防治研究相比(张立文等,2006;严凯等,2018),其防治技术更具有现实指导性。

表7 梨树主要病害不同防治时期下不同杀菌剂协同增效组合施用流程的制定

Table 7 Establishment of synergistic combination procedures for different periods of main diseases of pear trees

生育期 Growth period	主要病害 Main diseases	农民用药种类 Types of farmers' fungicide used	选用的替代协同增效组合 Selected alternative synergistic combination
3月中旬(休眠期) Mid-March (Dormant period)	越冬梨黑星病菌、腐烂病菌、轮纹病菌等 Wintering <i>Venturia nashicola</i> , <i>Valsa ceratosperma</i> , <i>Phylosproa piricola</i> etc.	石硫合剂 Lime sulphur	石硫合剂 Lime sulphur
4月下旬(落花80%) Late April (Falling flower 80%)	褐斑病、轮纹病、黑斑病、黑星病 Brown spot, ring rot, black spot, scab	苯醚甲环唑 Difenoconazole	辛菌胺醋酸盐 Xinjunan acetate
5月上中旬(套袋前) Mid and early May (Before Bagging)	褐斑病、轮纹病、黑斑病、黑星病 Brown spot, ring rot, black spot, scab	苯醚甲环唑 Difenoconazole	双胍三辛烷基苯磺酸盐+吩嗪 $\alpha$ -2羧酸(6:1)+0.1% Tmax Iminoctadine trialbesilate+phenazine $\alpha$ -2 carboxylic acid (6:1)+0.1% Tmax
6月上旬 Early June	褐斑病、黑斑病、黑星病 Brown spot, black spot, scab	苯醚甲环唑 Difenoconazole	丙硫菌唑+啞菌酯(1:1) Prothioconazole+azoxystrobin (1:1)
6月中下旬(膨果) Mid-to-late June (Fruit swelling)	褐斑病、黑星病、黑斑病 Brown spot, black spot, scab	烯唑醇 Diniconazole	醚菌酯+氟硅唑(1:1)+0.1% NF-100 Kresoxim-methyl+fluosilazole (1:1)+0.1% NF-100
7月上旬 Early July	白粉病、黑星病、褐斑病、黑斑病 Powdery mildem, scab, brown spot, black spot	烯唑醇 Diniconazole	双胍三辛烷基苯磺酸盐+噻呋菌酯(1:1) Iminoctadine trialbesilate+cefo-trifloxystrobin (1:1)
7月中下旬 Mid to late July	黑星病、白粉病、褐斑病、黑斑病 Scab, powdery mildem, brown spot, black spot	苯醚甲环唑 Difenoconazole	氟吡菌酰胺+啞菌酯(1:1) Fluopyram+azoxystrobin (1:1)
8月中旬 Mid-August	白粉病、黑星病、褐斑病、黑斑病 Powdery mildem, scab, brown spot, black spot	苯醚甲环唑 Difenoconazole	-
9月上旬(采摘后) Early September (After picking)	白粉病、黑星病、黑斑病、褐斑病 Powdery mildem, scab, black spot, brown spot	甲基托布津 Thiophanate-methyl	甲基托布津 Thiophanate-methyl
防效(%) Control effect		80.22	93.15

表中不同生育期内第1种病害为最难防治对象,其后病害防治难度依次降低。所列杀菌剂单剂按照常规用量施用,协同增效组合按照本研究所得用量施用。The first disease of the different growth period is the most difficult for controlling, and the difficulty of disease prevention is gradually decreasing. The single fungicide applied according to the conventional dosage and the synergistic combination applied according to the dosage in this study of the table.

目前生产中农民盲目将杀菌剂与杀虫剂混合使用对农产品的残留和安全造成隐患(陈琦和赵敏娟,2012)。本研究中化学杀菌剂协同组合与当季应用较多的杀虫剂阿维菌素协同应用的研究在农药减施增效中更具实用性。杀虫剂阿维菌素在常规推荐剂

量下同丙硫菌唑与啞菌酯协同增效组合减少20%药量施用,与对应杀菌剂协同增效组合对梨树主要病害的防效相当。可见,筛选到的杀菌剂协同增效组合与杀虫剂联合使用,既达到了减量不减效的目的,又保证了果品生产的安全。

助剂在药剂减量防治梨树病害上尚未见报道。梨树叶片光滑,药液附着性较差,因此研究增效组合与助剂协同减量在梨树病害防治上的应用具有现实指导性。脂肪胺共聚物和糖基类组合物NF-100、矿物源迈道、天然植物油Tmax、超支化星状聚合物N280这4种喷雾助剂可以改变农药喷雾液滴和植物叶表面之间的界面张力,使药剂获得更好的润湿、展布、滞留、渗透,而且还具有防漂移、抗雨水冲刷及保湿等性能(Ryckaert et al., 2008; 安国栋等, 2012),从而有利于增强药效的发挥。本研究通过加入助剂不仅可以减少20%的药量,而且增效组合与助剂协同作用对梨树主要病害的防效显著。因此,加入以上助剂也可以达到减量不减效的目的。

本研究制定出的梨树主要病害杀菌剂施用流程,除了依据梨树3种主要病害与杀菌剂协同增效组合的对应关系、不同病害发生规律、不同杀菌剂增效组合持效期、助剂与杀虫剂减量应用外,同时兼顾以下原则:一是选用最适合的农药品种,控制前期发病,兼预防后期病害;二是正确的用药浓度;三是合理复配兼治不同种病害;四是交替用药,降低抗药选择压;五是协调运用农业措施和其它防治手段,降低发病条件,把主要病害的种群数量控制在经济允许的水平以下。综上,本研究制定的梨树主要病害关键防治时期不同杀菌剂协同增效组合施用流程,在减少施药次数和施药量的情况下,其防效明显高于农民传统用药流程。全程中不同杀菌剂、杀虫剂、助剂之间协同使用可以有效解决目前田间梨树主要病害病原菌的抗药性,遏制化学杀菌剂过量施用的问题。此外,后期研究还应监测这些杀菌剂的使用情况,最大限度地延长新型药剂的寿命。在进一步具体的实施过程中,还应有针对性的筛选与化学杀菌剂协同作用的微生物株系以及微生物源和植物源活性代谢产物(刘邮洲等, 2012; 侯琿等, 2016),为当前化学农药的减施增效提供更多备选产品,实现化学农药的替代或部分替代,以达到化学农药减量增效、提高产量、改善品质的目的。

## 参 考 文 献 (References)

- An GD, Geng P, Hu MY, Chen SH, Zhao HM, Yi X. 2012. Research advance in plant oil pesticide adjuvant. *Agrochemicals*, 51(8): 558-561 (in Chinese) [安国栋, 耿鹏, 胡美英, 陈少华, 赵海明, 易欣. 2012. 植物油助剂在农药领域中的研究进展. *农药*, 51(8): 558-561]
- Cao KQ, Wang AR, Yang JY, Li CQ, Li HM. 1998. Status and analysis on the occurrence of pests on apples and pears in the central area of Hebei Province. *Journal of Agricultural University of Hebei*, 21(3): 45-49 (in Chinese) [曹克强, 王爱茹, 杨军玉, 李春强, 李红梅. 1998. 河北中部地区苹果、梨主要病虫害危害现状及分析. *河北农业大学学报*, 21(3): 45-49]
- Chai CB. 2012. Study on resistance of pear germplasm to pear scab and its physiological mechanism. Master Thesis. Taigu: Shanxi Agricultural University (in Chinese) [柴晨博. 2012. 梨抗黑星病的评价及生理机制的研究. 硕士学位论文. 太谷: 山西农业大学]
- Chen Q, Zhao MJ. 2012. Reviews of the pesticide influence on the agriculture products and famers' safe behavior in the production of agriculture products. *Northern Horticulture*, (21): 196-202 (in Chinese) [陈琦, 赵敏娟. 2012. 国内外农药对农产品安全的影响及农户安全生产行为评述. *北方园艺*, (21): 196-202]
- Gisi U, Chin KM, Knapova G, Färber RK, Mohr U, Parisi S, Sierotzki H, Steinfeld U. 2000. Recent developments in elucidating modes of resistance to phenylamide, DMI and strobilurin fungicides. *Crop Protection*, 19: 863-872
- Hou H, Zhou ZQ, Wang L, Wang SR. 2016. Control effects of sodium silicate on grape anthracnose. *Journal of Plant Protection*, 43(5): 836-841 (in Chinese) [侯琿, 周增强, 王丽, 王生荣. 2016. 硅酸钠对葡萄炭疽病的防治效果. *植物保护学报*, 43(5): 836-841]
- Huang XZ, Zhang CH, Zeng SM, Chen CC, Lin JN, Chen XM, Hu NS. 2015. Correlation analysis between pear leaf disease and early-senescence and defoliation. *Plant Protection*, 41(4): 160-164 (in Chinese) [黄新忠, 张长河, 曾少敏, 陈传聪, 林居宁, 陈小明, 胡宁三. 2015. 梨叶部病害与梨叶早衰脱落相关性分析. *植物保护*, 41(4): 160-164]
- Ishii H, Yanase H. 2000. *Venturia nashicola*, the scab fungus of Japanese and Chinese pears: a species distinct from *V. pirina*. *Mycological Research*, 104(6): 755-759
- Isshiki A, Akimitsu K, Nishio K, Tsukamoto M, Yamamoto H. 1997. Purification and characterization of an endopolygalacturonase from the rough lemon pathotype of *Alternaria alternata*, the cause of citrus brown spot disease. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 51(3): 155-167
- Jiang JX, Dai ZJ, Tang ZW, Wu DL, Chen JY, Liu SJ, Gu QQ. 2010. The toxicity tests and field control effects of five fungicides against *Botryosphaeria berengeriana* f. sp. *piricola*. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 32(4): 710-713 (in Chinese) [蒋军喜, 戴兆基, 唐自文, 吴德龙, 陈金印, 刘善军, 辜青青. 2010. 5种杀菌剂对梨轮纹病菌的毒力测定和田间药效试验. *江西农业大学学报*, 32(4): 710-713]
- Liu YZ, Chen ZY, Liu YF, Nie YF, Qiao JQ. 2012. Control efficacy of *Bacillus subtilis* sf628 on pear anthracnose. *Journal of Plant Protection*, 39(6): 492-496 (in Chinese) [刘邮洲, 陈志谊, 刘永锋, 聂亚锋, 乔俊卿. 2012. 枯草芽胞杆菌sf 628对梨炭疽病的控制作用. *植物保护学报*, 39(6): 492-496]
- Ryckaert B, Spanoghe P, Heremans B, Haesaert G, Steurbaut W. 2008. Possibilities to use tank-mix adjuvants for better fungicide

- spreading on triticale ears. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(17): 8041–8044
- Wang Q, Zhang MJ, Yan XK, Ding LH. 2008. Occurrence regularity and chemical control of brown spot disease of Hanxiang pear. *Northern Horticulture*, (11): 168–169 (in Chinese) [王强, 张茂君, 闫兴凯, 丁丽华. 2008. 寒香梨叶片褐斑病发生规律及药剂防治研究. *北方园艺*, (11): 168–169]
- Wang Y. 2015. Resistance management and synergistic interaction of SYP-7017 and boscalid in controlling *Sclerotinia* stem rot. Ph. D Thesis. Nanjing: Nanjing Agricultural University (in Chinese) [王勇. 2015. 油菜菌核病菌抗药性治理及氯啉菌酯与啶酰菌胺的增效减量使用技术研究. 博士学位论文. 南京: 南京农业大学]
- Wang YZ, Ren Q, Luan BH, Cai GC. 2008. Experiment on control disease of fruit trees with pyraclostrobin-metiram. *Yantai Fruit Trees*, (1): 19–21 (in Chinese) [王英姿, 任强, 栾炳辉, 蔡功臣. 2008. 百泰防治果树病害试验. *烟台果树*, (1): 19–21]
- Xu CY, Hou YP, Wang JX, Chen CJ, Zhou MG. 2014. Fungicidal activity and biological characteristics of benzothiostrubin, a novel QoI fungicide. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 16(6): 667–672 (in Chinese) [徐从英, 侯毅平, 王建新, 陈长军, 周明国. 2014. 新型杀菌剂苯噻菌酯的抑菌活性及生物学特性. *农药学报*, 16(6): 667–672]
- Yan K, Wang JL, Zhou Y, Fu DP, Huang RM. 2018. Efficacy of five fungicides in *Rosa roxburghii* Tratt against *Sphaerotheca* sp. *Agrochemicals*, 57(8): 609–610, 616 (in Chinese) [严凯, 王金利, 周园, 付定鹏, 黄荣茂. 2018. 5种杀菌剂对刺梨白粉病的防治效果. *农药*, 57(8): 609–610, 616]
- Yang XP, Chen QL, Zhang JG, Fan J, He XJ, Hu HJ. 2017. Research progress of pear black spot and breeding for disease resistance. *Journal of Fruit Science*, 34(10): 1340–1348 (in Chinese) [杨晓平, 陈启亮, 张靖国, 范净, 何秀娟, 胡红菊. 2017. 梨黑斑病及抗病育种研究进展. *果树学报*, 34(10): 1340–1348]
- Ye CF, Wen LN, Lin YH, Que ZS, Wu LP, Chai RY. 2016. Effects of seven fungicides on pear ring, black scab and black spot diseases. *Journal of Zhejiang Agricultural Sciences*, 57(2): 248–250 (in Chinese) [叶长飞, 温莉娜, 林永红, 阙祖尚, 吴丽萍, 柴荣耀. 2016. 7种药剂防治梨轮纹病、黑星病和黑斑病的效果. *浙江农业科学*, 57(2): 248–250]
- Yuan CZ, Zheng MY, Gao XF, Zhou XJ, Wang H. 2018. Main disease types and control measures of pear tree. *Bulletin of Agricultural Science and Technology*, (7): 337–339 (in Chinese) [源朝政, 郑明燕, 高小峰, 周晓静, 王虹. 2018. 梨树主要病害种类及防治措施. *农业科技通讯*, (7): 337–339]
- Zhang HE, Yue WQ, Ran XT, Zhu XQ, Wei JM, Hao BF, Liu JL. 2010. Application status, problems and solutions of pear varieties in Hebei Province. *Journal of Hebei Agricultural Sciences*, 14(10): 24–25, 30 (in Chinese) [张海娥, 乐文全, 冉辛拓, 朱向秋, 魏建梅, 郝宝峰, 刘金利. 2010. 河北省梨品种应用现状、存在问题及对策. *河北农业科学*, 14(10): 24–25, 30]
- Zhang LW, Gao SW, Li GP, Xu DM. 2006. Experimental study on the control of pear black scab disease with 10% difenoconazole WG. *Anhui Agricultural Science Bulletin*, 12(7): 158 (in Chinese) [张立文, 高树维, 李国平, 徐德明. 2006. 10%苯醚甲环唑WG防治梨黑星病试验研究. *安徽农学通报*, 12(7): 158]
- Zhao DY, Xu K, Yuan JC, Cheng CG, Yan S. 2016. Analysis of the situation of main production countries and the development trend of pears in the world. *Chinese Fruits*, (2): 94–100 (in Chinese) [赵德英, 徐锴, 袁继存, 程存刚, 闫帅. 2016. 世界梨主产国产销概况及发展趋势分析. *中国果树*, (2): 94–100]
- Zhao YH, Liu T, Si NG, Duan JF, Zhang ZF, Wang ST, Cao KQ. 2011. Screening test of fungicides for controlling pear scab. *Agrochemicals*, 50(9): 693–694 (in Chinese) [赵云和, 刘霆, 司乃国, 段俊飞, 张子丰, 王树桐, 曹克强. 2011. 几种防治梨黑星病化学药剂的筛选. *农药*, 50(9): 693–694]

(责任编辑:李美娟)