

杀菌剂对感染越冬桃小食心虫的白僵菌的抑制作用

李丽莉¹ 张思聪¹ 练永国² 李中余³ 张安盛¹ 周仙红¹
门兴元¹ 庄乾营¹ 于毅^{1*}

- (1. 山东省农业科学院植物保护研究所 山东省植物病毒学重点实验室 山东 济南 250100)
(2. 菏泽市牡丹区农业局植保站 山东 菏泽 274000)
(3. 蓬莱市人民政府新港街道办事处 山东 蓬莱 265600)

摘要:【目的】桃小食心虫是我国果树上发生最普遍的食心类害虫,其室内人工饲养是综合防治研究的基础,但面临着田间越冬种群大量感染白僵菌死亡,给实验室种群的建立带来很大困难。因此筛选出对球孢白僵菌高效的杀菌剂用于解决桃小食心虫种群建立时感染白僵菌的问题。【方法】利用液体摇床振荡法和平皿交叉法测定 16 种常见杀菌剂对球孢白僵菌孢子萌发和菌丝生长的影响。【结果】筛选出 9 种杀菌剂,其中,腐霉利和中生菌素对孢子萌发的抑制效果好,常规用量抑制效果分别为 $97.88\% \pm 1.53\%$ 和 $93.22\% \pm 2.36\%$;抑霉唑和戊唑醇对菌丝生长的抑制效果明显,常规用量抑制效果分别达 $100.00\% \pm 0.00\%$ 和 $98.43\% \pm 0.99\%$;咪酰胺、丙环唑、噻菌灵、腈菌唑和吡唑醚菌酯对孢子萌发和菌丝生长的抑制效果都好。同时测定了这 9 种杀菌剂常规浓度及其 5 倍和 10 倍稀释液对桃小食心虫的毒力,结果表明有 5 种杀菌剂对桃小食心虫稍有不利影响。【结论】4 种杀菌剂,中生菌素、戊唑醇、吡唑醚菌酯和噻菌灵可用于解决桃小食心虫种群建立时越冬幼虫的感染白僵菌问题。

关键词: 杀菌剂, 桃小食心虫, 白僵菌, 抑菌作用

Inhibitory function of fungicides on *Beauveria bassiana* in peach fruit moth overwintering stage

LI Li-Li¹ ZHANG Si-Cong¹ LIAN Yong-Guo² LI Zhong-Yu³ ZHANG An-Sheng¹
ZHOU Xian-Hong¹ MEN Xing-Yuan¹ ZHUANG Qian-Ying¹ YU Yi^{1*}

(1. Key Laboratory for Plant Virology of Shandong, Institute of Plant Protection, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan, Shandong 250100, China)

(2. Plant Protection Station of Agriculture Bureau in Mudan District of Heze City, Heze, Shandong 274000, China)

(3. The Office of Xingang Street in Penglai City, Penglai, Shandong 265600, China)

Abstract: [Objective] *Carposina niponensis* Walsingham is an important pest in Chinese orchard and causes wide host and area damage. Artificial feeding of *C. niponensis* is the basis of research and integrated control, meanwhile *Beauveria bassiana* is a main pathogen to overwintering larvae *C. niponensis* and brings great difficulties to establish laboratory population. So our objectives is to screen fungicides which have good inhibition effect to control *B. bassiana* in large-scale feeding *C. niponensis*. [Methods] Liquid shaker shock method and plates cross bracketing method were used to evaluate the effect of 16 common fungicides on spore germination and hyphal growth of *B. bassiana*. [Results] We screened 9 fungicides which had good inhibitory effect on *B. bassiana*, in which Procymidone and Zhongshengmycin were good at spore germination inhibitory, and inhibitory rate were $97.88\% \pm 1.53\%$ and $93.22\% \pm 2.36\%$ at recommended concentration. While, Imazalil and Tebuconazole have obvious inhibition effect on hyphal growth, and inhibitory rates were $100.00\% \pm 0.00\%$ and $98.43\% \pm 0.99\%$. But 5 fungicides (Prochloraz, Propiconazole, Thiabendazole, Myclobutanil, Pyraclostrobin) had good effect on both spore germination and hyphal growth. In addition, we evaluated mortality of *C. niponensis* at different concentrations (recommend concentration, 5-fold recommend concentrations, 10-fold recommend concentration) to investigate negative impact of 9 fungicides on *C. niponensis* Walsingham, The results showed that 5 fungicides have slightly adverse impact on *C. niponensis*. [Conclusion] Zhongshengmycin, Tebuconazole, Pyraclostrobin and Thiabendazole can be used to control *B. bassiana* infection in large-scale feeding *C. niponensis*.

Keywords: Fungicides, *Carposina niponensis* Walsingham, *Beauveria bassiana*, Inhibitory

桃小食心虫 (*Carposina niponensis* Walsingham) 属鳞翅目, 果蛀蛾科, 可危害仁果类、核果类等十多种果树, 是我国为害面积最大、最普遍的食心类害虫。近年来, 随着果树种植面积、栽培模式和种植结构调整等因素, 桃小食心虫危害普遍大幅回升, 加上一些高毒农药在果树上禁用, 致使该虫危害逐年加重^[1], 因此必须尽

快建立其实验室种群, 研究该虫在新的种植模式下的生物生态学。

球孢白僵菌 [*Beauveria bassiana* (balsamo) Vuillemin] 是国内外广泛用于害虫生物防治的杀虫真菌之一, 在多种害虫的防治中取得了显著的经济、社会和生态效益^[2-4]。同时也是越冬昆虫的主要致死病原菌^[5-7], 在实验室近几年桃小食心

虫越冬幼虫滞育解除试验中, 约 30%左右的个体会感染白僵菌死亡, 给实验室种群的建立带来很大困难。杀虫微生物制剂与化学药剂的相容性, 一直是大家关注的热点, 已经有许多关于白僵菌与化学药剂相容性的研究, 结果和目的也各不相同, 有些着重于对白僵菌的增效作用^[9-13], 有些则保护白僵菌免受化学药剂的负面影响^[8,14-17]。在这些研究中, 常发现白僵菌对药剂的作用随着菌株、药剂品种、浓度的不同而不同^[14-16]。但筛选高效杀菌剂用于解决桃小食心虫种群建立时越冬幼虫的白僵菌感染问题的研究还未见报道。因此, 本文测定 16 种杀菌剂在不同浓度下对球

孢白僵菌生长的影响, 并测定了这些杀菌剂在常规浓度、常规浓度稀释 5 倍、10 倍浓度下桃小食心虫死亡情况, 以期为提高桃小食心虫越冬幼虫的存活率提供理论支持。

1 材料与方法

1.1 供试菌株

球孢白僵菌菌株桃 5 为桃小食心虫僵虫中分离获得。用 PDA 培养基^[18]连续培养, 保存实验室备用。

1.2 供试药剂

详见表 1。

表 1 供试药剂品种及其性质来源				
Table 1 The formulation, characteristic and source of the fungicides				
种类及剂型	常用浓度	类别	厂家	
Formulations of fungicides	Dilution	Category	Source	
30%噁霉灵水剂	1:600	广谱杀菌	齐齐哈尔盛泽农药有限公司	
Hymexazol 30% AS				
25 g/L 咯菌腈种衣剂	1:400 0	广谱杀菌	先正达生物科技(中国)有限公司	
Fludioxonil 25 g/L FS				
400 g/L 嘧霉胺悬浮剂	1:200 0	广谱杀菌	德国拜耳作物科学有限公司	
Pyrimethanil 400 g/L FF				
3%中生菌素可湿性粉剂	1:100 0	广谱杀菌	东莞市瑞德丰生物科技有限公司	
Zhongshengmycin 3% WP				
43%戊唑醇悬浮剂	1:160 0	广谱杀菌	成都科利隆生化有限公司	
Tebuconazole 43% FF				
75%代森锰锌水分散粒剂	1:800	广谱杀菌	美国杜邦农化有限公司	
Mancozeb 75% WG				
75%百菌清可湿性粉剂	1:600	广谱杀菌	先正达生物科技(中国)有限公司	
Chlorothalonil 75% WP				
25%三唑酮可湿性粉剂	1:160 0	内吸性杀真菌	北京燕化永乐农药有限公司	
Triadimefon 25%WP				
50%腐霉利可湿性粉剂	1:600	内吸性杀真菌	住友化学株式会社	
Procymidone 50% WP				
10%福美双悬浮剂	1:400	广谱杀菌	成都科利隆生化有限公司	
Thiram 10% FF				
250 g/L 吡唑醚菌酯乳油	1:200 0	广谱杀菌	德国巴斯夫股份有限公司	
Pyraclostrobin 250 g/L EC				
40%腈菌唑可湿性粉剂	1:160 0	内吸性杀真菌	北京燕化永乐农药有限公司	
Myclobutanil 40% WP				
60%噁菌灵水分散粒剂	1:400 0	广谱杀菌	陕西汤普森生物科技有限公司	
Thiabendazole 60% WG				
25%丙环唑乳油	1:120 0	广谱杀菌	成都科利隆生化有限公司	
Propiconazole 25% EC				
450 g/L 咪唑胺水乳剂	1:200 0	广谱杀菌	成都科利隆生化有限公司	
Prochloraz 450 g/L EW				
50%抑霉唑乳油	1:160 0	广谱杀菌	北京燕化永乐农药有限公司	
Imazalil 50% EC				

1.3 孢子萌发率的测定

将斜面上培养的球孢白僵菌孢子刮进含 0.05%吐温-80、2.0%蔗糖和 0.5%蛋白胨的培养液中,在漩涡振荡器上振荡均匀,将孢子浓度调至 1.0×10^7 个孢子/mL。孢悬液中加入表 1 中的供试药剂,充分混合。每种药剂测试 3 种浓度: (1) 常规使用浓度(1.0 \times); (2) 常规使用浓度稀释 5 倍(0.2 \times); (3) 常规使用浓度稀释 10 倍(0.1 \times)。然后,将含不同类型及浓度药剂的孢子悬浮液在 25 $^{\circ}\text{C} \pm 1$ $^{\circ}\text{C}$ 、120 r/min 振荡培养 24 h。取样镜检测定孢子萌发情况。各药剂品种每浓度重复 3 次,以不加药剂的孢子悬浮液作为对照。

1.4 生长速度的测定

配制含有系列浓度梯度杀菌剂的 PDA 培养基中,并制成平皿,分别接入供试菌株在 25 $^{\circ}\text{C} \pm 1$ $^{\circ}\text{C}$ 下培养,每处理重复 3 次,以不加药剂的 PDA 培养基为对照,7 d 用十字交叉法测量每个菌落直径并计算抑制率。

抑制率的计算方法:

$$\text{抑制率}(\%) = (d_1 - d_2) / d_1 \times 100$$

其中, d_1 为对照平板中的菌落直径, d_2 为加有化学药剂的平板中的菌落直径。

1.5 对桃小食心虫的毒力测定

采用浸虫法进行毒力测定试验。将个体大小一致的桃小食心虫越冬幼虫在杀菌剂 3 种浓度药液中浸 10 s 后取出,置于滤纸上吸去多余水分,用毛笔移入已标记对应药剂的装有人工饲料的养虫盒中,放入 25 $^{\circ}\text{C} \pm 1$ $^{\circ}\text{C}$ 、75% \pm 5% RH、15L:9D 的恒温培养箱内。每处理接入 24 头试虫,重复 3 次,以清水作为对照。每天观察并记录桃小食心虫的死亡情况并移出养虫盒,持续观察 10 d。

1.6 统计分析

实验数据采用统计软件 SPSS 10.0 处理,将试验数据进行方差分析,用 Duncan's 新复极差法检验差异显著性。

2 结果与分析

2.1 对孢子萌发的影响

由表 2 结果可见,16 种杀菌剂对球孢白僵菌孢子萌发都有抑制作用,抑制程度因药剂种类及浓度不同而异。在常规浓度下所有药剂对孢子萌发均有强烈抑制作用,与对照组差异极显著 ($P < 0.01$)。中生菌素,腐霉利,吡唑醚菌酯,腈菌唑,噻菌灵,丙环唑,咪酰胺抑制效果好,对白僵菌抑制率均在 90%以上;在稀释 5 倍时,大部分杀菌剂的抑制效果有所降低,除腈菌唑,噻菌灵外,上述药剂的抑制率还在 90%以上;在稀释 10 倍时,只有中生菌素,吡唑醚菌酯的抑制率还在 90%以上,对孢子萌发的抑制作用明显。

2.2 对菌丝生长的影响

从表 3 可以看出,16 种杀菌剂对各菌株的菌丝生长均有明显抑制作用。其中抑制效果较好的为咪酰胺、抑霉唑、丙环唑、吡唑醚菌酯、噻菌灵、三唑酮, $\text{EC}_{50} < 5.000$ $\mu\text{g/g}$, $\text{EC}_{90} < 120.000$ $\mu\text{g/g}$,百菌清的抑制效果最差, EC_{50} 为 625.733 $\mu\text{g/g}$, EC_{90} 为 76 495.380 $\mu\text{g/g}$ 。

由表 4 可以看出,常规浓度下,所有药剂处理菌落生长均显著慢于对照。其中咪酰胺、抑霉唑、丙环唑、噻菌灵、戊唑醇、三唑酮、吡唑醚菌酯、恶霉灵的抑制率均在 90%以上;稀释 5 倍时,恶霉灵、三唑酮的抑制率下降较快,戊唑醇、咪酰胺、抑霉唑、丙环唑、噻菌灵的抑制效果还在 90%以上;在稀释 10 倍时,咪酰胺、抑霉唑、丙环唑抑制率还可以达到 100%。

2.3 对桃小食心虫的毒力

供试 9 种杀菌剂对桃小食心虫的杀伤力都较小(表 5),常规浓度下中生菌素、戊唑醇、腐霉利、吡唑醚菌酯、噻菌灵处理后桃小食心虫的死亡率均 $\leq 4.44\% \pm 4.44\%$;稀释 5 倍时,戊唑醇、吡唑醚菌酯、噻菌灵处理后桃小食心虫的死亡率为

表2 分生孢子与不同浓度药剂混用后的孢子萌发率
Table 2 Conidial germination rate after mixed with different concentrations of fungicides

药剂名称 Chemical name	1.0×		0.2×		0.1×	
	孢子萌发率 Conidial germination rate (%)	抑制率 Inhibition rate (%)	孢子萌发率 Conidial germination rate (%)	抑制率 Inhibition rate (%)	孢子萌发率 Conidial germination rate (%)	抑制率 Inhibition rate (%)
30%噁霉灵水剂 Hymexazol 30% AS	28.00±2.08b	64.39±2.65g	34.00±6.56b	54.62±9.37g	35.67±1.45bc	51.70±4.56ef
25 g/L 咯菌腈种衣剂 Fludioxonil 25 g/L FS	9.67±2.19def	87.71±2.78cde	11.00±1.15efg	86.01±1.47abcd	11.33±2.33fg	85.59±2.97ab
400 g/L 嘧霉胺悬浮剂 Pyrimethanil 400 g/L FF	26.67±2.19b	66.08±2.78g	25.67±2.40cd	67.36±3.06ef	37.67±2.60b	52.09±3.31f
3%中生菌素可湿性粉剂 Zhongshengmycin 3% WP	5.33±1.86efgh	93.22±2.36abcd	4.67±1.67g	94.06±2.12abc	4.67±1.20g	94.06±1.53a
43%戊唑醇悬浮剂 Tebuconazole 43% FF	12.67±2.03de	83.89±2.58de	14.00±2.08ef	82.19±2.65bcd	17.33±0.88ef	77.95±1.12bc
75%代森锰锌水分散粒剂 Mancozeb 75% WG	22.33±4.91bc	71.59±6.25fg	23.33±1.20cd	70.32±1.53e	29.00±2.08bcd	63.12±2.65def
75%百菌清可湿性粉剂 Chlorothalonil 75% WP	9.00±2.52defg	88.55±3.20bcde	9.67±2.19ef	87.71±2.78abc	14.33±3.53efg	81.77±4.49b
25%三唑酮可湿性粉剂 Triadimefon 25% WP	19.33±4.84c	75.41±6.16f	26.67±3.48cd	66.08±4.43ef	27.00±5.51cd	65.66±7.00cde
50%腐霉利可湿性粉剂 Procymidone 50% WP	1.67±1.20h	97.88±1.53a	7.00±2.52fg	91.10±3.20abc	9.33±2.73fg	88.13±2.47ab
10%福美双悬浮剂 Thiram 10% FF	15.67±2.73cd	80.07±3.47ef	26.00±4.04cd	66.93±5.14ef	29.33±4.91bcd	62.69±6.25def
250 g/L 吡唑醚菌酯乳油 Pyraclostrobin 250 g/L EC	3.67±1.33fgh	95.34±1.70abc	4.33±1.86g	94.49±2.36ab	6.33±1.67g	91.94±2.12ab
40%腈菌唑可湿性粉剂 Myclobutanil 40% WP	6.33±1.45efgh	91.94±1.85abcd	10.67±4.33efg	86.43±5.51abcd	10.33±2.40fg	86.86±3.06ab
60%噁菌灵水分散粒剂 Thiabendazole 60% WG	5.33±1.86efgh	93.22±2.36abcd	10.67±4.33efg	86.43±5.51abcd	11.33±2.33fg	85.59±2.97ab
25%丙环唑乳油 Propiconazole 25% EC	2.00±1.00gh	97.46±1.27ab	4.33±1.86g	94.49±2.36ab	10.00±2.65fg	87.28±3.37ab
450 g/L 咪酰胺水乳剂 Prochloraz 450 g/L EW	4.00±2.31fgh	94.91±2.94abc	7.00±1.00fg	91.10±1.27abc	9.33±2.03fg	88.13±2.58ab
50%抑霉唑乳油 Imazalil 50% EC	15.67±2.73cd	80.07±3.47ef	15.67±2.40ef	80.80±2.95bcd	19.00±4.16bef	76.71±5.10bc
CK	88.67±2.33a	--	88.67±2.33a	--	88.67±2.33a	--

注: 表中数值为平均值±标准误. 不同的字母表示差异显著($P<0.05$), 下同.

Note: The data in the figure are represented as $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$. The different letters mean significant differences ($P<0.05$), the same below.

表 3 16 种杀菌剂对白僵菌的抑霉活性
Table 3 Inhibition of 16 kinds of Fungicides against *Beauveria bassiana* fungistatic

药剂名称 Chemical name	回归方程 Regression equation	相关系数 Correclation coefficient (R)	EC50 (μg/g)	95%置信区间 95% Confidence interval	EC90 (μg/g)
30%噁霉灵水剂 Hymexazol 30% AS	$Y=0.886+2.270X$	0.987	64.913	54.789–75.119	493.966
25 g/L 咯菌腈种衣剂 Fludioxonil 25 g/L FS	$Y=4.688+0.474X$	0.935	4.552	0.911–14.6	2 301.039
400 g/L 嘧霉胺悬浮剂 Pyrimethanil 400 g/L FF	$Y=3.069+1.103X$	0.988	56.322	41.14–72.282	817.633
3%中生菌素可湿性粉剂 Zhongshengmycin 3% WP	$Y=4.167+0.785X$	0.948	11.512	1.450–49.096	493.966
43%戊唑醇悬浮剂 Tebuconazole 43% FF	$Y=4.186+1.203X$	0.994	4.749	3.518–6.210	55.200
75%代森锰锌水分散粒剂 Mancozeb 75% WG	$Y=2.589+1.126X$	0.970	138.423	43.636–323.641	1 902.626
75%百菌清可湿性粉剂 Chlorothalonil 75% WP	$Y=3.283+0.614X$	0.959	625.773	165.132–2 205.789	76 495.380
25%三唑酮可湿性粉剂 Triadimefon 25%WP	$Y=5.004+0.615X$	0.987	0.985	0.558–1.621	119.487
50%腐霉利可湿性粉剂 Procymidone 50% WP	$Y=2.679+1.014X$	0.969	194.516	111.394–289.825	3 571.187
10%福美双悬浮剂 Thiram 10% FF	$Y=3.423+1.012X$	0.980	36.166	25.921–46.914	667.815
250 g/L 吡唑醚菌酯乳油 Pyraclostrobin 250 g/L EC	$Y=3.713+1.979X$	0.912	4.470	2.358–8.707	19.857
40%腈菌唑可湿性粉剂 Myclobutanil 40% WP	$Y=3.145+1.290X$	0.995	27.415	21.782–33.165	270.045
60%噻菌灵水分散粒剂 Thiabendazole 60% WG	$Y=4.189+1.480X$	0.997	3.532	2.898–4.271	25.935
25%丙环唑乳油 Propiconazole 25% EC	$Y=4.872+1.107X$	0.996	1.305	0.889–1.711	18.763
450 g/L 咪酰胺水乳剂 Prochloraz 450 g/L EW	$Y=4.441+3.009X$	0.875	1.534	0.474–1.899	4.090
50%抑霉唑乳油 Imazalil 50% EC	$Y=3.779+3.450X$	0.917	2.259	1.368–2.960	5.313

0; 稀释 10 倍时, 中生菌素、戊唑醇、吡唑醚菌酯、噻菌灵处理后桃小食心虫的死亡率为 0。

3 讨论

3.1 田间自然种群的带菌率

每一种昆虫的系统研究都离不开试虫的饲养, 只有保证稳定的室内种群, 才能展开其生物

学、生态学研究。实验室种群最初来源于田间采集, 病原微生物的感染率一般较高, 而白僵菌又是其中的优势种群。何康来等(2002)的研究表明, 在吉林省白僵菌在亚洲玉米螟上感染率最高达 80.4%^[5]; 张丽等(2011)对云南地区亚洲玉米螟寄生天敌的调查结果表明, 主要寄生天敌为球孢白僵菌^[6]; 对山东省 10 多个玉米主产区的亚洲玉米

表 4 分生孢子与不同浓度药剂混用后的菌丝生长情况						
Table 4 The growth of germination after mixed with different concentrations of fungicides						
药剂名称 Chemical name	1.0×		0.2×		0.1×	
	菌丝生长量 Mycelial growth (mm)	抑制率 Inhibition rate (%)	菌丝生长量 Mycelial growth (mm)	抑制率 Inhibition rate (%)	菌丝生长量 Mycelial growth (mm)	抑制率 Inhibition rate (%)
30%噁霉灵水剂 Hymexazol 30% AS	1.03±1.03h	98.71±1.29a	11.04±1.70f	71.15±3.09de	40.39±2.78c	49.51±3.47f
25 g/L 咯菌腈种衣剂 Fludioxonil 25 g/L FS	42.03±0.84b	49.74±1.01g	40.47±0.46b	47.78±2.53fg	45.22±0.68c	45.92±0.81fg
400 g/L 嘧霉胺悬浮剂 Pyrimethanil 400 g/L FF	22.17±0.67e	73.49±0.80cd	32.72±1.00c	46.56±3.17g	53.96±1.63b	35.47±1.95g
3%中生菌素可湿性粉剂 Zhongshengmycin 3% WP	32.13±3.17d	61.57±3.80ef	33.31±4.96c	59.14±2.82ef	44.11±1.75c	47.25±2.09f
43%戊唑醇悬浮剂 Tebuconazole 43% FF	1.31±0.82h	98.43±0.99a	4.27±1.64g	92.19±0.61ab	8.68±1.48f	89.55±1.78ab
75%代森锰锌水分散粒剂 Mancozeb 75% WG	15.91±2.56f	80.84±3.08bc	22.53±4.09de	71.74±9.44de	31.98±2.21d	61.48±2.67de
75%百菌清可湿性粉剂 Chlorothalonil 75% WP	37.26±0.95c	55.11±1.15fg	42.38±0.74b	44.86±0.79g	45.96±0.63c	44.63±0.76fg
25%三唑酮可湿性粉剂 Triadimefon 25% WP	7.31±0.72g	91.19±0.86ab	9.82±1.86f	83.88±1.94bc	17.28±1.38e	79.18±1.67bc
50%腐霉利可湿性粉剂 Procymidone 50% WP	25.73±0.72e	67.60±0.90de	27.11±1.19d	52.39±2.17fg	41.69±3.72c	47.49±4.69f
10%福美双悬浮剂 Thiram 10% FF	17.32±1.16f	78.19±1.47cd	19.86±0.44e	65.11±1.10de	41.38±3.48c	47.88±4.38f
250 g/L 吡唑醚菌酯乳油 Pyraclostrobin 250 g/L EC	7.26±0.87g	90.86±1.10ab	10.69±1.77f	78.01±0.78cd	18.23±1.68e	77.04±2.11c
40%腈菌唑可湿性粉剂 Myclobutanil 40% WP	7.05±0.45g	88.99±0.70ab	13.27±0.67f	65.36±1.05de	31.37±1.27d	50.96±1.99ef
60%噁菌灵水分散粒剂 Thiabendazole 60% WG	0.00±0.00h	100.00±0.00a	0.00±0.00g	100.00±0.00a	8.37±2.49f	86.92±3.90bc
25%丙环唑乳油 Propiconazole 25% EC	0.00±0.00h	100.00±0.00a	0.00±0.00g	100.00±0.00a	0.00±0.00g	100.00±0.00a
450 g/L 咪酰胺水乳剂 Prochloraz 450 g/L EW	0.00±0.00h	100.00±0.00a	0.00±0.00g	100.00±0.00a	0.00±0.00g	100.00±0.00a
50%抑霉唑乳油 Imazalil 50% EC	0.00±0.00h	100.00±0.00a	0.00±0.00g	100.00±0.00a	0.00±0.00g	100.00±0.00a
CK	63.79±2.35a	----	63.79±2.35a	----	63.79±2.35a	----

螟越冬幼虫天敌寄生情况调查结果显示，亚洲玉米螟的主要寄生性天敌为白僵菌，寄生率最高在60%以上^[7]。这都表明田间自然种群的白僵菌感染率很高，这将为实验室种群的建立带来很大的困难。因此，筛选出对白僵菌高效对试虫低毒的

杀菌剂有很重要的意义。

3.2 白僵菌与化学药剂的相容性

由实验结果来看，不同杀菌剂的不同浓度对白僵菌的抑制效果不同，有的药剂对孢子萌发抑制效果好，有些对菌丝生长抑制效果明显，咪酰

表 5 不同药剂对桃小食心虫的毒力
Table 5 The virulence of different fungicides to the peach fruit moth

药剂名称 Chemical name	死亡率 Mortality (%)		
	1.0×	0.2×	0.1×
3%中生菌素可湿性粉剂 Zhongshengmycin 3% WP	4.44±4.44 ab	2.22±2.22 b	0.00±0.00 c
43%戊唑醇悬浮剂 Tebuconazole 43% FF	2.22±2.22 b	0.00±0.00 c	0.00±0.00 c
50%腐霉利可湿性粉剂 Procyimdone 50% WP	2.22±2.22 b	4.44±2.22 ab	4.44±2.22 ab
250 g/L 吡唑醚菌酯乳油 Pyraclostrobin 250 g/L EC	2.22±2.22 b	0.00±0.00 c	0.00±0.00 c
40%腈菌唑可湿性粉剂 Myclobutanil 40% WP	5.56±5.56 ab	2.78±2.78 b	2.78±2.78 b
60%噻菌灵水分散粒剂 Thiabendazole 60% WG	0.00±0.00 c	0.00±0.00 c	0.00±0.00 c
25%丙环唑乳油 Propiconazole 25% EC	8.89±2.22 ab	8.89±2.22 ab	2.22±2.22 b
450 g/L 咪唑胺水乳剂 Prochloraz 450 g/L EW	8.89±5.88 ab	8.89±4.44 ab	8.89±2.22 ab
50%抑霉唑乳油 Imazalil 50% EC	8.89±2.22 ab	4.44±2.22 ab	4.44±2.22 ab
CK	2.78±2.78 b	2.78±2.78 b	2.78±2.78 b

胺、丙环唑、噻菌灵、腈菌唑和吡唑醚菌酯对孢子萌发和菌丝生长的抑制效果都很好,这与杀菌剂的作用机理、作用方式有关。杀菌剂对球孢白僵菌孢子萌发抑制效果好可以降低其对桃小食心虫的感染率,但白僵菌只萌发菌丝不生长,也可以达到同样的效果。因此,对菌丝生长和孢子萌发抑制效果好都可以降低球孢白僵菌对桃小食心虫的感染率。

3.3 杀菌剂对桃小食心虫的毒力

供试 9 种杀菌剂对桃小食心虫毒力效果均较差,有 5 种杀菌剂对桃小食心虫稍有不利影响,另外 4 种杀菌剂,即中生菌素、戊唑醇、吡唑醚菌酯和噻菌灵则可用于解决桃小食心虫室内种群建立时越冬幼虫的白僵菌感染问题。本实验结果同时对田间用药具有很重要的指导意义,这 9 种杀菌剂在田间不可以与白僵菌混用。但本文的试验结果是室内条件下测定的,这与田间自然状态还有很大的差异,因此下一步需要继续开展杀菌剂在土壤中对桃小食心虫越冬幼虫出土的影响研究,为其实际使用提供依据。

参 考 文 献

[1] 黄可训, 吴维均. 桃小食心虫[J]. 昆虫知识, 1957, 4(1): 34-41.

[2] 李荣森, 罗绍彬, 张用梅, 等. 微生物防治害虫 [M]. 北京: 科学出版社, 1983: 27-45.

[3] Fitzgerald J. Laboratory bioassays and field evaluation of insecticides for the control of *Anthonomus rubi*, *Lygus rugulipennis* and *Chaetosiphon fragaefolii*, and effects on beneficial species, in UK strawberry production[J]. Crop Protection, 2004, 23(9): 801-809.

[4] Liu HP, Skinner M, Brownbridg M, et al. Characterization of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* isolates for management of tarnished plant bug, *Lygus lineolaris* (Hemiptera: Miridae)[J]. Journal of Invertebrate Pathology, 2003, 82(3): 139-147.

[5] 何康来, 王振营, 文丽萍, 等. 我国玉米主产区亚洲玉米螟越冬幼虫天敌调查[J]. 中国生物防治, 2002, 18(2): 49-53.

[6] 张丽, 陈斌, 严乃胜, 等. 昆明地区越冬代亚洲玉米螟幼虫寄生性天敌的初步调查[J]. 动物学研究, 2011, 32(S1): 122-124.

- [7] 李丽莉, 于毅, 张安盛, 等. 山东省玉米越冬害虫种类及亚洲玉米螟越冬幼虫寄生性天敌调查[J]. 山东农业科学, 2009, (2): 75-77.
- [8] 许寿涛, 应盛华, 冯明光. 十种常用农药与球孢白僵菌的生物学相容性[J]. 植物保护学报, 2002, 29(2): 158-162.
- [9] Anderson TE, Roberts WD. Compatibility of *Beauveria bassiana* isolates with insecticide formulations used in Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) control[J]. Journal of Economic Entomology, 1983, 76(6): 1437-1441.
- [10] Quinetela ED, McCoy CW. Synergistic effect of imidacloprid and two entomopathogenic fungi on the behavior and survival of larvae of *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae) in soil[J]. Journal of Economic Entomology, 1998, 91(1): 110-122.
- [11] 蔡国贵. 白僵菌与氰戊菊酯混用防治马尾松毛虫的初步研究[J]. 森林病虫通讯, 1996(4): 9-12.
- [12] 丁珊, 汤坚, 王成树, 等. 灭幼脲与白僵菌的相容性及增效作用的研究[J]. 安徽农业大学学报, 1996, 23(3): 366-370.
- [13] 汤坚, 王成树, 李农昌, 等. 白僵菌混合粉剂的研究[A]//中国植物学会真菌学会虫生真菌专业组等编. 中国虫生真菌研究与应用[M]. 第4卷. 北京: 中国农业科技出版社, 1997: 131-136.
- [14] Majchrowicz L, Poprawski TJ. Effects *in vitro* of nine fungicides on growth of entomopathogenic fungi[J]. Biocontrol Science and Technology, 1993, 3(3): 321-336.
- [15] Todorova SI, Codderre D, Duchesne RM, et al. Compatibility of *Beauveria bassiana* with selected fungicides and herbicides[J]. Environmental Entomology, 1998, 27(2): 427-433.
- [16] Olmert I, Kenneth RG. Sensitivity of the entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana*, *Verticillium lecanii*, and *Verticillium* sp. to fungicides and insecticides[J]. Environmental Entomology, 1974, 3(1): 33-39.
- [17] 蔡悦, 张胜利, 李增智. 球孢白僵菌与几种化学杀虫剂和除草剂的相容性[J]. 中国生物防治学报, 2011, 27(3): 316-323.
- [18] 顾立嫻, 李春香, 林杨. 九种化学药剂与白僵菌相容性的研究[J]. 唐山师范学院学报, 2008, 30(2): 48-50.