

常用杀虫剂与球孢白僵菌的相容性及对温室白粉虱的协同防效

姜 灵, 洪 波, 王新谱, 贾彦霞*

(宁夏大学农学院, 银川 750021)

摘要 本试验测定 6 种常用杀虫剂对球孢白僵菌孢子萌发、菌丝生长和产孢量的影响,并选取相容性高的杀虫剂在 10 倍稀释浓度下与球孢白僵菌复配对温室白粉虱进行防治。结果表明,球孢白僵菌与 10%吡虫啉 WP 的相容性最高,而与 2.5%联苯菊酯 EC 和 20%高氯·噻嗪酮 EC 相容性较差,在 10 倍稀释浓度下 10%吡虫啉 WP 对孢子萌发和菌丝生长的抑制率分别为 12%和 3.38%,产孢量为 1.94×10^6 个/mL。对白粉虱协同防效试验中,3 个处理间存在显著差异,复配药剂的防效最高能达到 85.19%,在防治 3 d 后一直维持在 80%以上,高于单独使用球孢白僵菌制剂和 10%吡虫啉 WP 的防效。因此,在温室白粉虱的防治过程中,可利用生防真菌制剂与低浓度的化学杀虫剂复配,从而达到增效作用。

关键词 球孢白僵菌; 化学杀虫剂; 相容性; 温室白粉虱; 生物防治

中图分类号: S476.12 **文献标识码:** B **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2017112

Compatibility of chemical pesticides with *Beauveria bassiana* and synergistic control effect on *Trialeurodes vaporariorum*

JIANG Ling, HONG Bo, WANG Xinpu, JIA Yanxia

(College of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

Abstract Impacts of 6 chemical pesticides on spore germination, mycelial growth and sporulation of *Beauveria bassiana* were determined under laboratory conditions, and control effects of the mixed *B. bassiana* and highly compatible pesticides with 10 fold dilution concentrations against *Trialeurodes vaporariorum* were investigated. The results showed that *B. bassiana* had the highest compatibility with imidacloprid 10% WP, but worse compatibility with bifenthrin 2.5% EC and beta-cypermethrin · buprofezin 20% EC buprofezin. The inhibitory rates of imidacloprid 10% WP at 10 fold dilution concentration on spore germination and mycelial growth were 12% and 3.38%, respectively, and the sporulation was 1.94×10^6 conidia/mL. There were significant differences among three test groups for synergistic control. Corrected control effect of the mixture of *B. bassiana* and imidacloprid 10% WP was 85.19%, higher than that using *B. bassiana* or imidacloprid 10% WP alone and maintained above 80% after three days of application. Therefore, the mixture of the entomopathogenic fungi and the low concentration pesticides was synergistic for the whitefly control.

Key words *Beauveria bassiana*; chemical pesticide; compatibility; *Trialeurodes vaporariorum*; biological control

温室白粉虱 *Trialeurodes vaporariorum* 属半翅目 Hemiptera 粉虱科 Aleyrodidae, 寄主广泛, 以刺吸植物汁液为生, 造成植株生长发育受阻, 严重影响设施蔬菜的品质, 是为害设施蔬菜的主要害虫之一^[1]。对温室白粉虱的防治一直以化学防治为主, 造成其抗药性不断增强、环境污染加剧, 农产品农

药残留超标等恶劣现状。因此, 利用病原真菌来防治粉虱成为国内外专家学者研究的热点^[2-6]。病原真菌通过孢子等侵染体感染害虫, 作用过程缓慢, 杀虫率不高^[7], 为弥补这一缺陷, 专家学者在真菌制剂中添加低剂量生物学相容的高效低毒低残留的化学农药, 既缩短孢子侵染昆虫的潜

伏期,增强杀虫效果又减少了化学药剂的用量^[8]。近年来,设施栽培产业成为宁夏战略性主导产业之一,但随着种植面积的增加,粉虱为害也日趋严重,已经严重影响了蔬菜的产量、品质和食品安全。在本试验中,我们就球孢白僵菌和6种温室常用杀虫剂的相容性进行了研究,并利用球孢白僵菌和相容性较高的杀虫剂在温室栽培的番茄上进行了对温室白粉虱的协同防效试验,以探索在无公害蔬菜生产中有效控制粉虱为害的最佳途径。

表 1 供试杀虫剂种类信息

药剂 Insecticide	杀虫剂类别 Category	推荐稀释倍数 Recommend dilution	生产厂家 Manufacturer
25%噻虫嗪 WG thiamethoxam 25% WG	新烟碱类 Neonicotinoid insecticide	5 000	瑞士先正达 Syngenta
10%吡虫啉 WP imidacloprid 10% WP	新烟碱类 Neonicotinoid insecticide	2 000	河北益海 Yihai Hebei
20%烯啶虫胺 WG nitenpyram 20% WG	新烟碱类 Neonicotinoid insecticide	5 000	北京华戎 Huarong Beijing
5%啶虫脒 EC acetamiprid 5% EC	新烟碱类 Neonicotinoid insecticide	2 000	河北博嘉 Bojia Hebei
2.5%联苯菊酯 EC bifenthrin 2.5% EC	拟除虫菊酯类 Pyrethroids insecticide	800	山东恒利达 Henglida Shandong
20%高氯·噻嗪酮 EC beta-cypermethrin·buprofezin 20% EC	拟除虫菊酯类和昆虫生长调节剂复配 Pyrethroids insecticide and insect growth regulator	4 000	北京华戎 Huarong Beijing

1.2 试验方法

采用含药平板培养法进行相容性试验,即在培养基中加入不同种类不同浓度的杀虫剂,接种球孢白僵菌,测定其菌落生长抑制率和产孢量。

杀虫剂浓度设置和含药平板的制备:按产品推荐使用浓度(c)、5倍稀释浓度(0.2c)、10倍稀释浓度(0.1c)对杀虫剂进行设置。先配制成含推荐浓度杀虫剂的PDA培养基,含杀虫剂的培养基与正常培养基按1:4的比例混合均匀配制成含5倍稀释浓度杀虫剂的培养基,按1:9的比例配制成含10倍稀释浓度杀虫剂的培养基,充分混匀后倒入培养皿中,每皿大约20 mL,制成含药平板,每个浓度设3次重复,以不含杀虫剂的培养基为对照。

1.2.1 杀虫剂对球孢白僵菌孢子萌发的影响

取备用的球孢白僵菌,将表面的孢子用含0.05%吐温-80的无菌水洗脱,双层纱布过滤掉菌丝,磁力悬浮器充分搅拌,将孢子浓度调到1×10⁷个/mL,先配成含推荐浓度杀虫剂的孢子悬浮液,按1.2中含药平板的制备方法,利用不含杀虫剂的孢子悬浮液分别稀释成含5倍和10倍稀释杀虫剂的悬浮液。将含不同浓度杀虫剂的孢子悬浮液置于摇床(25±1)℃,120 r/min,振荡培养24 h,每种浓度设3个重复,不含

1 材料与方法

1.1 供试菌剂与药剂

供试菌剂为球孢白僵菌粉剂(每克约含150亿孢子),江西天人生态有限公司生产。取1 g球孢白僵菌粉剂溶解在100 mL无菌水中,磁力搅拌器搅拌均匀,取100 μL涂布于PDA培养基上培养,待形成菌落,用打孔器打出菌饼在PDA培养基上培养7 d备用。供试杀虫剂为温室中常用于防治白粉虱的化学杀虫剂,种类见表1。

杀虫剂的孢子悬浮液为对照。利用血球计数板对各处理的孢子进行计数,计算孢子萌发抑制率。

孢子萌发抑制率=
$$\frac{\text{对照组孢子萌发率}-\text{处理组孢子萌发率}}{\text{对照组孢子萌发率}}\times 100\%。$$

1.2.2 杀虫剂对球孢白僵菌菌丝生长的影响

取备用的球孢白僵菌,打取5 mm菌饼,接入含药平板,以不加杀虫剂的平板为对照。培养7 d后用十字交叉法测量各处理菌落直径,计算不同浓度各种杀虫剂对菌丝生长的抑制率。

菌丝生长抑制率=
$$\frac{\text{对照组菌落平均直径}-\text{处理组菌落直径}}{\text{对照组菌落平均直径}}\times 100\%。$$

1.2.3 杀虫剂对球孢白僵菌产孢量的影响

取1.2.2中含药平板上培养的球孢白僵菌,用打孔器在菌落中心到边缘1/2处打孔,制成直径5 mm的菌饼,每个平板均匀取4个菌饼,放入20 mL含0.1%的吐温-80无菌水中,玻璃棒捣碎,双层纱布过滤掉培养基和菌丝,反复冲洗至50 mL,磁力悬浮器充分搅拌混匀,用血球计数板计数,计算产孢量。

1.2.4 温室药效试验

供试作物:番茄,品种为‘京番301’,宁夏天缘种业有限公司提供。

选择与球孢白僵菌相容性好的杀虫剂,与正常用量的球孢白僵菌粉剂进行复配。在宁夏大学农科实训基地的温室,在番茄盛果期选取长势一致的番茄苗进行药效试验。采用常规水肥管理。试验分为杀虫剂推荐浓度、球孢白僵菌推荐浓度、复配药剂 3 个处理。每个处理 3 次重复。小区面积为 10 m²,按照随机区组排列,各小区间以不做处理的番茄为间隔,每隔 5 行设一个小区,使各处理互不干扰。利用 3WBD-18 背负式电动喷雾器将药液均匀喷洒在叶片表面,平均每个小区用药量为 1 L。对照组(CK)施用相同用量的清水。

统计方法:小区内 5 点取样,每点标定 3 株,在标定的植株中部标记 2 叶片,统计温室白粉虱成虫的数量。施药前一天统计温室白粉虱基数,用药后 1、3、5、7 d,进行活虫数量统计,计算虫口减退率及防效。为方便统计,在早晨温室白粉虱活动较弱时进行计数。

虫口减退率=
$$\frac{\text{处理前对照虫量}-\text{处理后处理虫量}}{\text{处理前处理虫量}}\times 100\%;$$
校正防效=

(1-
$$\frac{\text{处理前对照虫量}\times\text{处理后处理虫量}}{\text{处理后对照虫量}\times\text{处理前处理虫量}})\times 100\%。$$

1.3 数据处理

所有试验数据利用 Excel 2010 和 DPS 7.05 软件进行处理,利用 Duncan 氏新复极差法分析数据的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 杀虫剂对球孢白僵菌孢子萌发的影响

由表 2 可以看出:6 种供试杀虫剂在不同浓度下对球孢白僵菌的孢子萌发的影响不同,方差分析得出,同种杀虫剂的不同浓度和相同浓度的不同杀虫剂对球孢白僵菌的孢子抑制率存在显著差异,在推荐浓度下,杀虫剂对孢子萌发的抑制率都较高,5%啉虫脒 EC、2.5%联苯菊酯 EC 和 20%高氯·噻嗪酮 EC 对孢子萌发的抑制率达到 100%,其他杀虫剂也在 90%以上。随着浓度稀释,杀虫剂对孢子萌发的抑制率随之减小,在 10 倍稀释浓度下,10%吡虫啉 WP 的抑制率最低,为 12%,与其他 5 种杀虫剂相比,10%吡虫啉 WP 在各浓度下对孢子萌发的抑制率都最低。

表 2 6 种杀虫剂对球孢白僵菌孢子萌发的影响¹⁾

Table 2 Effect of 6 pesticides on spore germination of *Beauveria bassiana*

药剂 Insecticide	孢子萌发抑制率/% Inhibition rate of spore germination		
	c	0.2 c	0.1 c
10%吡虫啉 WP imidacloprid 10% WP	(90.00±1.70)dA	(54.33±2.49)fB	(12.00±2.05)fC
25%噻虫嗪 WG thiamethoxam 25% WG	(93.32±1.63)cA	(61.67±1.89)dB	(44.67±2.62)bC
20%烯啶虫胺 WG nitenpyram 20% WG	(97.24±0.94)bA	(57.33±3.40)eB	(19.33±2.49)eC
5%啉虫脒 EC acetamiprid 5% EC	100 aA	(67.00±2.87)cB	(26.00±1.69)dC
2.5%联苯菊酯 EC bifenthrin 2.5% EC	100 aA	(69.33±4.19)bB	(38.00±2.83)cC
20%高氯·噻嗪酮 EC beta-cypermethrin·buprofezin 20% EC	100 aA	(77.33±0.94)aB	(56.00±1.63)aC

1) c:推荐使用浓度;0.2c:5 倍稀释浓度;0.1c:10 倍稀释浓度。大小写字母分别表示同种杀虫剂不同浓度间和相同浓度的不同杀虫剂间的差异显著性(P<0.05)。下同。
c: Recommended concentration; 0.2c:5 fold dilution concentration;0.1c:10 fold dilution concentration. Capital letters and small letters in the table indicate significant difference at 0.05 level among the pesticides at different concentrations and the same concentration of different pesticides. The same below.

2.2 杀虫剂对球孢白僵菌菌丝生长的影响

由表 3 可以看出,6 种供试杀虫剂在不同浓度下对球孢白僵菌菌丝生长的抑制作用不同,25%噻虫嗪 WG、10%吡虫啉 WP 的不同浓度处理对球孢白僵菌菌丝生长的抑制率存在显著差异;6 种杀虫剂在推荐浓度和 5 倍稀释浓度下对菌丝生长的抑制率差异显著,在 10 倍稀释浓度下,25%噻虫嗪 WG 和 10%吡虫啉 WP 的菌丝生长抑制率接近,无显著差异,但与其他杀虫剂差异显著。6 种供试杀虫剂在推荐浓度下对菌丝生长的抑制率高低依

次为:20%高氯·噻嗪酮 EC>2.5%联苯菊酯 EC>5%啉虫脒 EC>20%烯啶虫胺 WG>25%噻虫嗪 WG>10%吡虫啉 WP。2.5%联苯菊酯 EC、5%啉虫脒 EC、20%高氯·噻嗪酮 EC 在各浓度下对菌丝生长有较强的抑制作用。推荐浓度下 2.5%联苯菊酯 EC、20%高氯·噻嗪酮 EC 对菌丝生长抑制率都在 80%以上,5%啉虫脒 EC 也达到 71.73%,5 倍和 10 倍稀释浓度下 3 种杀虫剂的抑制率都在 50%以上。25%噻虫嗪 WG、20%烯啶虫胺 WG 在推荐浓度下对菌丝生长的抑制率分别为 54.85%、59.92%,

但在 5 倍、10 倍稀释浓度下抑制率较低。10%吡虫
啉 WP 在各浓度下对菌丝生长的抑制率都低于其他

供试杀虫剂,10 倍稀释下的抑制率仅为 3.38%,对
菌丝生长基本无抑制作用。

表 3 6 种杀虫剂对球孢白僵菌菌丝生长的影响¹⁾

Table 3 Effect of 6 pesticides on mycelial growth of *Beauveria bassiana*

药剂 Insecticide	菌落直径/cm Colony diameter			菌丝生长抑制率/% Inhibition rate of mycelial growth		
	c	0.2 c	0.1 c	c	0.2 c	0.1 c
25%噻虫嗪 WG thiamethoxam 25% WG	3.57	6.63	7.60	(54.85±1.13)eA	(16.03±0.8)dB	(3.80±1.46)cC
10%吡虫啉 WP imidacloprid 10% WP	4.93	7.33	7.63	(37.55±1.12)fA	(7.17±1.03)eB	(3.38±1.17)cC
2.5%联苯菊酯 EC bifenthrin 2.5% EC	1.57	1.83	3.43	(80.17±1.12)bA	(76.79±1.84)aA	(56.54±1.52)aB
5%啶虫脒 EC acetamiprid 5% EC	2.23	2.53	3.33	(71.73±1.12)cA	(67.93±0.84)bA	(57.81±1.69)aB
20%烯啶虫胺 WG nitenpyram 20% WG	3.17	6.93	7.23	(59.92±0.84)dA	(9.70±1.84)eB	(8.44±1.12)bB
20%高氯·噻嗪酮 EC beta-cypermethrin·buprofezin 20% EC	1.27	3.07	3.43	(83.54±1.21)aA	(61.18±1.69)cB	(56.54±1.12)aB

2.3 杀虫剂对球孢白僵菌产孢量的影响

由图 1 可以看出,6 种供试杀虫剂在不同浓度下对球孢白僵菌产孢量的影响不同,但各处理产孢量随着杀虫剂浓度降低而增加。方差分析得出,除 10 倍稀释浓度下的 10%吡虫啉 WP 外,各浓度杀虫剂处理的产孢量与对照组产孢量存在显著差异,对照组的产孢量为 2.25×10⁶ 个/mL,添加 10 倍稀

释浓度 10%吡虫啉 WP 的球孢白僵菌产孢量为 1.94×10⁶ 个/mL,与对照组产孢量无显著差异。其他 5 种杀虫剂处理的产孢量都不超过 1.5×10⁶ 个/mL,培养基中添加各个浓度的 10%吡虫啉 WP,球孢白僵菌的产孢量都高于其他供试杀虫剂,并且 10 倍稀释浓度下的 10%吡虫啉 WP 对球孢白僵菌的产孢量基本无影响。

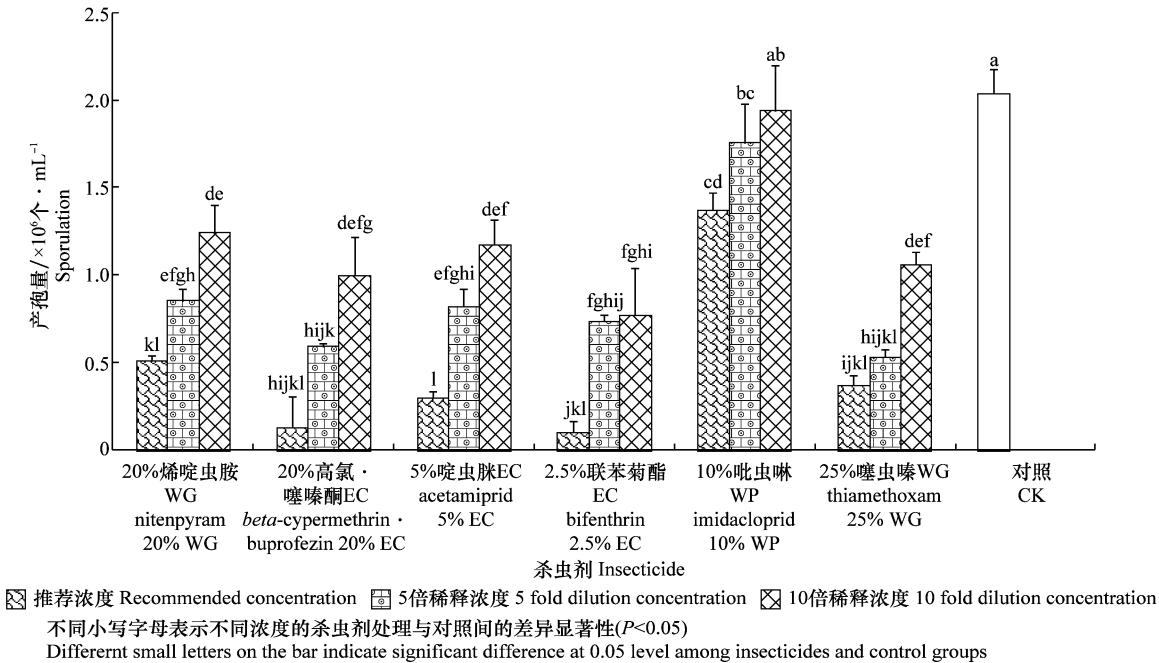


图 1 6 种杀虫剂对球孢白僵菌产孢量的影响
Fig. 1 Effect of 6 pesticides on sporulation of *Beauveria bassiana*

2.4 杀虫剂与球孢白僵菌相容性的综合评价

综合上述杀虫剂对球孢白僵菌孢子萌发、菌丝生长和产孢量的试验结果,可得出 10%吡虫啉 WP 与球孢白僵菌的相容性最高。试验中,25%噻虫嗪 WG 和 20%烯啶虫胺 WG 对球孢白僵菌菌丝生长

抑制较小,但对孢子萌发抑制较强且产孢量低,因此与球孢白僵菌的相容性较差;20%高氯·噻嗪酮 EC、2.5%联苯菊酯 EC 和 5%啶虫脒 EC 对孢子萌发、菌丝生长和产孢均抑制较强,与球孢白僵菌的相容性更差。10%吡虫啉 WP 在田间推荐使用浓度下

对菌丝生长的抑制率为 37.55%,远低于其他 5 种供试杀虫剂,产孢量为 1.37×10^6 个/mL,在供试杀虫剂中对球孢白僵菌产孢影响较小,在 5 倍和 10 倍稀释浓度下,10%吡虫啉 WP 对球孢白僵菌的孢子萌发抑制率较低,在 10 倍稀释浓度下对孢子萌发的抑制率仅为 12%,对菌丝生长和产孢量基本无影响,是与球孢白僵菌相容性高的杀虫剂。

2.5 10%吡虫啉 WP 与球孢白僵菌复配对温室白粉虱的防治效果

根据表 4 可以看出,药后 1 d,3 种处理对温室白粉虱的防效存在显著差异,复配药剂处理的防效

最高为 72.11%,单独使用球孢白僵菌和 10%吡虫啉 WP 的防效分别为 69.66%、65.22%,10%吡虫啉 WP 防效较低。药后 3 d,3 种处理对温室白粉虱的防治效果存在显著差异,复配药剂处理的防效仍最高,为 85.19%,10%吡虫啉 WP 防效高于球孢白僵菌。药后 5~7 d,3 种处理的防效仍存在显著差异,单独使用球孢白僵菌和 10%吡虫啉 WP 的防效维持在 70%左右,复配药剂的防效在 80%以上。在整个防治过程中,复配药剂的防效一直较高并能维持在 80%以上,持效性优于单独使用一种药剂。

表 4 10%吡虫啉 WP 与球孢白僵菌复配对温室白粉虱的防效¹⁾

Table 4 Control effect of mixed agentia of imidacloprid and *Beauveria bassiana* against whitefly

处理 Treatment	药前虫口基数 No. of <i>T. vaporariorum</i> before treatment	用药后 1 d	One day after application		用药后 3 d	Three days after application	
		活虫数/头 No. of live insects	虫口减退率/% Reducing rates of the pest	校正防效/% Corrected control efficacy	活虫数/头 No. of live insects	虫口减退率/% Reducing rates of the pest	校正防效/% Corrected control efficacy
球孢白僵菌+吡虫啉 <i>Beauveria bassiana</i> +imidacloprid	132	36	72.73	72.11 aA	21	84.09	85.19 aA
球孢白僵菌 <i>Beauveria bassiana</i>	182	54	70.33	69.66 aA	54	70.33	72.38 bB
10%吡虫啉 WP imidacloprid 10% WP	197	67	65.99	65.22 bB	35	82.23	83.46 aA
CK	135	—	2.22	—	—	—7.41	—

处理 Treatment	药前虫口基数 No. of <i>T. vaporariorum</i> before treatment	用药后 5 d	Five days after application		用药后 7 d	Seven days after application	
		活虫数/头 No. of live insects	虫口减退率/% Reducing rates of the pest	校正防效/% Corrected control efficacy	活虫数/头 No. of live insects	虫口减退率/% Reducing rates of the pest	校正防效/% Corrected control efficacy
球孢白僵菌+吡虫啉 <i>Beauveria bassiana</i> +imidacloprid	132	22	75.73	82.37 aA	20	75.00	83.18 aA
球孢白僵菌 <i>Beauveria bassiana</i>	182	52	71.43	71.81 bB	43	76.37	76.43 bB
10%吡虫啉 WP imidacloprid 10% WP	197	74	62.44	59.98 cC	55	72.08	71.90 cC
CK	135	154	—7.41	—	190	—14.07	—

1) 小写和大写字母分别表示在 0.05 和 0.01 水平下不同处理间校正防效的差异显著性。
Small letters and capital letters in the same column indicate significant differences at 0.05 and 0.01 levels among different treatment groups.

3 结论与讨论

利用生防真菌防治害虫,既能长期有效地控制虫口数量,又能缓解害虫抗性增强的问题,并且生防真菌在低成本下即可实现大量生产,具有防治优势^[9]。生防真菌利用活性孢子等侵染体侵染害虫^[7],与杀虫剂混用首先要考虑两者的相容性。相容性高低与药剂的种类和浓度有关,通常杀虫剂的相容性高于杀菌剂,低浓度的杀虫剂相容性优于高浓度^[10-11]。

本文通过球孢白僵菌与 6 种杀虫剂相容性试验得出,10%吡虫啉 WP 与球孢白僵菌的相容性较高,尤其在 10 倍稀释浓度下对孢子萌发和菌丝生长抑制较弱,且产孢量与对照组差异不显著,这与许寿涛等的研究结果一致^[8],Alizadeh 等利用球孢白僵菌制剂

与亚致死浓度的敌百虫复配防治马铃薯甲虫^[12],耿博闻等利用低浓度的 25%噻虫嗪 WG 与黄绿绿僵菌复配防治褐飞虱,防效最高能提高 63.8%^[13],也是由于在低浓度下杀虫剂与生防真菌相容性较高。利用 10 倍稀释浓度的 10%吡虫啉 WP 与球孢白僵菌进行复配对温室白粉虱进行防治,防治效果比单独用球孢白僵菌和 10%吡虫啉 WP 要好,混合菌剂在防治过程中防效最高能达到 85.19%,且能一直稳定在 80%以上,速效性、持效性比单独利用一种药剂高。在陈斌等的研究中,利用球孢白僵菌与低浓度的 10%吡虫啉 WP 混配表现出对粉虱种群显著的控制作用^[14],刘爱萍等利用白僵菌与印楝素复配防治亚洲小车蝗,田间防效能达到 64.20%,远高于单独使用一种药剂的防效^[15]。表明 10%吡虫啉 WP 与多种生防真菌相容性较高^[16-19],利用 10%吡虫啉 WP

与生防真菌复配对害虫进行防治,既减少了化学药剂的使用,又提高了防效。25%噻虫嗪 WG、10%吡虫啉 WP、5%啉虫脒 EC、20%烯啶虫胺 WG 同为烟碱类杀虫剂,与球孢白僵菌的相容性却不同。生防真菌和杀虫剂种类繁多且更新较快,因此,利用杀虫剂与生防真菌复配防治害虫,必须进行相容性试验,确保两者发挥更好的防治效果。在防治过程中,3 种处理的防效都未达到 90%,10%吡虫啉 WP 的防效最高为 83.46%,可能 10%吡虫啉 WP 为该温室中防治白粉虱的常用杀虫剂,导致白粉虱抗性提高,对此还应应对相关抗性试验进行验证。一般虫生真菌侵染害虫需要一定的时间,单独施用菌剂应该在 1~2 d 内才会发挥作用,但试验中,施药 1 d 后,校正防效达到了 69.66%,是由于每次在统计活虫数量时,被球孢白僵菌侵染后活动迟缓的白粉虱未被计入,造成虫口减退率较高,从而影响了校正防效。混合菌剂和球孢白僵菌的防效可能受温室温度、湿度的影响,一般温度较高、偏湿的环境下生防真菌更容易侵染害虫^[20],因此,在使用真菌制剂时要考虑使用环境因素(温度、湿度等)对真菌生长的影响。

参考文献

- [1] 刘慧莲. 不同药剂对设施蔬菜温室白粉虱防治药效试验[J]. 北方园艺, 2011(24): 165-166.
- [2] CHANDLER D, DAVIDSON G, PELL J K, et al. Fungal biocontrol of Acari [J]. Biocontrol Science and Technology, 2000, 10(4): 357-384.
- [3] FARIA M, WRIGHT S P. Biological control of *Bemisia tabaci* with fungi [J]. Crop Protection, 2001, 20(9): 767-778.
- [4] FENG Mingguang. Microbial control of insect pests with entomopathogenic fungi in China: a decade progress in research and utilization [M]// Upadhyay R K. Advances in microbial control of insect pests. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 2002: 213-234.
- [5] LACEY L A, FRUTOS R, KAYA H K, et al. Insect pathogens as biological control agents: Do they have a future? [J]. Biological Control, 2001, 21(3): 230-248.
- [6] Milner R J. Prospects for biopesticides for aphid control [J]. Entomophaga, 1997, 42(1): 227-239.
- [7] 宋龙腾, 于洪春, 王雨薇, 等. 卵孢白僵菌与农药混用对蛴螬防治效果研究[J]. 北方园艺, 2013(1): 131-134.
- [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] 李正跃, 张青文. 球孢白僵菌对马铃薯块茎蛾的毒力及其与常用农药的生物相容性测定[J]. 植物保护, 2005, 31(3): 57-61.
- [10] 熊琦, 王旭, 朱永敏, 等. 七种化学杀虫剂与球孢白僵菌 TST05 菌株的相容性研究[J]. 植物保护, 2012, 38(3): 108-112.
- [11] 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.
- [12] ALIZADEH A, SAMIH M A, IZADI H. Compatibility of *Verticillium lecanii* (Zimm.) with several pesticides [J]. Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences, 2007, 72(4): 1011-1015.
- [13] 耿博闻, 张润杰. 田间噻嗪酮与黄绿绿僵菌对褐飞虱的协同防治[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2005(3): 78-81.
- [14] 陈斌, 冯明光. 两种杀虫真菌制剂与低用量 10%吡虫啉 WP 对温室粉虱的协同防效评价[J]. 应用生态学报, 2003, 14(11): 1934-1938.
- [15] 刘爱萍, 黄海广, 高书晶, 等. 白僵菌与生物农药混用对亚洲小车蝗的生物活性研究[J]. 现代农药, 2012(2): 50-53.
- [16] 翟晓曼, 张艳军, 谢明. 十种常用农药制剂对蜡蚧轮枝菌孢子萌发、菌丝生长和产孢的影响[J]. 中国生物防治学报, 2013, 29(2): 227-231.
- [17] 于洪春, 杜娟, 宋龙腾, 等. 十种杀虫剂对布氏白僵菌孢子萌发和菌落生长的影响[J]. 中国生物防治学报, 2016, 42(4): 449-455.
- [18] 张英财, 农向群, 张泽华, 等. 18 种化学农药与绿僵菌相容性研究[J]. 中国生物防治学报, 2012, 28(2): 186-191.
- [19] QIU Junzhi, HUANG Zhipeng, GUAN Xiong, et al. Effect of certain pesticides on spore germination and mycelia growth of the entomogenous fungus *Aschersonia aleyrodis* [J]. Chinese Journal of Pesticide Science, 2004, 6(1): 31-36.
- [20] FENG Mingguang, POPRAWSKI T J, KHACHATOURIAN G G. Production, formulation and application of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* for insect control: current status [J]. Biocontrol Science and Technology, 1994, 4(1): 3-34.

(责任编辑: 杨明丽)