

球孢白僵菌 MZ060812 菌株对西花蓟马的致病性研究

袁盛勇^{1a}, 张宏瑞², 孔 琼^{1b}, 李正跃², 骆弟乾^{1a}, 王学丽^{1a}, 董丽玲^{1a}

(1 云南红河学院 a 农学系, b 生物系, 云南 蒙自 661100; 2 云南农业大学 植物保护学院, 云南 昆明 650201)

【摘 要】 【目的】明确球孢白僵菌 MZ060812 菌株对西花蓟马的致病性, 为该菌株在农业害虫防治中的开发应用及后续研究奠定基础。【方法】采用浸渍法, 测定球孢白僵菌 MZ060812 菌株不同孢子浓度对西花蓟马成虫和若虫的致病性。【结果】在 $3.0 \times 10^5 \sim 3.0 \times 10^8 \text{ mL}^{-1}$ 浓度下, 球孢白僵菌 MZ060812 菌株对西花蓟马成虫的致死中时间(LT_{50})值分别为 9.61, 6.63, 5.57 和 4.49 d; 致死中浓度(LC_{50})分别为 3.307×10^8 、 1.528×10^7 、 4.030×10^6 和 $5.839 \times 10^5 \text{ mL}^{-1}$ 。对若虫的 LT_{50} 值分别为 8.51, 6.81, 5.00 和 4.02 d; LC_{50} 分别为 2.352×10^7 、 4.933×10^6 、 2.151×10^6 和 $5.068 \times 10^6 \text{ mL}^{-1}$ 。【结论】球孢白僵菌 MZ060812 菌株对西花蓟马有较好的防治效果。

【关键词】 球孢白僵菌; 西花蓟马; 致病性

【中图分类号】 S476⁺.12

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2010)03-0145-05

Detection of pathogenicity of *Beauveria bassiana* MZ060812 against *Frankliniella occidentalis*

YUAN Sheng-yong^{1a}, ZHANG Hong-rui², KONG Qiong^{1b}, LI Zheng-yue²,
LUO Di-qian^{1a}, WANG Xue-li^{1a}, DONG Li-ling^{1a}

(1 a Department of Agronomy, b Department of Biology, Honghe University, Mengzi, Yunnan, 661100, China;

2 College of Plant Protection, Yunnan Agricultural University, Kunming, Yunnan, 650201, China)

Abstract: 【Objective】 In order to offer foundation for further study and exploration of the strain against pests, the pathogenicity of *Beauveria bassiana* MZ060812 on *Frankliniella occidentalis* (Pergande) was proved. 【Method】 Under different spore concentrations of *Beauveria bassiana* MZ060812, the pathogenicity of it against adults and nymphae of western flower thrips in dipping process was measured. 【Result】 The results showed, the adult of LC_{50} was respectively 3.307×10^8 , 1.528×10^7 , 4.030×10^6 and 5.839×10^5 spores/mL, LT_{50} 9.61, 6.63, 5.57 and 4.49 day respectively with concentration from 3.0×10^5 to 3.0×10^8 conidia/mL; the larvae of LC_{50} was respectively 2.352×10^7 , 4.933×10^6 , 2.151×10^6 and 5.068×10^6 spores/mL, LT_{50} 8.51, 6.81, 5.00 and 4.02 day respectively with concentration from 3.0×10^5 to 3.0×10^8 conidia/mL. 【Conclusion】 The control effect of *Beauveria bassiana* MZ060812 on adults and nymphae of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) was good.

Key words: *Beauveria bassiana*; *Frankliniella occidentalis* (Pergande); pathogenicity

西花蓟马 [*Frankliniella occidentalis* (Pergande)] 隶属于缨翅目、蓟马科 Thysanoptera 花蓟马属

Frankliniella^[1], 其寄主范围非常广, 目前已知的寄主植物多达 50 个科 500 多种植物, 其中园艺作物主

* [收稿日期] 2009-09-07

[基金项目] 云南省教育厅基金项目“蒙自特色经济作物蓟马种类及田间危害规律研究”(08c0202)

[作者简介] 袁盛勇(1975—), 男, 云南宣威人, 讲师, 主要从事昆虫生态学及害虫综合防治研究。E-mail: ysy9069@163.com

要有番茄、甜椒、黄瓜、花生、生菜、芹菜、胡椒、豌豆、洋葱、葡萄等,花卉主要有菊花、玫瑰、凤仙花、天竺葵、矮牵牛花、兰花、大丽花、非洲紫罗兰等^[2-4]。西花蓟马于 2003 年被发现入侵我国,并对北京市郊区的大棚辣椒造成危害^[5],主要危害果、花、花蕾、叶和芽,通过取食、产卵和传播病毒导致农作物减产。研究发现,该虫是许多植物病害的传播媒介,其中番茄斑萎病毒属的风仙花坏死斑病毒(INsV)和番茄斑萎病毒(TSwv)是引起园艺植物花和叶片坏死斑病毒病的 2 种重要病毒^[6-8]。西花蓟马 1 龄若虫取食发病寄主植物叶片后,病毒在其唾腺和其他组织中滞留并不断增殖,3 d 后即具备传毒能力。感毒的幼虫发育为成虫后仍然带毒,其中雄虫的传毒能力强于雌虫。病毒经由成虫的取食传至健康植株,使得病毒迅速扩散蔓延而造成受害,一般可导致作物损失 30%~50%,严重时可达到 70%,甚至有可能导致绝收^[9]。作为新入侵的危险性害虫,西花蓟马在云南地区已呈广泛分布状态,对云南省蒙自地区的初步调查表明,在辣椒上西花蓟马的分布已经达到约 90%^[10]。据报道,西花蓟马传播的 TSwv 在夏威夷曾导致苜蓿严重减产 50%~90%^[11]。目前,对西花蓟马的田间防治主要采用化学农药毒杀,但随着用药次数的增加,环境污染问题更加突出,水果蔬菜上农药残留增加,并且会杀死部分天敌。西花蓟马对阿维菌素、乙醚甲胺磷、噻虫威、联苯菊酯、氯氰菊酯、二嗪农、乐果、硫丹、甲氰菊酯、甲硫威、灭多威、氯菊酯、多杀菌素等药剂已经产生了抗药性^[12-13]。球孢白僵菌(*Beauveria bassiana*)是一类对多种昆虫具有致病性的虫生真菌^[14],在美国加利福尼亚州施用白僵菌防治西花蓟马的试验证实,其能够有效地防治玫瑰、康乃馨和向日葵上的西花蓟马,同时也能够抑制菊花上的西花蓟马种群^[15],但目前国内利用该类病原物防治西花蓟马的研究报道尚比较少。为此,本研究采用球孢白僵菌(*Beauveria bassiana*)MZ060812 菌株对西花蓟马进行生物防治研究,探索虫生真菌对西花蓟马的防治作用,以期减少化学农药的使用及球孢白僵菌在农业害虫防治中的应用和后续研究奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试菌株 球孢白僵菌 MZ060812 菌株,由云南红河学院农学系实验室保存,经复壮和扩繁之后供试验用。

1.1.2 试验用虫 试验用虫西花蓟马采自云南红河学院旁的辣椒花和石榴地鬼针草花内,室内用四季豆饲养并建立种群。

1.2 方法

1.2.1 球孢白僵菌的扩繁 在直径为 90 mm 的培养皿中倒入 20 mL 的 PDA 培养基,接种经纯化的球孢白僵菌 MZ060812 后,置于(25±1)℃、相对湿度为 85%的光照培养箱内,进行大量扩繁培养,培养 7 d 后供试验用。

1.2.2 球孢白僵菌孢子液的配制 用无菌水 50 mL+0.05%吐温-80 作为润湿剂,脱溶固体培养基上的球孢白僵菌孢子,过滤除去菌丝和杂质,再分别稀释,用血球计数板在显微镜下检查并进行孢子数计数,再用无菌水稀释成所需浓度备用。

1.2.3 球孢白僵菌 MZ060812 菌株对西花蓟马成虫和若虫的致病性 球孢白僵菌 MZ060812 孢子液设 3.0×10^4 、 3.0×10^5 、 3.0×10^6 、 3.0×10^7 和 3.0×10^8 mL⁻¹ 5 个处理浓度,每个浓度设 5 个重复,并用 0.05%吐温-80+无菌水作为对照。将 9 cm 培养皿用滤纸保湿,各放入 1 根四季豆,每个处理浓度每重复接入 30 头成虫,然后用 M301414 型喉头喷雾器均匀喷施 5 mL 配制好的球孢白僵菌孢子液,用保鲜膜封口,并扎少许小孔,连续观察 8 d,每天记录死虫数。

1.3 数据分析

试验结果采用 DPS 数据处理系统进行分析。试验以时间(d)或菌液浓度(mL⁻¹)的对数值为 x ,以校正死亡率转化为死亡率的机率值为 Y ,采用机率值分析法,求出毒力回归方程,计算致死中浓度(LC₅₀)和致死中时间(LT₅₀),并据此分析该菌株的毒力^[16-17]。

2 结果与分析

2.1 球孢白僵菌 MZ060812 菌株对西花蓟马成虫的致病性测定

以表 1 中校正死亡率的机率值为 Y ,以时间和球孢白僵菌孢子液浓度的对数为 x 求毒力方程,计算 LC₅₀ 和 LT₅₀,所得结果见表 2 和表 3。由表 2,3 可以看出,球孢白僵菌 MZ060812 菌株具有较高的毒力活性,当孢子液浓度为 $3.0\times10^5\sim3.0\times10^8$ mL⁻¹ 时,处理第 5~8 天的 LC₅₀ 值一直呈下降趋势,其值分别为 3.307×10^8 、 1.528×10^7 、 4.030×10^6 和 5.839×10^5 mL⁻¹;LT₅₀ 值随孢子液浓度的增加而逐渐缩短,其值分别为 9.61,6.63,5.57 和 4.49 d。

表 1 球孢白僵菌 MZ060812 菌株孢子液浓度对西花蓟马成虫的致病性

Table 1 Virulence of <i>Beauveria bassiana</i> MZ060812 on adult of <i>Frankliniella occidentalis</i> with different concentrations									%
球孢白僵菌孢子液浓度/mL ⁻¹ <i>Beauveria bassiana</i> concentration	累计校正死亡率 Adjusted accumulative mortality rate								
	1 d	2 d	3 d	4 d	5 d	6 d	7 d	8 d	
对照(CK)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.11	1.11	1.11	
3.0×10 ⁴	0.00	0.00	1.67	3.84	6.52	9.68	16.38	28.68	
3.0×10 ⁵	0.00	1.26	3.41	8.54	12.67	21.76	36.43	42.72	
3.0×10 ⁶	0.00	2.48	8.53	14.82	32.68	43.74	50.28	67.61	
3.0×10 ⁷	0.00	4.59	14.62	23.59	43.85	56.68	63.81	74.82	
3.0×10 ⁸	0.00	8.57	25.99	36.27	55.92	68.33	74.92	88.42	

表 2 球孢白僵菌 MZ060812 菌株孢子液对西花蓟马成虫的致死中浓度

Table 2 LC ₅₀ of <i>Beauveria bassiana</i> MZ060812 against larvae of <i>Frankliniella occidentalis</i>				
时间/d Time	回归方程 Toxic model	相关系数 R-square	致死中浓度/mL ⁻¹ LC ₅₀	
5	Y=1.585 3+0.431 2 x	0.998 6	3.307×10 ⁸	
6	Y=1.768 6+0.449 8 x	0.974 5	1.528×10 ⁷	
7	Y=2.315 6+0.406 4 x	0.981 0	4.030×10 ⁶	
8	Y=2.486 2+0.436 7 x	0.984 0	5.839×10 ⁵	

表 3 球孢白僵菌 MZ060812 菌株孢子液对西花蓟马成虫的致死中时间

Table 3 LT ₅₀ of <i>Beauveria bassiana</i> MZ060812 against larvae of <i>Frankliniella occidentalis</i>			
球孢白僵菌孢子液浓度/mL ⁻¹ <i>Beauveria bassiana</i> concentration	回归方程 Toxic model	相关系数 R-square	致死中时间/d LT 50
3.0×10 ⁵	Y=1.596 7+3.462 8 x	0.975 8	9.61
3.0×10 ⁶	Y=1.761 0+3.941 5 x	0.984 3	6.63
3.0×10 ⁷	Y=2.075 1+3.919 8 x	0.991 9	5.57
3.0×10 ⁸	Y=2.359 6+4.048 6 x	0.984 6	4.49

2.2 球孢白僵菌 MZ060812 菌株对西花蓟马若虫的致病性测定

以表 4 校正死亡率的机率值为 Y,以时间和球孢白僵菌孢子液浓度的对数值为 x 求毒力方程,计算 LC₅₀ 和 LT₅₀,所得结果如表 5,6 所示。

由表 5,6 可见,球孢白僵菌 MZ060812 菌株对

西花蓟马若虫具有较高的杀虫活性,当处理孢子浓度为 3.0×10⁵~3.0×10⁸ mL⁻¹时,处理第 5~8 天的 LC₅₀值分别为 2.352×10⁷、4.933×10⁶、2.151×10⁶和 5.068×10⁶ mL⁻¹;LT₅₀ 分别为 8.51,6.81,5.00和 4.02 d,可见致死中时间随孢子液浓度的增加而逐渐缩短。

表 4 球孢白僵菌 MZ060812 菌株孢子液浓度对西花蓟马若虫的致病性

Table 4 Virulence of <i>Beauveria bassiana</i> MZ060812 on larvae of <i>Frankliniella occidentalis</i> with different concentrations									%
球孢白僵菌孢子液浓度/mL ⁻¹ <i>Beauveria bassiana</i> concentration	累计校正死亡率 Adjusted accumulative mortality rate								
	1 d	2 d	3 d	4 d	5 d	6 d	7 d	8 d	
对照(CK)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.44	4.44	
3.0×10 ⁴	0.00	0.00	3.29	8.14	16.86	19.45	20.77	29.43	
3.0×10 ⁵	0.00	2.91	5.26	12.85	21.54	32.41	36.83	47.61	
3.0×10 ⁶	0.00	6.54	14.78	20.43	34.71	42.82	50.46	69.92	
3.0×10 ⁷	0.00	9.42	20.51	32.97	51.85	62.14	68.47	76.45	
3.0×10 ⁸	0.00	11.85	27.33	45.61	67.72	76.59	82.68	89.87	

表 5 球孢白僵菌 MZ060812 菌株孢子液对西花蓟马若虫的致死中浓度

Table 5 LC ₅₀ of <i>Beauveria bassiana</i> MZ060812 against larvae of <i>Frankliniella occidentalis</i>				
时间/d Time	回归方程 Toxic model	相关系数 R-square	致死中浓度/mL ⁻¹ LC ₅₀	
5	Y=2.295 1+0.367 2 x	0.980 5	2.352×10 ⁷	
6	Y=2.322 1+0.400 1 x	0.992 1	4.933×10 ⁶	
7	Y=2.239 6+0.435 9 x	0.997 9	2.151×10 ⁶	
8	Y=2.479 6+0.441 8 x	0.995 4	5.068×10 ⁵	

表 6 球孢白僵菌 MZ060812 菌株孢子液对西花蓟马若虫的致死中时间
Table 6 LT₅₀ of *Beauveria bassiana* MZ060812 against larvae of *Frankliniella occidentalis*

球孢白僵菌孢子液浓度/mL ⁻¹ <i>Beauveria bassiana</i> concentration	回归方程 Toxic model	相关系数 <i>R</i> -square	致死中时间/d LT ₅₀
3.0×10 ⁵	<i>Y</i> =1.845 1+3.391 3 <i>x</i>	0.994 6	8.51
3.0×10 ⁶	<i>Y</i> =2.524 7+2.971 8 <i>x</i>	0.985 5	6.81
3.0×10 ⁷	<i>Y</i> =2.569 1+3.479 2 <i>x</i>	0.993 6	5.00
3.0×10 ⁸	<i>Y</i> =2.497 9+4.137 7 <i>x</i>	0.993 1	4.02

3 结论与讨论

肖长坤等^[18]开展了防治西花蓟马的药剂筛选试验,认为多杀霉素、毒死蜱对西花蓟马的防治效果较好。李江涛等^[19]利用菜喜、杀虫双和百佳一次用药后,10 d 内的最高防效分别达到 96.14%,97.18%和 96.65%;刘慧娟等^[20]利用阿维菌素对西花蓟马进行了防治研究。但使用化学农药存在着对其他生物产生毒害、污染环境以及对天敌有杀伤作用等问题。张安盛等^[21-22]利用东亚小花蝽若虫和中华草蛉幼虫对西花蓟马若虫的捕食作用及效果进行了研究,表明在生物防治中,释放捕食性天敌占据着重要地位。但在西花蓟马高密度发生时,由于天敌作用缓慢,而难以有效发挥作用。因此,西花蓟马的控制途径应采取以协调生物防治与化学防治为主的综合治理策略,为防治西花蓟马提供一条新的思路。本次室内毒力测定结果表明,球孢白僵菌 MZ060812 菌株浓度为 3.0×10⁴~3.0×10⁸ mL⁻¹ 时,其对西花蓟马成虫的 8 d 累计校正死亡率分别为 28.68%,42.72%,67.61%,74.82%和 88.42%,对若虫的 8 d 累计校正死亡率分别为 29.43%,47.61%,69.92%,76.45%和 89.87%,可以认为球孢白僵菌 MZ060812 菌株对西花蓟马成虫和若虫均具有一定的防治效果。关于该菌株对西花蓟马的田间防治效果如何,将是下一步研究的主要内容。

[参考文献]

[1] 吴青君,张友军,徐宝云,等. 入侵害虫西花蓟马的生物学、危害及防治技术 [J]. 昆虫知识,2005,42(5):317-320.
Wu Q J,Zhang Y J,Xu B Y,et al. The biological character, damage and management of an invasive insect pest, *Frankliniella occidentalis* [J]. Chinese Bulletin of Entomolog, 2005,42(5):317-320. (in Chinese)

[2] Yudin L S,Cho J J,Michell W C. Host range of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae), with special reference to *Leucaena glauca* [J]. Environ Entomol,1986,15(6):1292-1295.

[3] Daughtrey M L. Detection and identification of tospoviruses in greenhouses [J]. Acta Horticulturae,1996,431:90-98.

[4] Daughtrey M L,Jones R K,Moyer J W,et al. Tospoviruses strike the greenhouse industry: INSV has become a major pathogen on flower crops [J]. Plant Disease,1997,81(11):1220-1230.

[5] 任洁,雷仲仁,张令军,等. 北京地区西花蓟马发生为害调查研究 [J]. 中国植保导刊,2006,26(5):5-7.
Ren J,Lei Z R,Zhang L J,et al. The occurrences and damages of *Frankliniella occidentalis* in Beijing municipality [J]. Chinese Plant Protection,2006,26(5):5-7. (in Chinese)

[6] OEPP/EPPO. Data sheets on quarantine organisms No. 177, *Frankliniella occidentalis* [J]. OEPP /EPPO Bulletin,1989,19:725-731.

[7] German T L,Ullman D E,Moyer J W. Tospoviruses: diagnosis,molecular biology,phylogeny,and vector relationships [J]. Ann Rev Phytopathology,1992,30:315-348.

[8] Cho J J,Mau R F L,German T L,et al. AM ultidisciplinary Ap-proach to management of tomato spotted wilt virus in Hawaii [J]. Plant Disease,1989,73(5):375-383.

[9] Un Tack Lima,Roy G, Van Driesche. Impatiens necrotic spot virus infection and feeding behavior of nematode-parasitized western flower thrips [J]. Biological Control,2004,31:438-444.

[10] 武晓云,程晓非,张宏瑞,等. 西花蓟马(*Frankliniella occidentalis*)研究进展 [J]. 云南农业大学学报,2006,21(2):178-183.
Wu X Y,Cheng X F,Zhang H R,et al. Advances on the western flower thrips (*Frankliniella occidentals*) [J]. Journal of Yunnan Agricultural University,2006,21(2):178-183. (in Chinese)

[11] Yudin L S,Cho J J,Mitchell W C. Host range western flower thrips,*Frankliniella oecidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) with special reference to *Leucaena glauca* [J]. Environmental Entomology,1986,15(6):1292-1295.

[12] Immaraju J A,Paine T D,Bethke J A,et al. Western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) resistance to insecticides in coastal California greenhouses [J]. Economic Entomology,1992,85(1):9-14.

[13] Jensen S E. Insecticide resistance in the western flower thrips, *Frankliniella occidentals* [J]. Integrated Pest Management Rev,200,5(1):17-31.

[14] 张玉波,王蕾蕾,樊美珍,等. 马尾松林生态系中虫生真菌及其寄主的多样性和消长动态的研究 [J]. 安徽农业大学学报,2007,34(3):342-234.
Zhang Y B,Wang X L,Fan M Z,et al. Diversity of entomogenous fungi and their hosts and population dynamics of the

fungi in a Masson's pine plantation ecosystem [J]. Journal of Anhui Agricultural University, 2007, 34(3): 342-234. (in Chinese)

[15] Murphy B C, Morisawa T A, Newman J P, et al. Fungal pathogen controls thrips in greenhouse flowers [J]. California Agriculture, 1998, 52(3): 32-36.

[16] 桂富荣, 李亚红, 李正跃. 不同温度下新蚜虫病霉对桃蚜的毒力测定 [J]. 植物保护, 2005, 31(3): 61-64.

Gui F R, Li Y H, Li Z Y. Effect of temperature on virulence of *Pandora neoaphidis* against *Myzus persicae* [J]. Plant Protection, 2005, 31(3): 61-64. (in Chinese)

[17] 桂富荣, 李正跃, 陈 斌, 等. 温度与光照对新蚜虫病霉产孢格局的影响 [J]. 华中农业大学学报, 2005, 24(2): 154-156.

Gui F R, Li Z Y, Chen B, et al. Influence of temperature and light on the spore production of the entomophthoralean fungus *Pandora neoaphidis* Humber [J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2005, 24(2): 154-156. (in Chinese)

[18] 肖长坤, 郑建秋, 师迎春, 等. 防治西花蓟马药剂筛选试验 [J]. 植物检疫, 2006, 20(1): 20-22.

Xiao C K, Zheng J Q, Shi Y C, et al. Screening the pesticides for instantly controlling *Frankliniella occidentalis* [J]. Plant Quarantin, 2006, 20(1): 20-22. (in Chinese)

[19] 李江涛, 邓建华, 刘忠善, 等. 3 种杀虫剂防治西花蓟马田间效果分析 [J]. 江西农业学报, 2008, 20(9): 67-69.

Li J T, Deng J H, Liu Z S, et al. Control effects of three kinds of pesticides on Western Flower Thrips in field [J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2008, 20(9): 67-69. (in Chinese)

[20] 刘慧娟, 徐学农, 缪 勇, 等. 阿维菌素防治西花蓟马的亚致死浓度对黄瓜钝绥螨的影响 [J]. 中国生物防治, 2007, 23(2): 198-200.

Liu H J, Xu X N, Miao Y, et al. Effects of sublethal concentration of Avermectin to *Neoseiulus cucumeris* [J]. Chinese Journal of Biological Control, 2007, 23(2): 198-200. (in Chinese)

[21] 张安盛, 于 毅, 门兴元, 等. 东亚小花蝽若虫对西花蓟马若虫的捕食作用 [J]. 植物保护学报, 2008, 35(1): 7-11.

Zhang A S, Yu Y, Men X Y, et al. Predation of *Orius sauteri* nymphs on *Frankliniella occidentalis* nymphs [J]. Acta Phytolalicica Sinica, 2008, 35(1): 7-11. (in Chinese)

[22] 张安盛, 李丽莉, 于 毅, 等. 中华草蛉幼虫对西花蓟马若虫的捕食功能反应与搜寻效应 [J]. 植物保护学报, 2007, 34(3): 247-251.

Zhang A S, Li L L, Yu Y, et al. Functional response and searching rate of *Chrysopa sinica* larvae on *Frankliniella occidentalis* nymphs [J]. Acta Phytolalicica Sinica, 2007, 34(3): 247-251. (in Chinese)

(上接第 144 页)

[4] 顾正远, 刘贤金, 韩丽娟, 等. 吡虫啉的杀虫机制及配套应用技术研究 [J]. 西南农业大学学报, 1998, 20(5): 397-400.

Gu Z Y, Liu X J, Han L J, et al. Mode of action and integrated application technique of the neonicotinoid insecticide imidacloprid [J]. Journal of Southwest Agricultural University, 1998, 20(5): 397-400. (in Chinese)

[5] 闫 文, 张忠彬, 胡俊峰, 等. 吡虫啉毒性研究进展与瞻望 [J]. 环境与职业医学, 2003, 20(6): 431-432.

Yan W, Zhang Z B, Hu J F, et al. Advances and prospects in study of imidacloprid's toxicity [J]. Journal of Labour Medicine, 2003, 20(6): 431-432. (in Chinese)

[6] 康萍芝, 沈瑞清, 张丽荣, 等. 吡虫啉在枸杞中的残留消解动态 [J]. 农药, 2005, 44(10): 471-472.

Kang P Z, Shen R Q, Zhang L R, et al. The dynamics of imidacloprid residue and degradation in lyceum barbarum [J]. Pesticides, 2005, 44(10): 471-472. (in Chinese)

[7] 楼建晴, 程敬丽, 朱国念. 吡虫啉在甘蓝上的残留动态 [J]. 农药, 2004, 43(1): 40-42.

Lou J Q, Cheng J L, Zhu G N. Residues of imidacloprid in cabbage and soil [J]. Pesticides, 2004, 43(1): 40-42. (in Chinese)

[8] 范志先, 许允成, 初丽伟, 等. 吡虫啉在番茄和土壤上的残留动态 [J]. 吉林农业大学学报, 2003, 25(6): 649-651.

Fan Z X, Xu Y C, Chu L W, et al. Residual dynamics of imidacloprid in tomato and soil [J]. Journal of Jilin Agricultural University, 2003, 25(6): 649-651. (in Chinese)

[9] 赵 莉, 姜忠涛. 吡虫啉在土壤、萝卜中的残留分析方法 [J]. 农药科学与管理, 2003, 24(8): 14-16.

Zhao L, Jiang Z T. A method for the determination of imidacloprid residue in soil and radish [J]. Pesticides Science and Administration, 2003, 24(8): 14-16. (in Chinese)

[10] 戴 华, 李拥军, 张 莹. 稻谷中吡虫啉农药残留量的固相萃取高效液相色谱测定 [J]. 分析测试学报, 2002, 21(1): 70-72.

Dai H, Li Y J, Zhang Y. Determination of imidacloprid in rice by solid phase extraction-HPLC [J]. Journal of Instrumental Analysis, 2002, 21(1): 70-72. (in Chinese)

[11] 张金林, 石 键. 吡虫啉在苹果上的残留动态研究 [J]. 农业环境保护, 1997, 16(6): 247-251.

Zhang J L, Shi J. Study on residues dynamics of imidacloprid in apple [J]. Agro-environmental Protection, 1997, 16(6): 247-251. (in Chinese)

[12] 杨 红, 章伟华, 黄丽琴, 等. 吡虫啉在烟草中的残留动态研究 [J]. 南京农业大学学报, 1999, 22(3): 80-82.

Yang H, Zhang W H, Huang L Q, et al. Study on residues of imidacloprid in tobacco [J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 1999, 22(3): 80-82. (in Chinese)

[13] 吴声敢, 吴俐勤, 徐 洁, 等. 10% 吡虫啉在水稻中的残留动态研究 [J]. 农药, 2005, 44(1): 25-27.

Wu S G, Wu L Q, Xu J, et al. Dynamics of imidacloprid residues in rice [J]. Pesticides, 2005, 44(1): 25-27. (in Chinese)