

高效氟氯氰菊酯微胶囊悬浮剂对德国小蠊的防治效果*

刘 慧 褚宏亮 刘大鹏 张育富 周明浩**

(江苏省疾病预防控制中心 消毒与媒介生物防制所 南京 210009)

摘 要 【目的】研究高效氟氯氰菊酯微胶囊悬浮剂对德国小蠊 *Blattella germanica* 的防治效果, 为指导防治德国小蠊提供科学、合理的依据。【方法】参照国家标准 GB / T 13917.1-2009《农药登记卫生用杀虫剂的室内药效试验及评价第 1 部分: 喷射剂》的测试方法进行防治试验。【结果】0.8 mL/m² 剂量的瓷砖和玻璃面板药效的持续时间分别为 98 d、112 d; 1.6 mL/m² 剂量的瓷砖和玻璃面板药效的持续时间分别为 112 d、119 d。【结论】相同剂量的瓷砖和玻璃面板相比较, 玻璃面板的药效持续时间长, 但稳定性低。

关键词 高效氟氯氰菊酯, 德国小蠊, 微胶囊, 持续时间, 击倒率, 死亡率

The effectiveness of beta-cyfluthrin microcapsule suspension as a means of controlling *Blattella germanica*

LIU Hui CHU Hong-Liang LIU Da-Peng ZHANG Yu-Fu ZHOU Ming-Hao**

(Section of Disinfection and Vector Control, Jiangsu Provincial Center for Disease Control and Prevention, Nanjing 210009, China)

Abstract [Objectives] To determine the effectiveness of beta-cyfluthrin microcapsule suspension as a means of controlling *Blattella germanica*. [Methods] Experiments were conducted in accordance with the national standards of the People's Republic of China, GB / T 13917.1-2009 laboratory efficacy test methods and criteria of public health insecticides for pesticide registration-Part 1: Spray fluid. [Results] Glass panels were treated with beta-cyfluthrin microcapsule suspension at a dosage of 0.8 mL/m² for 98 days and 112 days, and at a dosage of 1.6 mL/m² for 112 days and 119 days. [Conclusion] The control effects of treated glass panels could last for a longer time when both tiles and glass were treated with the same dosage.

Key words beta-cyfluthrin, *Blattella germanica*, microcapsule, duration, knockdown rate, mortality

德国小蠊 *Blattella germanica* 作为重要的城市卫生害虫, 因其繁殖能力强、分布场所广泛复杂, 危害愈发严重。目前, 我国对德国小蠊的防治仍以化学防治为主, 但随着杀虫剂的长期大量不合理使用, 德国小蠊的抗药性问题越来越严重, 有报道我国部分地区德国小蠊对有机氯类、有机磷类、氨基甲酸酯类、拟除虫菊酯类的常用杀虫剂均产生抗性, 且抗性程度日益严重(李伟昊等, 2013; 任樟尧等, 2013; 张彦等, 2013;

苏庆盛等, 2014)。江苏省 2011 年对南京、丹阳、淮安和南通 4 个地市的德国小蠊进行抗药性调查, 发现南京、淮安和南通地区德国小蠊对溴氰菊酯产生高度抗药性; 丹阳和南通地区德国小蠊对高效氯氰菊酯产生高程度抗药性; 4 个地区德国小蠊对残杀威和乙酰甲胺磷的抗药性水平较低(刘慧等, 2011)。

近年来, 高效氟氯氰菊酯微胶囊杀虫剂的使用倍受人们的重视, 然而有关高效氟氯氰菊酯微

* 资助项目 Supported projects: “十二五”科教兴卫工程“突发公共卫生事件应急处置创新平台(课题编号: ZX201109)和 2011 年江苏省卫生厅血、地、寄防科研项目(课题编号: X201126)

**通讯作者 Corresponding author, E-mail: huihui_1015@163.com

收稿日期 Received: 2015-06-23, 接受日期 Accepted: 2015-06-30

胶囊剂应用于卫生害虫防治却鲜有报道。本研究以高效氟氯氰菊酯微胶囊悬浮剂喷洒于日常生活中最常用的瓷砖和玻璃两种面板,研究其对德国小蠊的防治效果。

1 材料与方法

1.1 试虫

试验用德国小蠊均为本实验室多年饲养的敏感品系,未接触任何杀虫剂。每次测试使用羽化后 10~15 d 健康活泼的德国小蠊。

1.2 供试药剂

10%大灭微胶囊悬浮剂,有效成分为 10%高效氟氯氰菊酯,由先正达(中国)投资有限公司生产。

1.3 施药剂量

10%高效氟氯氰菊酯微胶囊悬浮剂按 0.8 mL/m² 和 1.6 mL/m² 剂量均匀涂抹于瓷砖和玻璃板面,实验室常规保存。

1.4 试验方法

测定方法参照 GB/T 13917.1-2009《农药登记卫生用杀虫剂的室内药效试验及评价第 1 部分:喷射剂》,用强迫接触器做滞留喷洒的室内药效测定(陶岭梅等,1992)。测试时将德国小蠊 10 只(雌雄各半)放入强迫接触器内,待试虫恢复正常后,强迫接触药板 30 min,记录试虫被击倒数,然后将试虫转移到清洁容器中正常饲养。观察德国小蠊 72 h 时死亡率,并设空白对照组,试验重复 3 次。如果空白对照死亡率超过 20%则用 Abbott 公式校正。测试时间分别为面板涂药后 24 h 和以后每周测试一次。

1.5 统计方法

击倒率与死亡率数据用均数 ± 标准差 (Mean ± SD) 表示。使用 SPSS13.0 (SPSS Inc. Chicago, IL, USA) 进行数据处理,击倒率和死亡率显著差异性分析使用 *t*-test 比较方法。

1.6 试验条件

温度 (25 ± 1) , 相对湿度 70% ± 10% , 自然光周期。

2 结果与分析

2.1 不同剂量的面板对德国小蠊的药效持续时间

试验结果参照 GB/T 13917.1-2009《农药登记卫生用杀虫剂的室内药效试验及评价第 1 部分:喷射剂》,根据德国小蠊 72 h 死亡率大于 70%进行持续时间评价。研究结果显示 0.8 mL/m² 剂量高效氟氯氰菊酯微胶囊悬浮剂对瓷砖和玻璃面板的持续时间分别为 98 d 和 112 d; 1.6 mL/m² 剂量高效氟氯氰菊酯微胶囊悬浮剂对瓷砖和玻璃面板的持续时间均为 119 d (表 1)。研究发现,0.8 mL/m² 剂量条件下,玻璃面板的持效性明显优于瓷砖面板;1.6 mL/m² 剂量条件下,瓷砖面板和玻璃面板的持续时间相近。

表 1 不同剂量高效氟氯氰菊酯微胶囊对不同面板的持效时间

Table 1 The duration of beta-cyfluthrin micro capsules to different concentrations and panel

剂量 (mL/m ²) Dosage (mL/m ²)	面板 Panel	持续时间 (d) Duration (d)
0.8	瓷砖 Tile	98
	玻璃 Glass	112
1.6	瓷砖 Tile	112
	玻璃 Glass	119

2.2 不同剂量的面板对德国小蠊击倒率的分析

0.8 mL/m² 剂量瓷砖面板的德国小蠊第 15 周击倒率明显降低,由第 14 周的 90.00% ± 10% 分别降至 53.33% ± 3.33%、46.67% ± 6.67%、40.00% ± 0%、33.33% ± 3.33%。0.8 mL/m² 剂量玻璃面板在第 7、第 8、第 10、第 11 周击倒率出现波动,第 7、第 8 周的击倒率均为 96.67% ± 3.33%;第 10、第 11 周的击倒率分别为 86.67% ± 6.67%、83.33% ± 8.82%;第 18 周击倒率降至 6.67% ±

3.33%，降幅为 57%。其中第 16、第 17、第 18 周 0.8 mL/m² 剂量瓷砖和玻璃面板的德国小蠊击倒率具有显著差异（表 2）。

1.6 mL/m² 剂量瓷砖面板对德国小蠊的击倒率连续 13 周均为 100%±0%，第 14 周开始下降，至第 18 周降至 50.00%±0%。1.6 mL/m² 剂量玻璃面板在第 10、第 11 周出现波动，击倒率分别为 90.00%±5.77%、90.00%±0%，至第 18 周降至 56.67%±6.67%（表 2）。

2.3 不同剂量的面板对德国小蠊致死率的分析

0.8 mL/m² 剂量瓷砖面板对德国小蠊的致死率连续 12 周均为 100%±0%，除第 7 周致死率为 96.67%±3.33%，第 13 周开始瓷砖面板对德国小蠊的致死率开始下降，第 13 至第 18 周致死

率依次降为 93.33%±3.33%、90.00%±0%、66.67%±3.33%、53.33%±3.33%、46.67%±8.82%和 20%±0%。0.8 mL/m² 剂量玻璃面板对德国小蠊的致死率第 7 周开始下降，期间连续出现波动，至第 18 周，致死率降至 20%±5.77%。其中第 10、第 15、第 16 周 0.8 mL/m² 剂量瓷砖和玻璃面板对德国小蠊的致死率具有显著差异（表 3）。

1.6 mL/m² 剂量瓷砖面板对德国小蠊致死率连续 14 周为 100%±0%，第 15 周开始下降，至第 18 周分别依次降至 93.33%±3.33%、83.33%±3.33%、60.00%±5.77%、60.00%±5.77%。至第 16 周期间，1.6 mL/m² 剂量玻璃面板对德国小蠊致死率除第 8、第 9、第 10、第 14、第 15 周

表 2 不同剂量高效氟氯氰菊酯微胶囊悬浮剂对德国小蠊击倒效果的比较
Table 2 The effect of knockdown rate with different concentration against *Blattella germanica*

时间 (h 或周) Time (hour or week)	0.8 mL/m ² 剂量时击倒率 (%) Knockdown rate (%) of 0.8 mL/m ²		1.6 mL/m ² 剂量时击倒率 (%) Knockdown rate (%) of 1.6 mL/m ²	
	瓷砖面板 Tile panel	玻璃面板 Glass panel	瓷砖面板 Tile panel	玻璃面板 Glass panel
24 h	100.00±0	100.00±0	100.00±0	100.00±0
1	100.00±0	100.00±0	100.00±0	100.00±0
2	100.00±0	100.00±0	100.00±0	100.00±0
3	100.00±0	100.00±0	100.00±0	100.00±0
4	96.67±3.33	100.00±0	100.00±0	100.00±0
5	100.00±0	100.00±0	100.00±0	100.00±0
6	100.00±0	100.00±0	100.00±0	100.00±0
7	100.00±0	96.67±3.33	100.00±0	100.00±0
8	96.67±3.33	96.67±3.33	100.00±0	100.00±0
9	100.00±0	100.00±0	100.00±0	100.00±0
10	93.33±6.67	86.67±6.67	100.00±0	90.00±5.77
11	96.67±3.33	86.67±3.33	100.00±0	90.00±0
12	100.00±0	100.00±0	100.00±0	100.00±0
13	93.33±3.33	100.00±0	100.00±0	90.00±5.77
14	90.00±10	86.67±6.67	90.00±5.77	86.67±6.67
15	53.33±3.33	83.33±8.82	83.33±3.33	83.33±8.82
16	46.67±6.67b	76.67±3.33a	76.67±8.82	83.33±8.82
17	40.00±0b	63.33±3.33a	60.00±5.77	76.67±6.67
18	33.33±3.33a	6.67±3.33b	50.00±0	56.67±6.67

表中数据后标有不同字母表示相同剂量和时间下击倒率差异显著（*P*<0.05）。下表同。
Data followed by different letters indicate significant different (*P*<0.05). The same below.

表 3 不同剂量高效氟氯氰菊酯微胶囊悬浮剂对德国小蠊致死效果的比较
Table 3 The effect of mortality rate with different concentration against *Blattella germanica*

时间 (h 或周) Time (hour or week)	0.8 mL/m ² 剂量时击倒率 (%) Knockdown rate (%) of 0.8 mL/m ²		1.6 mL/m ² 剂量时击倒率 (%) Knockdown rate (%) of 1.6 mL/m ²	
	瓷砖面板 Tile panel	玻璃面板 Glass panel	瓷砖面板 Tile panel	玻璃面板 Glass panel
24 h	100.00 ± 0	100.00 ± 0	100.00 ± 0	100.00 ± 0
1	100.00 ± 0	100.00 ± 0	100.00 ± 0	100.00 ± 0
2	100.00 ± 0	100.00 ± 0	100.00 ± 0	100.00 ± 0
3	100.00 ± 0	100.00 ± 0	100.00 ± 0	100.00 ± 0
4	100.00 ± 0	100.00 ± 0	100.00 ± 0	100.00 ± 0
5	100.00 ± 0	100.00 ± 0	100.00 ± 0	100.00 ± 0
6	100.00 ± 0	100.00 ± 0	100.00 ± 0	100.00 ± 0
7	96.67 ± 3.33	96.67 ± 3.33	100.00 ± 0	100.00 ± 0
8	100.00 ± 0	86.67 ± 8.82	100.00 ± 0	93.33 ± 3.33
9	100.00 ± 0	90.00 ± 0	100.00 ± 0	93.33 ± 3.33
10	100.00 ± 0a	76.67 ± 3.33b	100.00 ± 0	86.67 ± 6.67
11	100.00 ± 0	83.33 ± 3.33	100.00 ± 0	100.00 ± 0
12	100.00 ± 0	100.00 ± 0	100.00 ± 0	100.00 ± 0
13	93.33 ± 3.33	86.67 ± 3.33	100.00 ± 0	100.00 ± 0
14	90.00 ± 0	83.33 ± 3.33	100.00 ± 0	96.67 ± 3.33
15	66.67 ± 3.33b	80.00 ± 0a	93.33 ± 3.33	96.67 ± 3.33
16	53.33 ± 3.33b	70 ± 11.50a	83.33 ± 3.33b	100.00 ± 0a
17	46.67 ± 8.82	56.67 ± 3.33	60.00 ± 5.77b	86.67 ± 13.3a
18	20.00 ± 0	20.00 ± 5.77	60.00 ± 5.77	63.33 ± 6.67

出现波动，分别降至 93.33% ± 3.33%、93.33% ± 3.33%、86.67% ± 6.67%、96.67% ± 3.33%、96.67% ± 3.33%外，其余均为 100% ± 0%；至第 17、第 18 周依次降至 86.67% ± 13.3%和 63.33% ± 6.67%。其中第 16、第 17 周 1.6 mL/m² 剂量瓷砖和玻璃面板对德国小蠊的致死率具有显著差异（表 3）。

4 讨论

高效氟氯氰菊酯因含有氟原子，其杀虫活性较高，除对多种害虫具有很强的触杀和胃毒作用外，也可用来防治对其它杀虫剂产生抗药性的害虫。高效氟氯氰菊酯是目前较为常用的卫生杀虫剂，可用于防治室内蜚蠊、白蚁等害虫。德国小蠊作为最难防治的城市卫生害虫之一，早期曾大量使用拟除虫菊酯类杀虫剂进行滞留喷洒处理。但是由于德国小蠊多隐匿在黑暗缝隙中，只有与

喷药面板接触才被触杀或中毒，如果杀虫剂剂量达不到致死剂量，长期低剂量、高频率作用反而会增加德国小蠊对杀虫剂的抗药性（Lee and Lee，2004；冯向阳和费守华，2014）。高效氟氯氰菊酯微胶囊悬浮剂的持续时间的延长最为重要的意义在于减少施药次数，从而减少在室内环境中杀虫剂的投入量，降低环境污染与防治成本。

本次实验结果表明，WHO 推荐用于室内滞留喷洒防治卫生害虫的高效氟氯氰菊酯微胶囊悬浮剂对德国小蠊具有良好的击倒性和突出的持效性。药效持续时间均达到 90 d 以上，取得较好的防治效果，有效减少施药量和施药次数。同时实验发现，虽然相同剂量的玻璃面板的持续时间长于瓷砖面板，但是瓷砖面板施药后的药效稳定性好于玻璃面板，0.8 mL/m² 和 1.6 mL/m² 剂量玻璃面板在测试期间均出现波动，且 30 min 击倒率高于 72 h 死亡率，易产生抗药性。综合

考虑经济成本和药效持续时间, 建议使用 0.8 mL/m^2 剂量进行施药防治, 并且在使用高效氟氯氰菊酯微胶囊对室内物体表面进行滞留喷洒防治德国小蠊应在 14 周以后重新施药, 以达到防治最佳效果又避免德国小蠊产生抗药性。

研究发现微胶囊防治靶标昆虫发挥药效的机制比较复杂(严敖金等, 1999)。研究发现, 试验期间击倒率和死亡率出现波动可能是因为存在靶标接触由囊内缓慢释放的有效成分、微胶囊触破后瞬间高剂量释放以及微胶囊吸附于靶标足部附节而发挥作用(Wege *et al.*, 1999), 目前对该微胶囊产品较为全面的作用机制还有待于进一步研究探明。

与乳油和悬浮剂等传统剂型产品相比较, 微胶囊剂具有良好的缓释性、稳定性、持效期长等优点(苗建才和李清宇, 1996)。微胶囊制剂将杀虫剂有效成分通过微胶囊壁缓慢释放, 不但有利于药物的持效作用时间, 还大大降低了杀虫剂的毒副作用及其自身具有的刺激性、易燃性, 给运输、贮存与使用带来安全方便, 因而适合应用于室内及公共场所(胡柏炯和朱正昌, 1992)。

参考文献 (References)

- Feng XY, Fei SH, 2014. Current status and research progress in gel bait control of *Blattella germanica* in China. *Chinese Journal of Hygienic Insecticides and Equipments*, 25(3): 277–280. [冯向阳, 费守华, 2014. 应用胶饵防治德国小蠊的现状和研究进展. 中国媒介生物学及控制杂志, 25(3): 277–280.]
- Hu BG, Zhua ZC, 1992. The biological determination and capacity analysis of four forms of pyrethroid microcapsule. *Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences)*, 16(3): 43–50. [胡柏炯, 朱正昌, 1992. 4 种菊酯农药微胶囊剂的生物测定和释放量分析. 南京林业大学学报: 自然科学版, 16(3): 43–50.]
- Lee LC, Lee CY, 2004. Insecticide resistance profiles and possible underlying mechanisms in German cockroaches (*Blattella germanica* Linnaeus) (Dictyoptera: Blattellidae) from Peninsular Malaysia. *Med. Entomol. Zool.*, 55(2): 77–93.
- Li WH, Ji ZJ, Yang GX, 2016. Resistance of *Blattella germanica* to five kinds of insecticides in Handan city. *Chinese Journal of Hygienic Insecticides and Equipments*, 19(3): 218–222. [李伟昊, 靳增军, 杨国兴, 2013. 邯郸市德国小蠊对 5 种杀虫剂的抗药性研究. 中华卫生杀虫药械, 19(3): 218–222.]
- Liu H, Zhang AJ, Yang WF, Chu HL, Sun J, 2011. Resistance of *Blattella germanica* to common used insecticides in some areas in Jiangsu Province. *Chinese Journal of Hygienic Insecticides and Equipments*, 17(6): 443–445. [刘慧, 张爱军, 杨维芳, 褚宏亮, 孙俊, 2011. 江苏省部分地区德国小蠊对常用杀虫剂的抗药性调查. 中华卫生杀虫药械, 17(6): 443–445.]
- Miao JC, Li QY, 1990. Manufacturing and using of encapsulated omethoate to Osier weevil. *Journal of Northeast Forestry University*, 18(4): 35–40. [苗建才, 李清宇, 1990. 氧乐果微胶囊剂的制备及防治杨干象的研究. 东北林业大学学报, 18(4): 35–40.]
- Ren ZY, Wang XB, Ren WT, Huo TX, Bao HT, 2013. Study on resistance of mosquitoes, flies, and cockroaches to 7 chemical insecticides in Taizhou city, China. *Chinese Journal of Vector Biology and Control*, 24(2): 172–174. [任樟尧, 王小兵, 任炜韬, 霍天雄, 包海婷, 2013. 台州市蚊、蝇、蜚蠊对 7 种化学杀虫剂抗性调查. 中国媒介生物学及控制杂志, 24(2): 172–174.]
- Su QS, Luo LF, Lin L, Liu Qu, Yang JY, Wei JJ, Lin JL, Wang DQ, 2014. Resistance of *Blattella germanica* and *Musca domestica* to commonly-used insecticides in Shenzhen City. *Modern Preventive Medicine*, 41(4): 698–699. [苏庆盛, 罗林峰, 林琳, 刘渠, 杨洁莹, 魏建军, 林嘉玲, 王德全, 2014. 深圳市德国小蠊和家蝇对常用杀虫剂的抗性研究. 现代预防医学, 41(4): 698–699.]
- Tao LM, Wang XJ, Zhang JT, Xin Z, Ji LL, Huang QZ, Wu SX, 1992. GB / T 13917.1-2009 Laboratory efficacy test methods and criterions of public health insecticides for pesticide registration-Part 1: Spray fluid. Beijing, The state bureau of quality and technical supervision. [陶岭梅, 王晓军, 张金桐, 辛正, 嵇莉莉, 黄清臻, 吴士雄, 1992. GB / T 13917.1-2009 农药登记卫生用杀虫剂的室内药效试验及评价第 1 部分: 喷射剂. 北京: 国家质量技术监督局.]
- Wege PJ, Hoppe MA, Bywater AF, 1999. A microencapsulated formulation of lambda-cyhalothrin// Proceedings of the 3rd International Conference on Urban Pests. 301–310.
- Yan AJ, Zhang CF, Liu FG, 1999. Processing technology and application of contact breaking microcapsule. *Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences)*, 23(1): 65–68. [严敖金, 张灿峰, 柳富国, 1999. 触破式微胶囊加工工艺及初步应用. 南京林业大学学报, 23(1): 65–68.]
- Zhang Y, Zhang DY, Guo Y, 2013. Investigation of resistance of *Blattella germanica* to commonly used insecticides in Fengtai district of Beijing, China. *Chinese Journal of Hygienic Insecticides and Equipments*, 24(5): 439–441. [张彦, 张东彦, 郭郁, 2013. 北京市丰台区德国小蠊对常用杀虫剂的抗药性调查. 中国媒介生物学及控制杂志, 24(5): 439–441.]