

磷化氢熏蒸处理对嗜卷书虱不同虫态的致死作用

丁 伟*, 陶卉英, 张永强, 王进军, 赵志模

(西南农业大学 植物保护学院, 昆虫学及害虫控制工程重点实验室, 重庆 400716)

摘要: 实验室条件下系统研究了磷化氢(PH_3)对储物害虫嗜卷书虱 *L. iposcelis bostrychophila* 卵、各龄若虫和成虫的致死作用, 并选用 PH_3 间歇熏蒸以及 PH_3 与气调交替处理等措施对嗜卷书虱进行处理, 比较了不同处理措施对嗜卷书虱种群的控制效果。结果表明, PH_3 熏蒸处理对嗜卷书虱各虫态有不同的致死效果。对卵而言, 24、72 和 120 h 熏蒸处理的 LC_{50} 分别为 0.137、0.045 和 0.035 mg/L ; 而 24 h 熏蒸处理对若虫的 LC_{50} 在 4.285~7.364 $\mu\text{g/L}$ 之间, 对成虫的 LC_{50} 为 20.404 $\mu\text{g/L}$; 采用 25 $\mu\text{g/L}$ 的 PH_3 进行 24 h 熏蒸处理, 间隔 10 d 后再分别进行第 2 次和第 3 次熏蒸处理, 可以完全控制嗜卷书虱的发生。采用 PH_3 (12 $\mu\text{g/L}$) 和气调 (体积比例为 35% CO_2 , 1% O_2 , 64% N_2) 交替处理能够延缓嗜卷书虱种群抗性的发展, 交替处理 3~5 次可以完全控制嗜卷书虱的发生。

关 键 词: 嗜卷书虱; 磷化氢; 气调处理; 储物害虫

中图分类号: S379.5

文献标识码: A

文章编号: 1008-7303(2003)03-0024-07

磷化氢(PH_3)是一种广泛应用于储物害虫防治的熏蒸药剂, 特别是用于储藏期较长的粮食和其他农产品。 PH_3 使用方便、效果良好、渗透力强, 在粮仓中残留毒性低, 加之目前还没有更好的备选熏蒸药剂, 因而 PH_3 仍是储藏物害虫治理中不可或缺的一种重要药剂^[1,2]。但是, 长期单一使用 PH_3 容易诱发表害虫的抗性, 并导致用药量的不断增加。因此研究 PH_3 对主要储物害虫熏蒸致死作用的特点, 选择恰当的施药技术, 是目前储物害虫化学控制的重要课题之一^[3]。

书虱(booklouse)是广泛存在于储藏物中的一类微小昆虫, 大量发生时可造成严重危害, 而且已发展成我国大型粮仓中的优势害虫种群^[4,5]。实践证明 PH_3 可以用来控制书虱的危害, Pike 的研究证明嗜虫书虱 *L. iposcelis entomophila* 对 PH_3 比较敏感, 120 h 时对卵的 LD_{99} 为 1.66 mg/L ^[1]。但是在实际应用中, 磷化氢熏蒸处理后, 书虱的种群数量很快就会得以恢复, 这成为 PH_3 用于书虱治理的一个重要问题^[6]。关于 PH_3 熏蒸处理对嗜卷书虱的致死作用, 特别是对不同虫态的影响, 目前还没有相关的研究报道。本实验系统研究了 PH_3 对嗜卷书虱不同虫态的致死作用, 并选用不同的处理措施对嗜卷书虱的种群进行控制, 以便为进一步研究书虱对 PH_3 的忍耐性和抗性机理、寻找书虱抗性治理的有效措施提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

嗜卷书虱 *L. iposcelis bostrychophila* Badonnel, 1990 年采自西南农业大学应用昆虫与螨类生态研究室的模拟粮仓中, 并在实验室 27 ± 0.5、相对湿度(RH)75%~80%、不予光照的条件下, 以全麦粉、酵母粉、脱脂奶粉为原料配制的混合饲料饲养多代获得的品系。饲养方法参

作者简介: 丁伟(1966-), 男, 河南郑州人, 博士, 副教授, 从事昆虫毒理及害虫化学防治方面的研究
基金项目: 国家自然科学基金资助项目(39800017)。

照 Leong and Ho^[7]和丁伟等^[8]的方法。该品系在饲养过程中, 培养条件稳定, 没有接触任何化学农药, 因此将该品系视为敏感品系的供试虫源。

1.2 供试药剂

56% 的磷化铝 (AIP) 片剂 (山东济宁化工厂生产)。磷化铝片剂在水分的作用下产生 PH_3 气体, 将气体收集在密闭的集气瓶中, 用硝酸银处理过的硅胶管检测含量后, 用微量注射器移出所需的气体量供试。 PH_3 相对分子质量 34, 沸点 -87.5°C , 30°C 时蒸汽压为 $42.101 \times 10^6 \text{ Pa}$, 1 g/m^3 换算为 mL/m^3 的换算系数由下式求得: $\frac{(273+t)}{273} \times 660$, 式中 t 为温度 ($^\circ\text{C}$)。施药时, 采用微量注射器 (规格 $50 \mu\text{L}$ 或 $100 \mu\text{L}$), 分别吸取一定体积的 PH_3 , 注入测试瓶 (1000 mL 广口瓶) 中。

1.3 气调设备和条件选择

采用西南农业大学应用昆虫及螨类生态研究室设计组装的气体浓度控制仪。 O_2 、 N_2 、 CO_2 气体分别贮存于钢瓶中 (气体纯度分别为 $\text{O}_2 > 99.2\%$ 、 $\text{N}_2 > 99.9\%$ 、 $\text{CO}_2 > 99.0\%$)。参照吴仕源等^[9]的方法, 以 N_2 作为平衡气体, 按实验所需调节 N_2 、 CO_2 、 O_2 的流量, 充气 0.5 h 后, 使气体组分的体积分数为 $35\% \text{ CO}_2$ 、 $21\% \text{ O}_2$ 和 $44\% \text{ N}_2$ 。所用容器为 1000 mL 广口瓶。利用光照培养箱控制温度为 $27 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、RH 为 $75\% \sim 80\%$, 气调处理过程中不予光照。

1.4 试验方法

1.4.1 杀卵作用测定 在直径 2 cm 的塑料养虫盒中放入少量饲料, 挑入健康活泼的 4 龄若虫, 每盒 50 头, 于 $27 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、 $75\% \sim 80\% \text{ RH}$ 条件下培养。待若虫羽化后, 将成虫转移到放有黑色滤纸的养虫盒中, 产卵 48 h 后将成虫移走。将产有卵的养虫盒放入 1000 mL 的熏蒸瓶中处理, 于不同处理时间 (24 、 48 、 120 h) 分别打开熏蒸瓶, 取出养虫盒, 继续培养 15 d 后, 根据各处理卵的孵化情况比较杀卵效果。

1.4.2 对若虫及成虫的致死作用测定 用细毛笔轻轻挑取一定量羽化后 5 d 的嗜卷书虱成虫或整齐一致的各龄若虫于直径为 2 cm 、高 1 cm 的塑料培养盒内, 用 160 目纱网做成的盒盖盖严, 放在铁丝编制的小铁笼中, 置于 1000 mL 广口瓶的中间部位。每个处理 60 头试虫, 重复 3 次。然后分别通过瓶塞上的乳胶管注入不同体积的 PH_3 , 再用止水夹将乳胶管夹住, 密封后放置在 $27 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、RH $75\% \sim 80\%$ 的培养室内, 24 h 后移出培养盒, 在 $27 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、RH $75\% \sim 80\%$ 的培养室内饲养 10 d 后, 检查试虫死亡情况, 计算各处理的校正死亡率。采用唐启义等^[10]的 DPS 处理系统, 用机率值分析法计算 LC_{50} 。

1.4.3 PH_3 间歇熏蒸的处理方法 用与成虫致死作用测定相同的生测方法进行熏蒸处理。采用 2 龄若虫 LC_{99} 的 PH_3 浓度进行第 1 次熏蒸处理 (24 h), 24 h 后打开熏蒸瓶, 将试虫放置在 $27 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、RH $75\% \sim 80\%$ 的培养室内饲养, 10 d 后检查试虫的死亡情况, 记录存活的虫口数量, 然后重复进行第二和第三次熏蒸处理, 每次熏蒸处理 24 h 。第三次熏蒸后 15 d , 检查各处理存活的虫口数量。

1.4.4 气调 (CA) 和 PH_3 熏蒸交替处理的试验设计与处理方法 参照 Ding 等^[11]的实验设计, 将嗜卷书虱分成 4 个种群: 1) 气调种群 (CA-s) ($35\% \text{ CO}_2$, $1\% \text{ O}_2$, $64\% \text{ N}_2$): 刚开始处理 4 h , 以后每次增加 2 h ; 2) PH_3 种群 (PH_3 -s): 以 $12 \mu\text{g/L}$ PH_3 处理 24 h 而得到的种群; 3) 气调和 PH_3 混合处理的种群 (ALT-s): 以气调 ($35\% \text{ CO}_2$, $1\% \text{ O}_2$, $64\% \text{ N}_2$) 和 PH_3 交替处理; 4) 对照种群 (CK-s): 未经气调和药剂处理的种群。以上每个种群处理 5 次, 每 14 d 处理 1 次。每个

处理至少重复 10 次, 其中 3 次用以研究种群发展, 其余的用来做生测实验。每次重复的试虫虫口基数为 30 头, 每次处理后都将虫子置于 27 ± 0.5 、RH 80% 条件下饲养, 24 h 后检查活虫数。最后对处理次数和每次处理后的活虫数进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 PH₃ 熏蒸处理对嗜卷书虱卵的致死作用

用 PH₃ 对嗜卷书虱的卵进行熏蒸处理, 根据处理剂量和时间不同, 表现出不同的熏蒸杀伤作用。经过一段时间后, 大部分卵干瘪死亡, 但其余部分孵化出的若虫仍能正常存活。结果见表 1。

Table 1 Corrected mortality (%) of *L. bostrychophila* eggs in the presence of phosphine (in desiccators)^a

Exposure period/h	Concentration of PH ₃ /mg · L ⁻¹				
	0.02	0.03	0.06	0.12	0.25
24	12.2	26.3	30.6	47.8	62.3
72	21.5	49.2	62.1	71.2	82.5
120	29.3	44.5	73.2	86.4	91.6
192	100	100	100	100	100

^a An average control mortality of 13% was recorded

由表 1 可以看出, 卵的死亡率随着处理时间和浓度的增加而增加。在 0.25 mg/L 的浓度下熏蒸处理 24 h, 卵的校正死亡率仅为 62.3%, 120 h 也仅为 91.6%; 当处理时间达到 192 h (8 d) 时, 即使在 0.02 mg/L 的条件下, 也可以达到 100% 的致死效果。这可能是因为嗜卷书虱的卵一般在 8 d 左右即开始孵化, 长时间的熏蒸处理, 即使卵没有被杀死, 卵孵化出的若虫也会被杀死, 因此在很低的浓度下, 也可以达到 100% 的致死效果。对表 1 中 24、72、120 h 杀卵效果的数据进行机率值分析, 得表 2。

Table 2 Probit analysis of result: *L. bostrychophila* eggs exposed to phosphine (in desiccators)

Exposure period/h	LC ₅₀			LC ₉₉		
	Concentration of PH ₃ /mg · L ⁻¹	χ^2 ^b (d. f. = 3)	FD ^c	Concentration of PH ₃ /mg · L ⁻¹	χ^2 ^b (d. f. = 3)	FD ^c
24	0.137	2.605	0.156~0.118	10.798	2.605	17.699~3.876
72	0.045	8.858	0.050~0.040	2.270	8.858	3.249~1.290
120	0.035	3.744	0.038~0.032	0.587	3.744	0.733~0.442

^a Concentration exposure range 0.02~0.25 mg · L⁻¹; ^b all the χ^2 values indicate no significant heterogeneity; ^c FD = 95% fiducial limits for the stated phosphine concentrations

从表 2 可以看出, 在 120 h 熏蒸处理时, 达到 99% 的死亡率需要的浓度为 0.587 mg/L; 而 24 h 的熏蒸处理, 要达到 99% 的死亡率, 则需要的浓度为 10.798 mg/L。虽然前者的熏蒸处理时间比后者增加了 4 倍, 但处理所需的药剂浓度却减少了 17.40 倍。

2 2 磷化氢熏蒸处理对成虫和若虫的急性致死作用

采用 PH₃ 进行 24 h 熏蒸处理, 测定 PH₃ 对嗜卷书虱的致死作用, 结果(见表 3)表明: 嗜卷书虱不同虫态对 PH₃ 熏蒸处理的敏感性有很大的差异, 以 LC₅₀来评判, 各虫态敏感性由高到低排列依次为 1 龄> 2 龄> 4 龄> 3 龄> 成虫, 其中成虫最不敏感, 1 龄若虫最为敏感; 以 LC₉₉来评判, 各虫态敏感性由低到高排列依次为成虫> 2 龄> 3 龄> 4 龄> 1 龄, 1 龄和 4 龄若虫较为敏感, 这可能与 1 龄若虫较小, 4 龄若虫的呼吸加强、代谢旺盛有关。对嗜卷书虱若虫来说, 用 LC₅₀95% 的置信限来进行判断, 则 2 龄和 4 龄若虫基本重合, 而 1 龄若虫显著降低, 3 龄若虫显著增高。说明 1 龄、3 龄若虫同 2 龄和 4 龄若虫之间对 PH₃ 的敏感性存在着明显的差别。

Table 3 Lethal action of PH₃ to the adults and nymph of *L. bostrychophila*

Stages	Regression lines Y=	x ²	LC ₅₀		LC ₉₉	
			Concentration /μg · L ⁻¹	95% FD	Concentration /μg · L ⁻¹	95% FD
1st	2 440+ 4 052 x	4 489	4 285 ± 0 137	4 025~ 4 561	16 070 ± 1 849	12 826~ 20 135
2nd	1 968+ 3 826 x	9 194	6 202 ± 0 191	5 839~ 6 589	25 152 ± 3 421	19 267~ 32 836
3rd	0 831+ 4 807 x	9 827	7 364 ± 0 184	7 013~ 7 733	22 442 ± 2 373	18 241~ 27 611
4th	1 362+ 4 560 x	16 022	6 278 ± 0 166	5 960~ 6 613	20 323 ± 2 099	16 598~ 24 883
Adults -	9 827+ 11 321 x	1 213	20 404 ± 0 224	19 970~ 20 849	32 751 ± 0 955	30 931~ 34 678

2 3 磷化氢间歇熏蒸处理对嗜卷书虱的致死作用

采用 PH₃ 对嗜卷书虱 2 龄若虫 LC₉₉ 的浓度 (25 μg/L), 在实验室模拟实仓条件下对嗜卷书虱不同虫态的混合种群进行间歇熏蒸处理, 共处理 3 次, 结果见表 4。

Table 4 Lethal effect of PH₃ with interm ittence fum igation to *L. bostrychophila*

Stages	1st treatment		2nd treatment		3rd treatment	
	Number of sampling points	Mortality (%)	Number of sampling points	Mortality (%)	Number of sampling points	Mortality (%)
A dults	98	87. 75	14	92. 86	1	100
N ymphs	202	99. 01	241	94. 61	13	100

从表 4 中可以看出, 采用高于所有虫态 LC₅₀ 的 PH₃ 浓度 (25 μg/L), 但低于最不敏感虫态成虫 LC₉₉ 的 PH₃ 浓度 (32. 7 μg/L) 情况下, 经过一次熏蒸处理, 虽然总的虫口减退率为 95. 33%; 但经过 10 d 后, 虫口数量却达到 255 头, 仅比处理前减少 15%, 这主要是由于采用 25 μg/L 的浓度进行熏蒸处理对卵没有明显的杀伤作用, 第二次处理后, 可以杀死大部分新孵化的幼虫和部分残存成虫, 第三次处理后, 可以完全将书虱的种群灭掉。

2 4 气调和 PH₃ 交替处理对嗜卷书虱种群增长的影响

从表 5 可以看出, 对照与其他几个处理相比较仍达到了显著水平 (P < 0. 05)。经 CA 和 PH₃ 处理一次后, 死亡率分别为 16. 7% 和 58. 7%, 但是存活的试虫仍能大量繁殖, 经 11 周后, CA -s 和 PH₃ -s 数量分别增加了 4. 3 倍和 12. 4 倍。起初, PH₃ -s 的死亡率显著高于 CA -s (F = 51. 62; df = 3, 8; P < 0. 000 1), 经过 11 周后, PH₃ -s 的数量明显高于 CA -s (F = 633. 41; df = 3, 8; P < 0. 000 1)。而采用 PH₃ 和 CA 交替处理的 ALT -s 的死亡率相对 PH₃ 或 CA 单独处理显著增加, 处理 5 次后 (3 次 PH₃ 处理, 2 次 CA 处理), 种群死亡率达 100%。

Table 5 Mean $\pm$ SEM number of *L. bostrychophila* in the population after each exposure to CA and PH₃

Treatments*	Exposure times /at weeks					
	1(1)	2(3)	3(5)	4(7)	5(9)	6(11)
CA	25 0 $\pm$ 2 64 b	278 7 $\pm$ 15 94 b	121 7 $\pm$ 6 77 b	169 7 $\pm$ 5 61 c	141 3 $\pm$ 11 57 c	129 0 $\pm$ 5 51 c
PH ₃	12 4 $\pm$ 1 03 c	172 1 $\pm$ 3 56 c	87 3 $\pm$ 5 93 c	245 2 $\pm$ 11 25 b	418 4 $\pm$ 22 56 b	372 0 $\pm$ 12 06 b
Alternating	12 4 $\pm$ 1 03 c	49 7 $\pm$ 1 33 d	37 2 $\pm$ 1 62 d	45 3 $\pm$ 6 75 d	0 0 $\pm$ 0 000 d	0 0 $\pm$ 0 000 d
Control	30 0 $\pm$ 0 00 a	385 0 $\pm$ 25 11 a	422 7 $\pm$ 12 20 a	1 294 3 $\pm$ 51 45 a	1 379 0 $\pm$ 92 44 a	1 443 7 $\pm$ 55 51 a
F (df= 3, 8)	51 62	134 58	73 03	369 53	388 12	633 41
P	0 000 1	0 000 1	0 000 1	0 000 1	0 000 1	0 000 1

* Each population started with 30 newly emerged adults and was treated at 2 week intervals. CA = 35% CO₂, 1% O₂ and 64% N₂ for 4 h in week 1, and then for 2 h longer on each successive occasion. PH₃ was applied at the concentration of 12 μ g/L for 24 h each time. Alternating = PH₃ in weeks 1, 5 and 9, and to CA in weeks 3, 7 and 11. The control was not exposed to blended gas or PH₃. Each treatment was replicated three times.

3 讨论

1) 嗜卷书虱的卵、成虫及若虫对 PH₃ 的敏感性有很大差异。24 h 的熏蒸处理, 卵的 LC₅₀ 为 0.137 mg/L, 是一龄若虫的 31.98 倍, 是成虫的 6.71 倍(表 2、3)。采用 25 μ g/L 的 PH₃ 进行 24 h 熏蒸处理, 间隔 10 d 后再分别进行第 2 次和第 3 次熏蒸处理, 可以完全控制嗜卷书虱的发生。一般认为 0.25 mg/L 是粮仓中的合适使用浓度, 对大多数昆虫在 120 h 的控制浓度一般仅为 0.20 mg/L^[1]。本研究使用 0.25 mg/L 的浓度熏蒸处理 120 h, 对嗜卷书虱卵的致死率仅为 91.6% (表 1), LC₉₉ 为 0.587 mg/L (表 2), 而这一浓度可以将嗜卷书虱的成虫和若虫全部杀死(表 3)。此外, 嗜卷书虱卵的发育天数为 8 d 左右^[12], 卵对 PH₃ 又有较强的忍耐力, 实仓熏蒸时, 一般采用可使成虫致死的浓度。而且采用一定浓度的 PH₃ 熏蒸, 5 d 后 PH₃ 的实际浓度就会大大降低^[13, 14]。因此, 正常的熏蒸处理, 很难杀死嗜卷书虱的卵。Pike 的研究表明, 对嗜书虱的卵来说, 72 h 的 LC₉₉ 为 7.01 mg/L^[1], 这在一般熏蒸处理的条件下是很难达到的。这就可以解释为什么在粮仓中采用 PH₃ 熏蒸处理难以有效治理书虱的问题。

2) 采用间歇熏蒸和气调与熏蒸交替处理的方法可以解决书虱防治困难的问题。连续进行 3 次熏蒸可以达到 100% 的致死效果(表 3), 而气调与 PH₃ 熏蒸的交替处理, 在剂量较低的情况下, 也可以达到很好的效果, 这种情况与 Ding 等研究的气调和敌敌畏交替处理对嗜卷书虱抗性增长与种群发展的影响有相同之处^[11]。因此, 在书虱治理的过程中, 应采用综合治理的措施对其进行控制, 如采用间歇熏蒸处理, 以及气调与药剂(包括 PH₃ 和敌敌畏)交替处理的方法或者 CO₂ 和 PH₃ 的混合熏蒸, 同时还要配合调节仓内的生态环境等^[15]。只有这样, 才能有效地控制书虱的发生与危害。

3) PH₃ 熏蒸对昆虫的作用机理目前还没有明确的结论, 一般认为它同氢氰酸的生理效应比较相似, 也是抑制呼吸链中最后的一个酶, 即细胞色素 C-氧化酶。该酶一旦被抑制, 则引起

昆虫组织中三磷酸腺苷(ATP)的衰竭, 由此而终止了昆虫对氧的利用和能量的产生^[2]。所以, 从生理学来看, PH_3 是昆虫的呼吸抑制剂。Price 曾证明^[16], 氧的存在是 PH_3 对昆虫毒性作用所必需的, 因此, 可以认为, 氧是 PH_3 毒性作用的条件; 昆虫对氧的利用的终止, 是毒性作用的结果^[6]。所以, PH_3 对嗜卷书虱的作用与嗜卷书虱本身的生理活动状态密切相关, 不同虫态对 PH_3 敏感性的差异表明, 新陈代谢作用与熏蒸毒剂的致命性有密切的关系。此外, 气调措施可以改变昆虫的需氧条件, 主要影响昆虫的需氧代谢, 气调与 PH_3 的作用机理是有差异的^[17], 因此, 采用气调与 PH_3 交替处理的办法, 不仅可以延缓嗜卷书虱抗性的发展, 而且可以很好地控制该虫的种群数量。

参考文献:

- [1] Pike V. Laboratory assessment of the efficacy of phosphine and methyl bromide fumigation against all life stages of *L iposcelis entomophila* (Enderlin) [J]. *Crop Pro*, 1994, 13(2): 141-145
- [2] Rajendran S, Nayak K R, Anjum S S. The action of phosphine-resistance and-susceptible strains of *Rhyzopertha danica* F [J]. *Pest Manag Sci*, 2001, 57: 422-426
- [3] 梁权. 磷化氢熏蒸基础研究进展与应用 [J]. *植物检疫*, 1992, 6(4): 302-306
- [4] 丁伟, 李隆术, 赵志模. 书虱的综合治理研究进展 [J]. *粮食储藏*, 2001a, 30(4): 3-6
- [5] 程伟霞, 王进军, 王梓英, 等. 嗜卷书虱和嗜虫书虱酯酶性质的比较研究 [J]. *农药学学报*, 2002, 4(4): 61-66
- [6] 李雁声. 主要储粮害虫对磷化氢抗性对策的研究 [J]. *粮食储藏*, 1995, 24(6): 81-85
- [7] Leong E C W, Ho S H. Techniques in the culturing and handling of *L iposcelis entomophila* (Enderlein) [J]. *J Stored Prod Res*, 1990, 26(2): 60-70
- [8] 丁伟, 王进军, 赵志模. 书虱实验种群饲养技术研究 [J]. *西南农业大学学报*, 2001b, 23(4): 304-307
- [9] 吴仕源, 曾正, 邓永学, 等. 气体浓度控制仪的制作及使用 [J]. *西南农业大学学报*, 1992, 14(2): 47-51
- [10] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其计算机处理平台 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1997. 135-139
- [11] Ding W, Wang J J, Zhao Z M, et al. Effect of controlled atmosphere and DDVP on population growth and resistance development by psocid, *L iposcelis bostrychophilus* Badonnel (Psocoptera: Liposcelidae) [J]. *J Stored Prod Res*, 2002, 38(3): 229-237
- [12] 王进军, 赵志模, 李隆术. 嗜卷书虱的实验生态研究 [J]. *昆虫学报*, 1999, 42(3): 277-283
- [13] Bell C H. The tolerance of development stages of four stored product moths to phosphine [J]. *J Stored Prod Res*, 1976, 12: 77-86
- [14] Ho S H, Winks R G. The response of *L iposcelis bostrychophilus* Badonnel and *L. entomophila* (Enderlein) to phosphine [J]. *J Stored Prod Res*, 1995, 31(3): 191-197
- [15] Rees D P, Walker A G. The effect of temperature and relative humidity on population growth of three *L iposcelis* infesting stored products in tropical countries [J]. *Bulletin of Entom Res*, 1990, 80: 353-358
- [16] Price N R. A review of the mode of action of phosphine [A]. MAFF/ADAS Agricultural Science Service Research and Development Report Pesticide Science [M]. 1980. 22-27.
- [17] Turner B D, Maude-Roxby H, Pike V. Control of the domestic insect pest *L iposcelis bostrychophila* (Badonnel) (Psocoptera), an experimental evaluation of the efficiency of some insecticides [J]. *Int Pest Control*, 1991, 33: 153-157.

Lethal Effect of Phosphine on Different Stages of *Liposcelis bostrychophila* Badonnel (Psocoptera: Liposcelididae)

DING Wei^{*}, TAO Hui-ying, ZHANG Yong-qiang, WANG Jin-jun, ZHAO Zhimo

(College of Plant Protection, Southwest Agricultural University,

Key Laboratory of Entomology and Pest Control Engineering, Chongqing 400716, China)

Abstract: Lethal effects of phosphine (PH_3) on egg, nymph and adult of *L. bostrychophila* were conducted in laboratory and lethal concentration was systematically determined in this research. In addition, *L. bostrychophila* was treated with PH_3 intermittent fumigation and alternative treatment of controlled atmosphere (CA) and PH_3 . And then compare the control efficiency of different treatments on *L. bostrychophila* population. Results showed that PH_3 fumigation had different lethal effects on different stages of *L. bostrychophila*. After 24, 72 and 120 h exposure, LC_{50} of egg were 0.137, 0.045, and 0.035 mg/L , respectively; after 24 h treatment, LC_{50} of nymph varied in the range of 4.28~7.36 $\mu\text{g/L}$, and that of adults was 20.404 $\mu\text{g/L}$. Exposed to 25 $\mu\text{g/L}$ PH_3 for 24 h every 10 d, the population was completely controlled. And after alternative treatment with PH_3 (12 $\mu\text{g/L}$) and CA (35% CO_2 , 1% O_2 , 64% N_2), the resistance of population was delayed, and the occurrence of *L. bostrychophila* was completely controlled after the alternative treatment for 3~5 times.

Key words: *Liposcelis bostrychophila* Badonnel; PH_3 ; CA; stored product insect pest

欢迎订阅 2004 年《农药学学报》

《农药学学报》是由中国农业大学主办的、国内外公开发行的农药学综合性学术期刊, 主要面向农药研究工作者、植保工作者及大专院校师生。旨在及时、全面报道农药学各分支学科有创造性的最新研究成果与综合评述, 是了解我国农药研究动态的理想园地。

本刊现设三个栏目: 综合评述、研究论文及研究简报。所发表的论文涵盖了农药学所有分支领域, 包括合成、分析、加工、作用机理、毒理、环境评价以及应用等。

本刊已被美国《化学文摘》(CA)、俄罗斯《文摘杂志》(PЖ)、英国《国际农业与生物科学研究中心》(CABI) 及美国《剑桥科学文摘: 污染文摘》《剑桥科学文摘: 水产与渔业文摘》等国外检索机构收录; 同时为《中国科学引文数据库扩展库》来源期刊、《中国学术期刊综合评价数据库(CAJCED)》统计源期刊、《中国核心期刊(遴选)数据库》收录期刊、《中国学术期刊(光盘版)》全文收录期刊以及首届《CAJ-CD 规范》执行优秀奖获奖期刊。

《农药学学报》为季刊, 16 开, 96 页, 彩色四封, 国内外公开发行, 国内统一刊号: CN 11-3995/S, 国际刊号: ISSN 1008-7303, 邮发代号 2-949。每期定价 15 元, 全年 4 期共 60 元。订户可查阅当年的《报刊简明目录》(北京报刊发行局出版), 并通过当地邮局统一订阅。若错过邮局订阅, 可直接向本刊编辑部索取订单或从邮局汇款(1999~2003 年已出版期刊, 本编辑部还有少量库存, 欢迎订阅)。

汇款请寄: 北京海淀区圆明园西路 2 号中国农业大学理学院《农药学学报》编辑部(邮编 100094)

联系人: 唐 静 金淑惠 电话: 010-62893003 E-mail: nyxuebao@263.net

银行汇款

开户行: 海淀联社营业部东北旺农信社农大分社

户 名: 农药学学报编辑部 账号: 0407030103000000706

欢迎订阅 欢迎发布广告