

杀虫剂胁迫下嗜卷书虱和嗜虫书虱能源物质的代谢比较

程伟霞, 王进军*, 陈志永

(西南大学 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: 采用比色法测定嗜卷书虱 (*Liposcelis bostrychophila*) 和嗜虫书虱 (*L. entomophila*) 体内甘油三酯、多糖和可溶性蛋白的贮存量。结果表明, 嗜虫书虱体内 3 种物质的贮存量均显著高于嗜卷书虱。在毒死蜱和丁硫克百威的胁迫下, 嗜虫书虱体内 3 种物质的变化幅度均大于嗜卷书虱, 其中甘油三酯的含量先增高后降低, 整体呈现下口抛物线趋势; 多糖和可溶性蛋白的消耗率增加。这些说明在毒死蜱和丁硫克百威的作用下, 书虱更多地启动了多糖和可溶性蛋白的代谢, 降低了对甘油三酯的利用, 以应对杀虫剂的胁迫。

关键词: 书虱; 甘油三酯; 多糖; 可溶性蛋白; 毒死蜱; 丁硫克百威

中图分类号: Q969.31; S482.33; S482.34; Q966 文献标识码: A 文章编号: 0254–5853 (2005) 05–0545–06

Comparison of the Metabolisms of Three Energy Sources in *Liposcelis bostrychophila* and *L. entomophila* (Psocoptera: Liposcelididae) Under the Impact of Insecticides

CHENG Wei-xia, WANG Jin-jun*, CHEN Zhi-yong

(College of Plant Protection, Southwest University, Chongqing 400716, China)

Abstract: The accumulations of three main energy sources: triacylglycerol, polysaccharide and soluble protein were determined in two psocids, *Liposcelis bostrychophila* Badonnel and *L. entomophila* (Enderlein). The results indicated that the reserves of three energy sources in *L. entomophila* were significantly higher than that in *L. bostrychophila*. Exposure of the two psocids to chlorpyrifos and carbosulfan was associated with a significant change of the reserves, and the change range for *L. entomophila* was greater than for *L. bostrychophila*. The triacylglycerol responded to the two insecticides with a parabolic increase in the reserves, while polysaccharide and soluble protein responded with an enhancement of the utilization rates. These changes suggested that under the effect of chlorpyrifos and carbosulfan, polysaccharide and soluble protein are the main energy sources, while the utilization of triacylglycerol decreased.

Key words: Psocid; Triacylglycerol; Polysaccharide; Soluble protein; Chlorpyrifos; Carbosulfan

昆虫生命活动需要的能量大部分来自贮存在体内的能源物质中的化学能 (Zhang & Tang, 1989)。在正常情况下, 昆虫消耗的主要能源物质是糖类, 而脂肪和氨基酸仅在昆虫长期飞行或饥饿等特殊条件下, 才能被进一步消耗。脂肪酸是昆虫体内的主要储备能源, 是昆虫各种细胞和亚细胞膜结构的重

要组成部分。在大多数昆虫中, 绝大部分的脂肪酸是以甘油三酯的形式贮存在脂肪体内的, 利用时再转化成甘油二酯; 另外一部分是以磷脂和固醇酸的形式存在于生物膜中 (Stanley-Samuelson et al, 1988; Buckner & Hagen, 2003)。脂肪酸还是昆虫体内至关重要的营养物质 (Cohen, 1995)。蛋白质

* 收稿日期: 2005–01–11; 接受日期: 2005–06–12

基金项目: 国家自然科学基金 (30471173); 教育部新世纪优秀人才支持计划 (NCET–04–0854); 重庆市科技攻关计划资助项目

第一作者简介: 程伟霞 (1979–), 女, 博士研究生, 主要从事昆虫毒理学研究。

* 通讯作者简介: 王进军 (1970–), 男, 教授, 主要从事昆虫分子生态及毒理研究。Tel: 023–68251795–805, E-mail: jjwang7008@yahoo.com

是构成昆虫身体最基本的组成成分。在昆虫的生长发育过程中,经过蛋白酶作用分解成各种氨基酸。在昆虫能量代谢中,氨基酸经过转氨作用后生成各种丙酮酸,为三羧酸循环提供代谢中间体,启动丙酮酸的彻底氧化。在外界不良环境因子(包括杀虫剂)的胁迫下,上述3种物质的积累或利用可能会发生变化,从而影响到昆虫对不良因子的忍耐能力(Wang & Zhao, 2003)。

嗜卷书虱(*Liposcelis bostrychophila* Badonnel)和嗜虫书虱[*L. entomophila* (Enderlein)]属于啮虫目(Psocoptera)书虱科(Liposcelididae)书虱属(*Liposcelis*)昆虫,是两种多发生在热带和亚热带地区的储粮害虫。在我国,这两种书虱已发展成为“双低(低氧、低药剂)”和“三低(低氧、低药剂、低温)”储粮中的害虫优势种群(Wang et al, 1999; Ding et al, 2001; Wang & Zhao, 2003)。Nayak et al (2003)采用多种杀虫剂(包括甲基毒死蜱在内的有机磷类、拟除虫菊酯类和氨基甲酸酯类)作为保护剂对书虱进行防治实验,结果表明,嗜卷书虱和嗜虫书虱对药剂的反应存在很大差异:嗜卷书虱比嗜虫书虱更容易防治(Nayak & Collins, 1998; Collins et al, 2000; Nayak et al, 2002);但迄今为止,关于书虱敏感性差异机理方面的研究还很少。对于书虱的能量代谢,仅有Wang & Zhao (2003)报道了嗜卷书虱CO₂抗性品系体内甘油三酯和多糖的贮藏量的变化,对于嗜虫书虱还未见任何报道。据此,本文比较研究了嗜卷书虱和嗜虫书虱体内的甘油三酯、多糖和可溶性蛋白的特性,有机磷类杀虫剂——毒死蜱、氨基甲酸酯类——丁硫克百威对这3种能量代谢物质的活体胁迫作用,旨在为理论上探讨书虱的抗性机理和制定书虱的综合防治策略提供可靠的理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

1990年,从西南农业大学应用昆虫与螨类生态研究室模拟粮仓中,采集到嗜卷书虱和嗜虫书虱。在实验室(27±0.5)℃、RH 75%~80%、不予光照、不接受任何药剂的条件下,以全麦粉、酵母粉和脱脂奶粉(10:1:1)混合而成的饲料,饲养该两种书虱100代以上的纯敏感品系。饲养方法参照Leong & Ho (1990)的方法。以羽化后2~5 d的雌成虫作为试虫。

1.2 供试药品和主要仪器

过碘酸钠(sodium periodate)、乙酰丙酮(acetylacetone)、三氯乙酸(trichloroacetic acid)、中国医药(集团)上海化学试剂公司;甘油酸三油酯(glycerol trioleate),上海试剂二厂;葡萄糖(glucose),重庆北碚化学试剂厂;蒽酮(anthrone),上海试剂一厂;冰醋酸(acetic acid),上海化学试剂有限公司。以上试剂均为分析纯。

UV-8500型紫外可见分光光度计,上海天美科学仪器有限公司;FA1004A型电子天平,上海精天科学仪器有限公司;Mikro22R型高速冰冻离心机,Whatman Biometra(德国);pHS-4C型酸度计,成都方舟科技开发公司。

1.3 甘油三酯的测定

取嗜卷书虱和嗜虫书虱雌成虫各100头,参照Bligh & Dyer (1959)的方法,提取虫体内总的脂类物质。然后参考Bucolo & David (1973)的方法,将抽提的脂类物质再经过皂化、氧化和显色等步骤,将最终生成物在420 nm处比色,测定OD值。以三油酸甘油酯标准液作标准对照,按下式计算甘油三酯的含量:甘油三酯浓度(mmol/L) = 待测管OD值/标准对照管OD值。最终将测定结果转换成μg/头。

测定毒死蜱和丁硫克百威的活体胁迫作用时,先将试虫采用药膜法进行亚致死处理。毒死蜱和丁硫克百威的终浓度分别为 1.37×10^{-12} mol/L和 1.89×10^{-12} mol/L。将药剂注入6 mm×40 mm指形管内,平躺小管,使药剂成一直线后慢慢转动小管,直至药液全部均匀地涂在内壁上,然后置于通风处,让其自然风干5 h后,将嗜虫书虱和嗜卷书虱放入指形管中,待胁迫0.5、1、3、6、18 h后取出试虫,转入干净小盒,使其恢复5 h后,测定其体内甘油三酯的含量变化。

1.4 多糖的测定

参考Keppler & Decker (1974)蒽酮比色法。用葡萄糖制作标准曲线,取8支试管,分别加入0.1 mg/mL的葡萄糖溶液0、0.05、0.1、0.2、0.3、0.4、0.6、0.8 mL,加ddH₂O补充体积到1.0 mL,然后每管中加0.2%蒽酮试剂5 mL,混合均匀,沸水浴10 min,室温平衡后于620 nm处测其OD值。重复3次,以反应混合物中葡萄糖标准液的毫克数作自变量(X),以测得的OD值作因变量(Y),制作标准曲线。测定时,挑取50头嗜

卷书虱和嗜虫书虱雌成虫，加入 6N 过氯酸 3 mL，充分匀浆，匀浆液于 15 000 r/min、25 °C 条件下离心 10 min，上清液待用。糖在浓硫酸作用下，脱水生成糖醛或羟甲基糖醛，生成物与葱酮反应，生成糖醛衍生物，于 620 nm 处测其 OD 值。根据制作的标准曲线，将测定结果转换成 $\mu\text{g}/\text{头}$ 。

测定毒死蜱和丁硫克百威的胁迫作用时，预处理方法同甘油三酯的测定。

1.5 可溶性蛋白的测定

采用 Bradford (1976) 的考马斯亮蓝 G-250 法。用牛血清白蛋白制作标准曲线。取雌成虫 50 头，加 pH 7.0、0.04 mol/L 的磷酸缓冲液 3 mL 于冰水浴中匀浆，匀浆液于 10 000 g、4 °C 离心 15 min，取上清液待测。1% 考马斯亮蓝 G-250 与待测蛋白反应，生成蓝色物质，在 595 nm 处测其 OD 值。根据制作的标准曲线，将测定结果转换成 $\mu\text{g}/\text{头}$ 。

测定毒死蜱和丁硫克百威的胁迫作用时，预处理方法同甘油三酯的测定。

1.6 数据统计分析

采用 SPSS 软件对实验结果进行统计分析。其中通过独立样本 t 测验，比较嗜卷书虱和嗜虫书虱体内 3 种能源物质的贮存量差异；通过 One-way ANOVA 和 Duncan 多重比较，检验毒死蜱和丁硫克百威分别对两种书虱的 3 种能源物质的活体胁迫作用。文中描述性统计值用平均值 \pm 标准误表示，显著水平设置为 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 嗜卷书虱和嗜虫书虱体内能量代谢物质含量的比较

通过分光光度计比色法比较了嗜卷书虱和嗜虫书虱体内可溶性蛋白、甘油三酯和多糖的贮存量(表 1)。独立样本 t 测验结果表明：嗜虫书虱体内的可溶性蛋白 ($t = -7.051$, $df = 4$, $P = 0.002$) 和多糖 ($t = -0.077$, $df = 4$, $P = 0.001$) 的含量都极显著地高于嗜卷书虱；甘油三酯 ($t = -0.078$, $df = 4$, $P = 0.037$) 的含量两者差异显著。这说明嗜虫书虱体内储存有较多的能源物质。

表 1 嗜卷书虱和嗜虫书虱成虫体内 3 种能量代谢物质的含量

Tab. 1 Comparison of three energy reserves concentrations in adults of *Liposcelis bostrychophila* and *L. entomophila* ($\mu\text{g}/\text{ind.}$)

试虫 Insect	甘油三酯 Triacylglycerol	多糖 Polysaccharide	可溶性蛋白 Soluble protein
嗜卷书虱 <i>L. bostrychophila</i>	3.6006 \pm 0.1235 ^a	2.4778 \pm 0.1036 ^A	7.1742 \pm 0.7197 ^A
嗜虫书虱 <i>L. entomophila</i>	5.4501 \pm 0.5880 ^b	4.4041 \pm 0.1853 ^B	14.2279 \pm 0.6949 ^B

同一列不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$, t 检验)。

Within the same column, the means followed by different letters are significantly different ($P < 0.05$, t test).

2.2 毒死蜱对嗜卷书虱和嗜虫书虱体内甘油三酯、可溶性蛋白和多糖的活体胁迫作用

在亚致死状态下， 1.37×10^{-12} mol/L 的毒死蜱对嗜卷书虱和嗜虫书虱体内甘油三酯、可溶性蛋白和多糖的活体胁迫结果见图 1。

对于嗜虫书虱，毒死蜱能刺激其体内甘油三酯的累积，甘油三酯的含量呈下口抛物线趋势变化：其含量由 $4.43 \mu\text{g}/\text{头}$ 增加到 $10 \mu\text{g}/\text{头}$ ，增加量高于 120% (One-way ANOVA: $F_{6,14} = 33.706$, $P < 0.01$)。多糖的含量随胁迫时间的延长呈直线下降趋势，胁迫 12 h 以后，其含量只剩下不到对照的 50%；胁迫 3 h 时，曾出现短暂的多糖含量增加的现象 ($F_{6,14} = 49.000$, $P < 0.01$)。毒死蜱能够促进其可溶性蛋白的消耗，但变化规律不明显 ($F_{6,14} = 7.787$, $P = 0.002$)。

对于嗜卷书虱，毒死蜱的短时胁迫使其甘油三酯含量下降，而作用时间超过 3 h 后，其含量又开始回升，且超过了对照 ($F_{6,14} = 46.456$, $P < 0.01$)。多糖的变化类似于嗜虫书虱体内多糖的变化趋势，但受胁迫的程度相对较小，12 h 后，其贮存量还有对照的 60% ($F_{6,14} = 7.341$, $P = 0.001$)。随着胁迫时间的延长，可溶性蛋白的消耗率有所增加，药剂作用 6 h 后，消耗率比对照增加了 33%；而作用 18 h 后，其蛋白含量反而高出对照 60% ($F_{6,14} = 2.295$, $P = 0.111$)。

总之，对于嗜虫书虱，毒死蜱可刺激其甘油三酯的累积而促进多糖和可溶性蛋白的消耗。对于嗜卷书虱，毒死蜱的作用更复杂些：短时胁迫下，可同时促进甘油三酯、多糖和可溶性蛋白的消耗；而随着胁迫时间的延长，甘油三酯的消耗降低，对多

糖和蛋白的消耗增加。两种书虱受胁迫的程度不同。

2.3 丁硫克百威对嗜卷书虱和嗜虫书虱体内甘油三酯、多糖和可溶性蛋白的作用

在亚致死状态下, 1.89×10^{-12} mol/L 的丁硫克百威对嗜卷书虱和嗜虫书虱体内甘油三酯、可溶性蛋白和多糖的活体胁迫结果见图 2a 和 2b。

对于嗜虫书虱, 丁硫克百威同样可刺激其甘油三酯的累积, 变化趋势类似于毒死蜱的作用, 但变化幅度更大: 在胁迫只有 1 h 时, 可诱导高达 160% 的增加量, 之后又有很大幅度的下降 (One-way ANOVA: $F_{6,14} = 20.604$, $P < 0.01$)。多糖随胁迫时间呈现下口抛物线趋势变化: 在受胁迫 1~6 h 内含量高于对照, 最高峰出现在胁迫 1 h, 含量增加 35%, 1 h 后下降, 6 h 后开始低于对照, 到 18 h 时下降了近 35% ($F_{6,14} = 3.179$, $P = 0.035$)。可溶性蛋白的消耗率都略高于对照, 但差异未达显著水平 ($F_{6,14} = 1.869$, $P = 0.157$)。

对于嗜卷书虱, 丁硫克百威可刺激其甘油三酯

的累积, 随着胁迫时间延长, 增幅逐渐增大, 最高可达 70% 左右 ($F_{6,14} = 36.948$, $P < 0.01$); 多糖总体呈下降趋势, 但变化的幅度较小, 大部分情况下含量相对稳定 ($F_{6,14} = 4.844$, $P = 0.007$); 可溶性蛋白的消耗率随时间的延长逐渐增加 ($F_{6,14} = 5.142$, $P = 0.006$)。

总之, 嗜虫书虱在丁硫克百威的胁迫下, 甘油三酯的累积增加; 可溶性蛋白的消耗率有所增加; 短时间 (6 h 以内) 的胁迫能够刺激其多糖含量增加, 当胁迫时间超过 6 h 后, 又促进了其消耗。嗜卷书虱在丁硫克百威的胁迫下, 甘油三酯的累积增加, 而多糖和可溶性蛋白的消耗率均增加。比较两种书虱的变化情况可知, 嗜虫书虱体内各物质的变化幅度大于嗜卷书虱。

3 讨论

关于储粮害虫体内能量代谢物质的研究报道不多。Wang & Zhao (2003) 研究发现嗜卷书虱 CO_2 抗性品系体内甘油三酯和多糖的贮藏量显著高于对

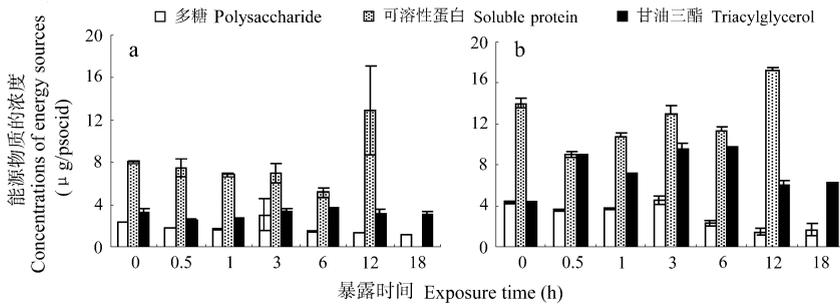


图 1 毒死蜱胁迫作用下嗜卷书虱 (a) 和嗜虫书虱 (b) 3 种能源物质的含量

Fig. 1 Concentrations of three energy sources during chlorpyrifos exposure for *Liposcelis bostrychophila* (a) and *L. entomophila* (b)

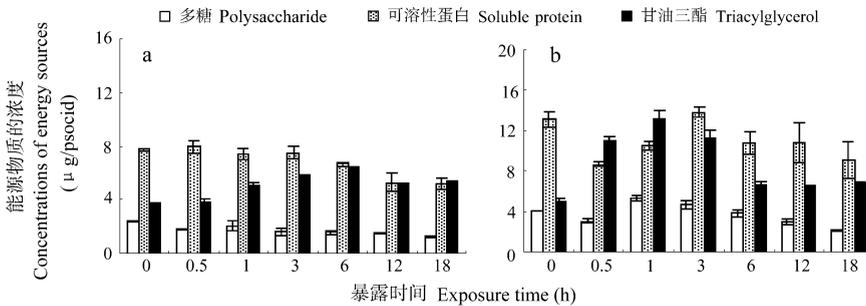


图 2 丁硫克百威胁迫作用下嗜卷书虱 (a) 和嗜虫书虱 (b) 3 种能源物质的含量

Fig. 2 Concentrations of three energy sources during carbosulfan exposure for *Liposcelis bostrychophila* (a) and *L. entomophila* (b)

照，且与抗性水平呈现正相关。在低氧、高二氧化碳气调作用下，随着处理时间的延长，其体内甘油三酯和多糖的消耗率显著增加，而且甘油三酯增加的幅度大于多糖。据此认为甘油三酯是嗜卷书虱的主要能源物质，其含量的升高是书虱对 CO₂ 气调产生抗性的重要生理机制之一，多糖只起辅助作用。本项研究中，嗜卷书虱体内甘油三酯在毒死蜱和丁硫克百威的作用下，贮存量都呈增加趋势；多糖和可溶性蛋白的消耗率受胁迫后都下降。这可能是由 CO₂ 气调和毒死蜱、丁硫克百威的作用机理不同造成的。在这两种药剂的胁迫下，嗜卷书虱和嗜虫书虱可能改变了正常的能量代谢过程，优先代谢多糖和可溶性蛋白，而避免对甘油三酯的消耗，以抵抗不良环境的作用，从而造成了甘油三酯的贮存量增加。这说明多糖和可溶性蛋白是书虱应对药剂胁迫时的主要能源物质。

在毒死蜱和丁硫克百威的胁迫作用下，嗜虫书虱体内的上述 3 种能源物质的变化率都大于嗜卷书虱。这可能与两种书虱的形态特征有一定的关系。

参考文献：

- Blight EG, Dyer WJ. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification [J]. *Canada Journal of Biochemistry and Physiology*, **37** : 911 - 917.
- Bradford MM. 1976. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding [J]. *Analytical Biochemistry*, **72** : 248 - 254.
- Buchner JS, Hagen MM. 2003. Triacylglycerol and phospholipid fatty acids of the silverleaf whitefly : Composition and biosynthesis [J]. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, **53** : 66 - 79.
- Bucolo G, David H. 1973. Quantitative determination of serum triglycerides by the use of enzymes [J]. *Clinical Chemistry*, **19** : 476 - 482.
- Cheng WX, Wang JJ, Ding W, Zhao ZM. 2004. Inhibition kinetics on carboxylesterase and acetylcholinesterase of *Liposcelis bostrychophila* and *Liposcelis entomophila* (Psocoptera : Liposcelididae) of two insecticides [J]. *Journal of Applied Entomology*, **128** : 292 - 297.
- Cheng WX, Wang JJ, Wang ZY, Zhao ZM, Ding W. 2002. Comparison of the activity of carboxylesterase and acetylcholinesterase in *Liposcelis bostrychophila* and *L. entomophila* [J]. *Chinese Journal of Pesticide Science*, **4** (4) : 47 - 51. [程伟霞, 王进军, 王梓英, 赵志模, 丁伟. 2002. 嗜卷书虱和嗜虫书虱酯酶性质的比较研究. 农药学报, **4** (4) : 47 - 51.]
- Cheng WX, Wang JJ, Zhao ZM, Ding W, Wang ZY. 2004. Inhibition of carboxylesterase and acetylcholinesterase in *Liposcelis bostrychophila* and *L. entomophila* (Psocoptera : Liposcelididae) by four inhibitors [J]. *Zool Res*, **25** (4) : 321 - 326. [程伟霞, 王进军, 赵志模, 丁伟, 王梓英. 2004. 四种杀虫剂对两种书虱羧酸酯酶和乙酰胆碱酯酶的抑制作用. 动物学研究, **25** (4) : 321 - 326.]
- Cohen AC. 1995. Extra-oral digestion in predaceous terrestrial arthropoda [J]. *Annual Review of Entomology*, **40** : 85 - 103.
- Collins PJ, Nayak MK, Kopitke RA. 2000. Residual efficacy of four organophosphate insecticides on concrete and galvanized steel surfaces against three liposcelid psocid species (Psocoptera : Liposcelidae) infesting stored products [J]. *Journal of Economic Entomology*, **93** (4) : 1357 - 1363.
- Ding W, Li LS, Zhao ZM. 2001. Research advance on IPM of booklice [J]. *Grain Storage*, **30** (4) : 3 - 6. [丁伟, 李隆术, 赵志模. 2001. 书虱的综合治理研究进展. 粮食储藏, **30** (4) : 3 - 6.]
- Keppler D, Decker K. 1974. Glycogen determination with amyloglucosidase [A]. In : Bergmeyer HU. Method of Enzymatic Analysis [M]. New York : Academic Press, 1127 - 1131.
- Leong ECW, Ho SH. 1990. Techniques in the culturing and handling of *Liposcelis entomophila* (Enderlein) [J]. *Journal of Stored Products Research*, **26** (2) : 60 - 70.
- Nayak MK, Collins PJ. 1998. Residual effectiveness of eight insecticidal materials on concrete and galvanised steel surfaces against three *Liposcelis* species of psocids (Psocoptera : Liposcelidae) [A]. In : Banks HJ, Wright EJ, Dancovski KA. Stored Grain in Australia [M], 169 - 172.
- Nayak MK, Collins PJ, Kopitke RA. 2002. Comparative residual toxicities of carbaryl, deltamethrin and permethrin as structural treatment against three liposcelid psocid species (Psocoptera : Liposcelidae) infesting stored commodities [J]. *Journal of Stored Products Research*, **38** : 247 - 258.
- Nayak MK, Collins PJ, Kopitke RA. 2003. Residual toxicities and persistence of organophosphorus insecticides mixed with carbaryl as structural treatments against three liposcelid psocid species (Psocoptera : Liposcelidae) infesting stored grain [J]. *Journal of Stored Products Research*, **39** : 343 - 353.
- Stanley-Samuels DW, Jurenka RA, Cripps C, Blomquist GJ,

嗜卷书虱体壁比嗜虫书虱的厚，个体更小；腹部属紧凑型，节间膜不明显；而嗜虫书虱腹部各节之间节间膜明显。节间膜是药剂进入昆虫体内的重要通道。因此，同样暴露在药剂作用环境下，嗜卷书虱能够更好地防御药剂通过体壁渗透进入其体内，致使同浓度的药剂在同样的时间内对嗜卷书虱的作用小于嗜虫书虱。这与 Cheng et al (2002) 报道的这两种农药对这两种书虱的毒力作用结果一致。

昆虫体表只是药剂突破的第一道防线，进入昆虫体内的药剂还要经过复杂的渗透与代谢作用。离体酶分析表明，对于毒死蜱的抑制，嗜虫书虱体内乙酰胆碱酯酶比嗜卷书虱所受的影响更小些，而对于丁硫克百威的作用，与本研究结果趋势相同 (Cheng et al, 2004)。这说明不同昆虫对于同一种药剂的作用可能会存在不同的应对机制；而同一种昆虫对于不同类型的药剂，同样会有不同的应对机制。在书虱体内，各种类型药剂的具体代谢途径、作用靶标等还需进一步研究。

- deRenobales M. 1988. Fatty acids in insects: Composition, metabolism and biological significance [J]. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, **9**: 1 - 33.
- Wang JJ, Zhao ZM, Li LS. 1999. An ecological study on the laboratory population of psocid, *Liposcelis bostrychophila* Badonnel (Psocoptera: Liposcelididae) [J]. *Acta Entomologica Sinica*, **42** (3): 277 - 283. [王进军, 赵志模, 李隆术. 1999. 嗜卷书虱的实验生态研究. 昆虫学报, **42** (3): 277 - 283.]
- Wang JJ, Zhao ZM. 2003. Accumulation and utilization of triacylglycerol and polysaccharides in *Liposcelis bostrychophila* (Psocoptera, Liposcelididae) selected for resistance to carbon dioxide [J]. *Journal of Applied Entomology*, **127**: 107 - 111.
- Wang YC. 1994. *Insect Physiology and Biochemistry* [M]. Beijing: China Agriculture Press, 170. [王荫长. 1994. 昆虫生理生化. 北京: 中国农业出版社, 170.]
- Zhang KB, Tan LQ. 1989. *Insect Physiology* [M]. Xi'an: Shaanxi Science Press, 55 - 62. [张克斌, 谭六谦. 1989. 昆虫生理学. 西安: 陕西科学出版社, 55 - 62.]

《动物学研究》2006 年征订启事

《动物学研究》创刊于 1980 年。是中国科学院昆明动物研究所主办的向国内外公开发行的动物学类学报级双月刊，侧重报道进化、生态（含行为和保护）以及资源动物学研究成果。

本刊在《中文核心期刊要目总览》中一直被列为动物学类核心期刊。在中国科学技术信息研究所《2004 年版中国科技期刊引证报告》中，本刊影响因子为 0.576，在所列 55 种生物类科技期刊中排名第 16 位，在全国 1576 种科技期刊中排名第 218 位。在中国学术期刊（光盘版）电子杂志社文献检索分析中心的《中国学术期刊综合引证年度报告（2004）》（统计刊源为 5584 种）中，本刊影响因子为 0.6198，他引率为 0.9391。

本刊除了在国内 30 个省市自治区发行外，还在美国、英国、加拿大、澳大利亚等 11 个国家发行，同时与美、日、德、意和新西兰等 23 个国家和地区 75 个单位进行交换。

本刊读者对象为科研机构、大专院校等从事动物学、医学、农林牧渔研究、教学和生产，以及资源环境保护与管理的有关人员。

本刊为双月刊，双月 22 日出版。大 16 开本，每期 96 页。单价 15.00 元，全年 90.00 元。国内邮发代号：64 - 20，全国各地邮局（所）均可订阅，如错过订期也可汇款到本刊编辑部订阅。

编辑部地址：650223 昆明市教场东路 32 号 中国科学院昆明动物研究所

电话：(0871) 5199026 传真：(871) 5191823

E-mail: zoores@mail.kiz.ac.cn

http://www.kiz.ac.cn

http://www.wanfangdata.com.cn

http://www.chinajournal.net./dwxy.html