

0125644

昆虫生理生化及毒理

尤子平編著



江苏人民出版社

01250



A0172837

昆虫生理生化及毒理

尤子平編著



江苏人民出版社

13/07

昆虫生理生化及毒理

尤子平編著

*

江苏省书刊出版业营业登记证出C01-1号

江苏人民出版社出版

南京湖南路十三号

江苏省新华书店发行 江苏新华印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/18 印张 27 7/9 插 1 字数 547,000

一九六三年十一月第一版

一九六三年十一月南京第一次印刷

印数 1—1,500

前 言

本书是根据作者多年来收集的資料，并采用 Roeder, K. D. 1953 年主編的“*Insect Physiology*”及 Metcalf, R. L. 1955 年編著的“*Organic Insecticides*”作为基础，再参考国内、外最近的研究报道和綜述动手編写的。

本书内容包括緒言及昆虫生理系統和药剂的作用与毒理等七章。每章分別討論各个生理系統的生理机能和生物化学，然后再介紹主要药剂的作用、影响、代謝及杀虫机制，并略述研究方法和試驗結果。由于近代广泛使用的杀虫剂和杀蠟剂，大都属于脂溶性的触杀剂有些并兼具內吸輸导作用，对昆虫体壁、神經、酶、維生素及激素所起的扰乱作用又是引起中毒症状和死亡的主要原因，因此特別着重介紹：昆虫体壁的生物化学与药剂的渗透理論和毒理；消化、排泄生理与毒理；昆虫血液和脂肪体的化学組成与药剂的轉化和解毒代謝；呼吸生理和肌肉的生物化学以及药剂的影响和代謝；神經生理和电活动及冲动傳导理論和药剂的影响；酶、維生素、和激素的作用及药剂的影响；药剂化学构造式与毒性的关系；药剂和不育剂对昆虫生殖的影响等。本书目的在于綜合介紹有关昆虫生物化学和毒理学的最近进展，和过去 20 余年的主要研究成果，以作为学习和研究普通昆虫学、植物化学保护和昆虫毒理学的参考。

編写过程中，曾得到中共南京农学院植物保护系党总支及昆虫教研組同志們的鼓励和协助，又承本系黄其林教授、張孝義先生、及北京农业大学管致和先生审閱，提供了很多宝贵意見，修正补充。此外，鍾觉民先生协助一部分繪图工作。謹此志謝。

最后，由于本人水平的限制，錯誤及不适当处在所难免，热誠地希望讀者批評指正。

尤 子 平

1962年9月17日

目 录

緒言	1
第一章 昆虫的体壁生理与杀虫剂的毒理	5
一、昆虫体壁的生理和生化	5
1. 昆虫表皮层的厚度及层次的形成	5
2. 昆虫表皮的生物化学	16
3. 皮細胞层、皮細胞腺及澁色細胞	32
4. 昆虫的脱皮	34
二、液体在昆虫体壁上的湿润与展布	36
1. 液体在固体表面湿润展布的理论	37
2. 液体在昆虫体壁上的湿润与展布	40
3. 液体在昆虫气管内的湿润展布及渗透	43
三、昆虫体壁的渗透性与药剂发挥毒效的关系	46
1. 薄膜的渗透性与渗透性	46
2. 各种物质的渗透体壁	46
3. 杀虫剂渗透体壁的理论	51
4. 昆虫体壁易为药剂渗透的部位	64
5. 各类杀虫剂渗透昆虫体壁的情况	67
6. 体壁对杀虫剂发挥毒效的影响	88
第二章 昆虫的消化生理与毒理	97
一、昆虫消化道的組織化学	97
二、昆虫的消化机理	100
1. 取食的次数和频数	100
2. 食物在消化道内的移动和粪便的排除	101
3. 圍食膜的化学組成及功能	103
4. 消化酶类	106
5. 滤室的功能以及形成蜜露的机制	119
6. 消化道的吸收作用和中間代謝	121
7. 消化道的排泄作用	129

三、杀虫剂的渗透消化道与毒理	131
1. 胃毒杀虫剂进入消化道可能遇到的一些障碍	131
2. 影响胃毒杀虫剂毒效的因素	133
3. 胃毒杀虫剂对消化酶及腸組織內其他酶类的作用	144
4. 胃毒杀虫剂产生的症状及对組織的破坏作用	147
第三章 昆虫的排泄生理与毒理	156
一、馬氏管的排泄机理	156
1. 馬氏管的类型	156
2. 馬氏管的排泄机制	158
二、昆虫尿的成分	159
1. 吸血蜂蟻及其他昆虫的尿	159
2. 蚜虫及介壳虫的排泄物——蜜露	161
三、馬氏管与氮素代謝	162
1. 酶类	163
2. 氨基酸类的轉化	164
四、磷化物在昆虫体内的分布和排泄情况	165
五、馬氏管內的維生素及其作用	166
1. 硫胺素(Thiamin, 維生素 B ₁)	167
2. 核黄素(Riboflavin, 維生素 B ₂)	170
3. 菸碱酸(Nicotinic acid or niacin, 維生素 B ₃)	172
4. 泛酸(Pantothenic acid, 維生素 B ₅)	174
5. 維生素 C (Ascorbic acid)	175
六、馬氏管及脂肪体对药剂发挥毒效的影响	176
1. 营养細胞的功能	177
2. 貯存脂肪的特性	177
3. 脂肪体内肝酶的綜合	178
4. 貯存物的代謝与昆虫的生长发育	179
5. 饥饿及越冬时貯存物的代謝	179
6. 脂肪体对药剂发挥毒效的影响	180
7. 馬氏管及消化道的排泄作用对药剂发挥毒效的影响	182
第四章 昆虫的循环生理与毒理	187
一、心脏的搏动率以及药剂的影响	188
1. 心脏搏动的形式	188

2. 心脏搏动率以及影响因素	188
3. 化学品及杀虫剂对心脏的影响	193
二、血液循环速率以及药剂的影响	198
三、血液容积及血压以及药剂的影响	199
1. 测定血液容积的方法	199
2. 血液容积的调节	200
3. 反射流血	201
4. 血压	201
5. 药剂对血液容积的影响	202
四、血液的物理性状及化学组成以及药剂的影响	203
1. 血液的物理性状	203
2. 血液的酸碱度及氧化还原电位	209
3. 血液中的无机盐类及与昆虫活动的关系	212
4. 血液中气体的含量及运输	218
5. 血液中的氮素化合物以及药剂的影响	221
6. 血液中的糖类及类似化合物以及药剂的影响	229
7. 血液中的脂类及有机酸	232
8. 血液中的磷化合物	233
9. 血液中的色素	233
五、血细胞以及药剂的作用和影响	237
1. 血细胞的类型	238
2. 血细胞的数量	239
3. 血细胞的内含物	240
4. 血细胞的功能	240
5. 药剂对血细胞的作用及影响	243
第五章 昆虫的呼吸生理、药剂的影响及代谢	245
一、气管系统的构造和生理	245
1. 端细胞和微气管	247
2. 气管中的液体	249
二、体壁扩散机制	250
1. 卵期	250
2. 若虫期	251
3. 幼虫期	252
5. 成虫期	252
三、气管扩散机制	253

1. 气門的控制	255
2. 气管的通风作用	256
3. 气囊的作用	256
四、呼吸的控制	257
五、呼吸代謝机理及影响因素	258
1. 生长期的呼吸代謝	259
2. 变态期的呼吸代謝	261
3. 体重的影响	263
4. 性別的影响	265
5. 温度和湿度的影响	266
6. 輻射的影响	270
7. 氧張力的影响	271
8. 缺氧代謝	272
9. 血液的呼吸机理	273
六、昆虫肌肉的生物化学	274
1. 飞行必須的条件	275
2. 翅肌的化学組成	276
3. 呼吸酶的种类、作用以及抑制剂	279
4. 昆虫翅肌的代謝	289
七、杀虫剂对昆虫呼吸代謝的影响	322
1. 有机氯杀虫剂	322
2. 有机磷杀虫剂	327
3. 植物性杀虫剂	327
4. 无机杀虫剂	329
5. 熏蒸剂	330
八、杀虫剂在昆虫体内的代謝机理	333
1. 一般解毒机制	334
2. 植物性杀虫剂的解毒代謝	337
3. 有机氯杀虫剂的解毒代謝	341
4. 有机磷杀虫剂的活化和解毒代謝	353
第六章 昆虫的神經生理、神經分泌的作用以及毒理	367
一、神經原的构造和化学組成	368
二、神經冲动	369
1. 神經中的电位变化	369
2. 神經的兴奋性	372

3 冲动传播学说	374
三、昆虫神经内的电活动	377
1. 冲动的传导	377
2. 兴奋性	378
3. 自发性神经电活动	379
四、昆虫突触中的传导	381
1. 联接型式	381
2. 综合现象	382
3. 疲劳和适应性	384
4. 后放现象	385
5. 单向传导作用	386
6. 突触延搁	386
7. 神经节内的电位变化	386
8. 抑制作用	387
9. 突触传导的特性	387
五、昆虫神经肌肉间的传导	388
1. 运动单位	388
2. 多型神经分布	388
3. 肌肉的电位	389
六、化学作用对神经活动的影响	390
1. 钾离子	390
2. 钠离子	391
3. 钙离子	391
4. 乙酰胆碱	392
5. 阿托平及箭毒素	393
6. 毛果芸香碱	394
7. 番木鳖碱	394
七、昆虫的反射活动及神经节的功能	395
1. 呼吸的反射中心	395
2. 行动的反射中心	396
3. 肌肉紧张和一般活动	398
4. “停止活动”的反射中心	402
5. 性活动的反射中心	404
八、昆虫的神经分泌及其作用	405
1. 分布和组织化学	405

2. 神经分泌与脱皮的关系	406
3. 激素与滞育的关系	410
4. 脑激素的其他作用	410
5. 咽下神经节激素的作用	412
6. 神经分泌对昆虫生理活动的作用	413
九、杀虫剂对神经系统及酶的作用以及毒理	415
1. 菸碱	415
2. 除虫菊素	415
3. 有机氟杀虫剂	417
4. 有机磷杀虫剂及氨基甲酸酯类	422
十、有机杀虫剂对神经分泌及激素的作用以及毒理	454
1. 有机氟化合物及除虫菊素	455
2. 有机磷化合物	456
第七章 昆虫的生殖生理以及药剂的作用	457
一、雌性生殖器官	457
1. 卵子的发生	457
2. 卵黄及卵壳的形成	458
3. 排卵及黄体的作用	459
4. 产卵	459
二、雄性生殖器官	460
1. 精子的发生	460
2. 输精管及附腺	461
三、交尾和受精	461
1. 交尾和授精	461
2. 精子的进入受精囊	464
3. 精子的进入卵壳以及受精	465
四、控制产卵和生殖力的几个因素	467
1. 营养	467
2. 受精作用	470
3. 内分泌	470
4. 成虫的年龄	471
5. 温度	471
五、杀虫剂及其他化学品对生殖器官的影响	472
1. 无机杀虫剂	472

目 录	7
2. 植物性杀虫剂	473
3. 有机合成杀虫剂	473
4. 化学不育剂	475
参考文献	480
附录 一、杀虫剂及杀螨剂对白鼠的急性胃毒 LD_{50}	482
二、数种杀虫剂对昆虫及哺乳动物的选择性毒性	486

緒 言

昆虫生理学不仅是农业昆虫学的基础,同时又是研究昆虫毒理学所不可缺少的一門学科。虽然昆虫生理学并不直接介紹防治各种害虫的措施和方法,但研究和合理地应用防治措施——不論是使用杀虫药剂或人为地改变害虫环境——常需依賴昆虫生理学的知識。因此,昆虫生理学的研究,不仅可作为改进防治措施的依据,并可发现害虫发生与生态条件間的內部联系。了解害虫的生态学是探索有效防治所不可少的一个环节,而生态学的研究,也必須在生理学的基础上才能更好地进行。

昆虫生理学与毒理学的关系,一般而言可以区分为两方面:一为有利于或阻碍药剂发挥作用的正常生理环境或生化反应;另一则为药剂进入虫体以后,由于产生了不正常的生理环境或生化反应而引起的影响。第一种关系可以預示药剂的毒性,以及作为了解不同种类的昆虫对于药剂产生不同感染性的基础;第二种关系的研究,則有助于在生理基础上解釋药剂的毒杀作用,并由此发现制备新药剂的途徑。

杀虫剂按照一般使用方法施药以后,必須經由虫体三个表面,或其中之一进入体内才能发挥毒效。这些表面包括:(1)虫体的体壁以及联接感觉器、口器、鳃、眼、翅、足等的部位;(2)消化道的各部分;(3)气管系統的表面。通常将杀虫剂分为触杀剂、胃毒剂及熏蒸剂三大类型,即系根据药剂侵入虫体的途徑而分类的。但虫体各部分的結構对药剂的湿润展布以及渗透性存在着很大差别,因而对药剂发挥毒效也就产生了很大影响。砷酸鉛不能作为触杀剂和滴滴涕不能作为有效的胃毒剂使用,就是显明的例子。由于近代使用的杀虫剂主要为触杀剂,因此本书首先介紹昆虫体壁的构造与特性以及对药剂湿润展布和渗透的影响,然后再按一般生理系統的分类——消化、排泄、循环、呼吸、神經与內分泌以及生殖等来分章討論生理、生化及毒理。

昆虫体軀的一般結構虽比脊椎动物簡單,但由于体軀小,暴露于环境中的相对表面积就比較大,因此体壁就成为影响触杀剂发挥毒效的重要部位。陆栖昆虫的体壁,由于对环境的适应,避免过度丧失水分或为水所淹没,一般均装备着疏水性和亲脂性的表皮层。这就是近几十年来,人們在昆虫生理学发展的基础上,广泛应用脂溶性有机杀虫剂防治害虫的依据。很多昆虫,特别是在幼虫期,常表現貪食性,又有利于胃毒剂的使用。无机杀虫剂中的砷素剂和氟素剂的发挥毒杀作用,就是根据昆虫中腸

的酸碱度及吸收作用决定的。經由气管系統侵入虫体的方式，更是使用药剂的有利条件。脊椎动物仅在头部有开口通入肺部，而大多数昆虫的气門位在整个体軀上，因此，昆虫不仅极易感染有毒气体，同时也易于吸入噴布在体壁上的药液。这样，由于体軀結構简单而使昆虫对药剂表现的抗药性，又为缺乏抵制药剂进入虫体的保护机构所抵銷。

一般而言，杀虫剂对多細胞动物，或多或少是具有一定毒性的。而有些杀虫剂对昆虫表现的高度毒性，可能是由于具有渗透昆虫体壁的特殊性能所致。这可用注射和触杀試驗加以証实。例如，将滴滴涕、丙体一六六六、或魚藤酮分別注射入脊椎动物及昆虫血液內进行比较試驗，表现的毒性极为接近（見表1），但在进行触杀試驗时，則又表现很大差异。同样解釋，也可应用于各种昆虫对触杀剂表现的不同感染性。蝗虫类对魚藤酮表现的抗药性，就是由于后者不易渗透蝗虫表皮所致。如将这种药剂直接注射入蝗虫血液中，抗药性即消失；表皮硬度較低、易为药剂渗透的昆虫，对魚藤酮触杀毒效表现的抗药性也越小。此外，触杀剂的渗透性能，可能比其本身的毒性更为重要，例如在以硫氰酸盐类，进行毒性比較試驗时，即发现一种具有高度毒性而仅具中等渗透性的化合物，对蚜虫 *Aphis* 的毒效，反較毒性仅及上述化合物的一半，但具有四分之一以上更高的渗透性的另一同系化合物为小 (Iljinskaya, 1946)，菸碱衍生物由于分子結構不同表现的毒性差异，亦可归諸于渗透性不同的原因 (Turner et al., 1948)。在杀虫剂的毒理研究中，并常发生触杀毒效超过注射毒效的特殊現象。用菸碱对天蛾 *Celerio* 幼虫进行試驗时，注射所須的致死药量即高于噴雾接触的致死量 (Hockenyos, 1932)；用菸碱的一种衍生物进行試驗时，甚至表现更大的差异，触杀毒效大大超过注射毒效 (Turner, 1948)。出現上述差异的原因，主要由于某些神經毒剂可以完全不經由血液运送至发挥毒效的部位，它們主要作用于毛状感觉器、钟

表1. 杀虫剂对脊椎动物及昆虫的毒性比較***

(致死中量,毫克/公斤)

杀 虫 剂	脊 椎 动 物*		昆 虫**	
	触 杀	注 射	触 杀	注 射
滴 滴 涕	300~3,000	12~75	5~30	5~60
丙体一六六六	300~500	50~75	0.4~7.5	3~17
魚 藤 酮	极 高	0.4~2	約 30	6~15

* 蛙、鼠、兔、小牛、猫及狗。

** 蜂蟻、家蝇、丽蝇、伊蚊。

*** 录自 Brown, 1951。

状或觸狀感觉器、爪墊、或跗节的感觉神經末梢，然后沿着神經輸入中樞神經系統。如將某些神經藥物如乙酰胆碱，注射入昆虫血液內，亦不会达到发生作用的部位，因为神經表面有神經膜及髓鞘保护着。据奥勃林等氏 (O'Brien, 1958; Hopf, 1952) 报道，用乙酰胆碱对鼠、兔作靜脉注射，致死中量(LD₅₀)在0.15~22毫克/公斤範圍內，但用蝗虫、蚌蟻、瓜蟻、长蟻及家蝇作血腔注射时，LD₅₀>2,000~10,000毫克/公斤。

但在一般情况下，以注射方式施药，不仅毒效高，同时毒杀速率也比接触施药的为快；麻痺症状很快即出现，并且体内各部位同时受到影响。药剂經由气管渗透发生的毒杀作用，也比經由表皮渗透的为快，但胃毒剂发生作用則較触杀剂为緩慢。砷酸鈉对家蚕幼虫的胃毒作用，仅为注射毒效的1/4，而两者的“药量——毒杀速率”曲綫仍呈現平行状态(见图1)，說明毒杀作用是相似的，但毒杀速率与药效則不同。

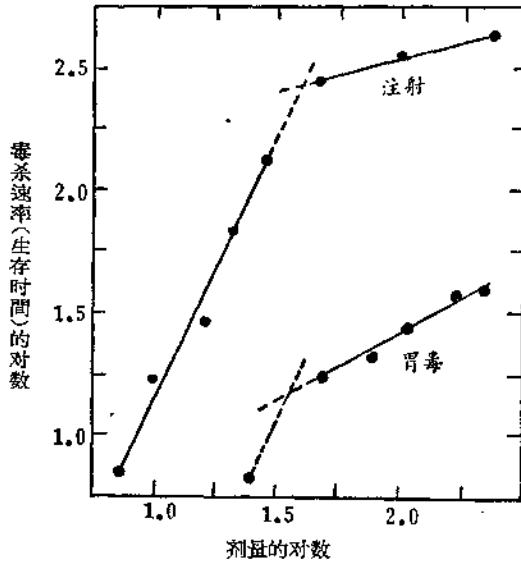


图1. 砷酸鈉对家蚕幼虫毒杀速率的比較曲綫：注射与胃毒。
(仿 Campbell, 1925)。

研究昆虫毒理学的基本任务，不仅在于了解药剂对害虫的生理、生化影响，以查明杀虫机理、最有效的药剂及其有效濃度、使用方法和方式以及影响药效的因素等，还可作为改进和发展新药剂的理論根据。药剂不論以何种方式进入昆虫体内，必須引起組織的破坏及新陈代謝的改变，方能表現中毒症状及导致死亡或阻碍生长、发育和繁殖。因此，分析药剂的作用时，不仅要以中毒与死亡情况作为标准，还要看害虫新陈代謝的变化以及药剂对生长、发育、繁殖等的影响。換句話說，應該以生理学及

生物化学作为研究毒理学的基础。近十年来,由于药剂对昆虫体内酶类和激素的作用及药剂在虫体内代谢研究的进展,在解释有机氯化化合物的杀虫机制以及发展高效内吸传导有机磷杀虫剂方面,都起了指导作用。特别是很多有机磷剂如 E-1059、希拉登、M-74 等,并能在害虫和植物体内通过新陈代谢转化为毒性更高的化合物,且表现较长的持久性,在防治繁殖率强的有害生物螨类和蚜虫等的实践中,曾发挥了极大的杀虫效果。相反的,由于发现了很多药剂在人及其他脊椎动物体内与在昆虫体内的代谢方式有所不同,再兼之药剂分子的化学构造式与毒性关系的研究,又给予制造对昆虫毒性高而对人、畜毒性低的新药剂开辟了广阔途径。目前广泛使用的敌百虫、马拉松以及乐果(Dimethoate 或 Rogor)等有机磷剂,及很多有机氯杀螨剂如 K-6451、克氯杀得(Chlorocide)等,就是对人、畜安全的高效杀虫剂和杀螨剂。这类药剂的发明、制造和生产,也是生理学、生物化学及毒理学研究的结果,也是我们植保工作者及化学家今后努力的方向。

最近,人们还在研究化学不育剂,且已取得了实验室的初步成果,如能获得与杀虫剂配合使用的实践经验,则对防治抗性害虫必能发挥更大的作用,对某些害虫还有消灭种群的可能性。

第一章 昆虫的体壁生理与杀虫剂的毒理

一、昆虫体壁的生理和生化

节肢动物的体壁,均由单层无纤毛的皮细胞层所构成,而复盖在体躯和附肢表面的非细胞质表皮,则由皮细胞所分泌。虽然某些种类如柞蚕 *Peripatus* 的表皮可能有后生的钙化现象发生,但一般而言,整个节肢动物门内的动物,表皮层的构造是基本相同的。表皮层的厚度,随种类而有很大差异,可自几分之一微米(μ)至数毫米;它对外界环境和化学药品的侵蚀,具有很强的抵抗性,仅能被特殊的酶类所分解消化。节肢动物表皮层具有这种特殊坚固性,主要由于其中含有含氮的多醣化合物——几丁质——以及鞣化蛋白质的缘故。几丁质只是表皮层中的一种主要化合物,一般种类含量也仅达表皮干重的25~50%,同时表皮的硬化也非单独由于几丁质的缘故;因此,过去所称的“几丁质化外骨骼”的名词,是不恰当的。其次,一般认为几丁质仅是外胚层及其衍生物的分泌产物,这一概念也不够全面;根据现代胚胎学的研究,认为外胚层的分泌几丁质,是这些组织在进行特殊分化时的一种副产物。

节肢动物的外骨骼,是一个中空的长椭圆体,并由复杂的内陷和外突形成的特殊结构。外骨骼演发的同时,动物体的生长、感觉和行动,亦必随之有所适应,才能保存下来。节肢动物之能生长,是以周期性的脱皮作用来适应的,使新发育的、体积较大的表皮层替代脱去的旧表皮;感觉则以皮细胞衍生成的感觉器官或演发成特殊薄的、具有渗透性的表皮,来接受外界刺激。至于行动,除去部分种类保存有柔软的表皮,或在坚硬的表皮上着生可活动的附肢以外,并以体壁硬化时产生交互的坚硬和柔软区域的方式来进行的。这样的外部演变,也就相应地引起来了肌肉系统的复杂化,以及肌肉附着点——表皮内突——和关节的形成。

(一) 昆虫表皮层的厚度及层次的形成

昆虫体壁的表皮层,是由皮细胞层分泌的非细胞质物质,通过化学反应而硬化成的外骨骼。表皮的厚度,依昆虫种类而异,一般在几微米的几分之一到数十微米范围

之内;即在同一个体的不同部位,也有差异,例如黄粉蚧 *Tenebrio molitor* 的腹部背板,仅有 4 微米厚,但腹板的厚度则达 36μ (见表 2)。由表 2 所列八种昆虫的表皮厚度来看,上表皮最薄,厚度一般在 1 微米以下,外表皮较厚在 3~10 微米之间,而内表皮最厚,但种类不同变异很大,一般均在 20 微米以上。昆虫幼虫期表皮的厚度,则是随着龄期的增大而加厚的,同时增厚的程度,或多或少又是依照着一定比率进行的。例如:库蚊幼虫的表皮,可自 0.75 微米增至 2.05 微米,而麻蝇幼虫的表皮,甚至可自 10 微米增至 240 微米;五龄家蚕幼虫的表皮厚度是四龄的 4 倍,而五龄毒蛾幼虫 *Lymantria monacha* 的表皮厚度,甚至是四龄的 6 倍。同种、同龄期、部位相同的表皮,厚度的差异是不显著的。这些解剖记录,说明了各种昆虫及同一种昆虫的不同发育时期,对药剂表现不同抗药性的一个原因,以及在进行室内毒力测定时,需要用相同龄期的昆虫的道理。在某些情况下,成虫期的表皮亦能加厚,但成虫的表皮不一定就比它的幼虫为厚,有的可能薄很多。此外,某些种类还会由于生态环境不同,而引起表皮结构的改变。例如,越冬期鳞翅目幼虫的表皮结构,就与非越冬的幼虫不同;同时在休眠期的幼虫,表皮结构也有改变。这种改变,可能主要由于个体的特殊生理作用产生的副产物所引起,而并非仅仅是由于御寒的保护作用。在越冬期或休眠期的害虫或螨类,对药剂一般是具有较高的抗药性的。

表 2. 昆虫体壁表皮层的厚度*
(微米, μ)

昆 虫 种 类	上表皮	外表皮	内表皮	整个表皮	腹部背板	腹部腹板	四龄幼虫	五龄幼虫
蚊幼虫 <i>Culex pipiens</i>	0.05	—	2	2.05				
舞虻 <i>Empis stercorea</i>	0.8	3	8	11.8				
步甲幼虫 <i>Carabus violaceus</i>	0.3	8	9	17.3				
龙虱幼虫 <i>Dytiscus marginalis</i>	0.6	3	25	28.6				
天牛幼虫 <i>Rhagium bifasciatum</i>	0.5	6	31	37.5				
美洲蜚蠊 <i>Periplaneta americana</i>	2	10	28	40.0				
夜蛾幼虫 <i>Acomicta aceris</i>	0.8	4	52	56.8				
麻蝇幼虫 <i>Sarcophaga falcitata</i>	4	—	100	104.0				
家蚕幼虫 <i>Bombyx mori</i>							24	95
松毛虫 <i>Dendrolimus pini</i>							125	155
毒蛾幼虫 <i>Lymantria monacha</i>							27	145
黄粉蚧 <i>Tenebrio molitor</i>					4	36		

* 录自各作者。