

王荫长 主编

昆虫生物化学

KUNCHONG SHENGWU HUAXUE

中国农业出版社

昆虫生物化学

王荫长 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

昆虫生物化学/王荫长主编. —北京: 中国农业出版社, 2001.1

ISBN 7-109-06562-6

I. 昆... II. 王... III. 昆虫学: 生物化学 IV. Q966

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 42550 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人: 沈镇昭

责任编辑 杨国栋

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2001 年 2 月第 1 版 2001 年 2 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 31.75

字数: 723 千字 印数: 1~1 000 册

定价: 115.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本书内容包括昆虫生物化学的基础——昆虫细胞学和昆虫中间代谢,昆虫体内的多种肽类和蛋白质、几种重要激素及其化学、昆虫的免疫化学和生殖有关的生化知识,着重阐述了多种重要肽类、蛋白质和激素,以及它们的生物合成、代谢过程和受体的结构,并扼要叙述了有关的分子生物学、作用模式和调控机制。

供高等学校研究生选读昆虫生理学、昆虫生物化学和昆虫分子生物学作参考教材,也可供昆虫生理生化与毒理以及从事昆虫分子生物学人员作参考书。

主 编 王荫长
参 编 李国清
陈长琨
韩召军

现代昆虫科学愈来愈离不开生物化学，它不但是昆虫生理学和分子生物学的前导，也是众多应用学科的基础。许多昆虫工作者都希望在研究对象和现象时，搞清其中存在的机理。机理在哪里？我觉得极大部分都在生物化学之中。如果没有生物化学作为基础和支撑，我们在昆虫的微观世界中行进，必然会遇到很多“暗箱”，虽然可以看到一些事物的因果，但最终却无法了解昆虫是怎样完成种种奥秘的全过程。

20 世纪中期，昆虫生物化学刚刚起步，有关知识，大多限于物质代谢及其生理作用方面，进入 60 年代，随着电子显微镜的应用和昆虫细胞生物学的发展，在昆虫界开启了一扇通向微观世界的大门；同时现代化超微量分析技术的应用，昆虫体内一系列生物活性物质得到了分离和提纯，对昆虫生长发育和变态及其调控机制的认识有了重大的突破；进入 80 年代，分子生物学的崛起和普及，至 90 年代昆虫体内很多重要的基因得到了分离、提纯、克隆和测序。现在从网上就可以快速查到许多决定昆虫生命特征的基因及其核酸序列了。同时，蛋白质研究和测序工作也被推进到了一个新境界，许多模式昆虫也因此成为人们探索生命本质的重要研究对象。

面对昆虫分子生物学的发展，我们的知识显然相当欠缺，首先在生物化学方面，很有从头学起的必要。20 世纪 70 年代，当时昆虫细胞生物学刚刚兴起，就使昆虫学面貌为之一新，我们的业师尤子平教授，花了几个月时间钻研细胞生物学，并亲自为我们授课，他在晚年倾其全力，一边编写“昆虫生理和生物化学”，一边为年轻教师和研究生讲课，使众多学子受益匪浅，可惜由于种种原因这本著作未能付梓。转眼 20 年过去了，当年很多学生已经步入老年，昆虫生物化学在分子生物学的推动下，又有了新的发展，我们作为尤子平教授的学生，形成了一个共识：编写一本《昆虫生物化学》，既作为研究生学习的参考书籍，也作为对

2 前 言

尤子平教授诞生 80 周年的纪念,来缅怀这位南京农业大学创建昆虫生理生化学科作出贡献,推动了全国农业院校昆虫学科的发展。

经过三年的写作,这本书终于脱稿了,在此衷心感谢曹梅讯和徐卫华教授以及日本朋友永田彻教授为我们提供重要参考文献,还要向帮助我们完成这项任务的彭宇博士和历届研究生表示感谢,十分抱歉,由于人员众多,无法一一表示我们的谢意。在全书 15 章中,第 1 章由陈长琨教授执笔,第 8 章由韩召军教授执笔,李国清副教授承担 6、9、11、12 和 15 章的编写工作,其余各章均由本人编写。在脱稿之际,深感书中不仅系统性和理论性方面存在不少缺憾,从昆虫生化各领域的发展来看,难免存在挂一漏万的问题,尤其是很多新的进展,很难搜集完全,为此,衷心希望同行和读者给予批评指正,以便及时补充和改正。

另外,本书写作时全国统一的“昆虫学名词”正在讨论之中,我们注意到许多名词尽量符合统一命名的要求,但有些名词难免与统一的名词不一致,因此在中文名称之后,都注有英文原名,以免发生误解。

在生物化学中遇到分子量的表述问题,国际上通用道尔顿(用 kDa 或 Da),但我国出版界新规定一律用“u”表示,因此在翻译时出现了一些无法克服的困难。例如 30kDa,在书中已改用 $30 \times 10^3\text{u}$,但像 30kDa 蛋白一类专门名词,为便于沟通,只好仍然保留“30kDa”,没有采用“ $30 \times 10^3\text{u}$ 蛋白”这样的表达方式,请读者予以谅解。

王荫长

2000.3.8 南京农业大学

第一章 昆虫生物化学的基础

——细胞结构与功能 1

第一节 细胞表面结构 1

1 质膜的结构和化学组成 2

2 质膜的运输功能 3

3 质膜的分化 6

4 昆虫表皮 11

第二节 细胞器 16

1 内质网和高尔基器 17

2 线粒体 22

3 微管和微丝 27

第三节 生殖细胞的发生 31

1 精子的发生与形成 31

2 卵子的发生与成熟 34

第四节 细胞变态与成虫器官发育 40

1 成虫器官发育 40

2 细胞变态 42

第二章 昆虫的中间代谢 53

第一节 昆虫的组织与代谢 54

1 昆虫的代谢特点 54

2 组织和细胞的特化 55

第二节 肠壁细胞的代谢功能 56

第三节 脂肪体内的代谢活动 56

1 降解代谢 57

2 碳水化合物的合成 57

3 脂类的合成 59

4 氨基酸的合成 60

5 蛋白质的合成 60

2 目 录

第四节 肌肉组织内的代谢	61
1 糖类的利用和糖酵解	62
2 代谢的调控机制	64
3 磷酸甘油穿梭系统	65
第五节 三羧酸循环	67
1 三羧酸循环的基本反应式	67
2 三羧酸循环的功能	69
3 三羧酸循环中的酶类	69
4 三羧酸循环相关的其他酶	73
5 昆虫的乙醛酸循环	75
6 白蚁的有氧和无氧代谢及三羧酸循环	76
7 三羧酸循环的调控	76
第六节 电子传递和氧化磷酸化	84
1 呼吸链(电子传递链)中的传递电子的载体	85
2 二硫的氧化作用	86
第七节 脂类代谢	86
1 分解代谢	87
2 合成代谢	88
3 脂类的利用	90
第八节 氨基酸代谢	92
1 氨基酸的合成	92
2 氨基酸的利用	93
3 氨基酸的降解	95
第九节 其他代谢	96
1 糖类的磷酸戊糖途径	96
2 糖异生作用	97
3 脂肪体内由糖产生甘油	98
4 嘌呤和嘧啶的合成	99
第三章 昆虫的表皮化学	100
第一节 几丁质	100
1 晶体形式及结构	101
2 几丁在表皮中的构型	102
3 几丁与蛋白形成的复合体	103
4 分解几丁-蛋白复合体的酶	103
5 几丁质的合成	105
第二节 几丁酶	105
1 酶的生化与分子生物学	106
2 几丁酶の利用前景	109
第三节 表皮蛋白	110
1 表皮蛋白的提取与命名	110

2 不同虫期表皮蛋白的变化	110
3 表皮蛋白质的结构	111
4 幼虫表皮蛋白基因及其表达	112
5 表皮蛋白质的细胞连接活性	113
6 表皮蛋白与表皮性质	113
7 各类昆虫的表皮蛋白	115
8 表皮蛋白的同源性	125
第四节 表皮的鞣化和骨化	129
1 表皮蛋白的鞣化和骨化理论	129
2 表皮的骨化剂和骨化过程	130
3 鞣化和骨化的激素调控	132
第四章 昆虫的贮存蛋白	134
第一节 贮存蛋白的结构和理化特性	135
1 分子量和亚单位	135
2 理化特性	138
第二节 贮存蛋白的分类	140
1 芳香蛋白	140
2 富甲硫氨酸蛋白	141
3 双翅目 LSP-2	141
4 其他有关的贮存蛋白	141
第三节 不同目昆虫体内的贮存蛋白	142
1 蜚蠊目	142
2 直翅目	143
3 半翅目	143
4 鳞翅目	144
5 鞘翅目	145
6 双翅目	145
7 膜翅目	146
第四节 贮存蛋白的组织 and 细胞定位	146
1 组织和细胞定位	146
2 含量变化	147
第五节 贮存蛋白的功能	148
1 蛋白质和氨基酸的贮存库	148
2 参与新表皮的形成	149
3 贮存蛋白与卵的发育	149
4 贮存蛋白的载体功能	150
第六节 贮存蛋白的基因表达调控	150
1 基因定位	150
2 基因序列和表达	152
第七节 脂肪体对贮存蛋白的摄入和利用机制	153

4 目 录

1 脂肪细胞的蛋白内吞过程	154
2 贮存蛋白的受体	154
第五章 昆虫的热激蛋白	158
第一节 热激蛋白的结构与功能	158
1 热激蛋白的结构与分类	159
2 热激蛋白的功能	160
第二节 热激蛋白的合成	162
1 合成模式	162
2 诱导条件	163
3 细胞定位	164
第三节 热激蛋白的基因	164
1 分类	164
2 基因的结构	165
3 基因表达的调控	167
4 基因的转录调节	168
5 转录调节的热激诱导	169
第四节 滞育与热激蛋白调控	170
1 滞育有关的热激蛋白	170
2 23kDa 热激蛋白的结构	171
第六章 昆虫的神经肽	172
第一节 促前胸腺激素	174
1 化学组成	175
2 分泌部位	176
3 释放的控制	177
4 活性	177
5 作用方式	178
6 抗 PTH 作用的激素	178
第二节 抑咽侧体神经肽与促咽侧体神经肽	179
1 化学结构	180
2 结构与活性的关系	180
3 分布、传递与生理功能	181
4 影响 AS 释放的一些因子	181
5 分子生物学	182
6 在其他昆虫中的分布	183
第三节 利尿激素与抗利尿激素	183
1 利尿激素	183
2 抗利尿激素	186
第四节 激脂激素/红色素聚集素族	187
1 化学结构	188

2 虫体内的分布	188
3 生理功能	188
4 释放调控和作用原理	189
5 生物合成与降解	190
第五节 亲肌肽类	190
1 亲肌肽类的分类	190
2 化学结构	191
3 虫体内的分布	192
4 结构与活性的关系	192
5 活性和作用机理	193
6 亲肌肽受体	193
7 亲肌肽的失活	193
第六节 FMRF-NH ₂ 的相关神经肽	194
1 化学结构	194
2 生理功能	195
3 虫体内的分布	195
第七节 滞育激素	195
1 分离与纯化	195
2 化学结构	196
3 cDNA 和前体结构	196
4 结构和活性关系	198
5 基因及其表达	198
6 作用机理	199
第八节 蜕壳激素和蜕皮激发激素	200
1 蜕壳激素	200
2 蜕皮激发激素	204
第九节 鞣化激素	207
1 发现	207
2 合成部位	208
3 生物活性	208
4 作用模式	208
第十节 促性信息素生物合成神经肽	209
1 发现与组织定位	209
2 分离、纯化、分子克隆及生理功能	211
3 释放、传递与靶标	215
4 活性和释放的调控	220
5 降解	221
第七章 昆虫体内的生物胺及其受体	222
第一节 神经分泌的细胞学	222
第二节 生物胺及其功能	224

6 目 录

1 神经调质功能	224
2 神经递质功能	225
3 神经激素功能	225
第三节 生物胺的代谢	225
1 酪氨酸羟化作用	226
2 色胺酸羟化作用	226
3 脱羧作用	226
4 β -羟基化	229
5 N-甲基化	229
6 N-乙酰化	229
7 二酚氧化作用	229
8 单胺代谢物的耦合	229
9 氧化脱氨基作用	229
10 还原与氧化作用	230
11 O-甲基化作用	230
第四节 昆虫体内主要生物胺及其受体	230
1 章鱼胺	230
2 章鱼胺受体	233
3 酪胺及其受体	234
4 多巴胺及其受体	235
5 5-羟色胺及其受体	236
6 组胺及其受体	238
第八章 昆虫免疫防卫化学	240
第一节 高等动物的免疫系统	240
1 免疫器官	241
2 免疫细胞	241
3 免疫分子及其功能	243
4 免疫防御	244
第二节 昆虫的免疫系统与功能	245
1 昆虫免疫系统对外源异物的识别	245
2 昆虫的细胞免疫	246
3 体液免疫与抗菌肽	247
4 抗菌肽的基因表达调控	248
第三节 抗菌肽之间的协同	249
1 昆虫体内的抗菌肽类	250
2 抗菌肽抗菌谱上的协同表达	250
3 抗菌肽表达水平上的协同	253
第四节 抗菌肽活性与结构的关系	254
1 抗菌肽的活性中心	254
2 手性抗菌肽对活性的影响	257

第五节 抗菌肽转基因工程	261
1 昆虫抗菌肽的基因克隆与表达	261
2 抗菌肽在动植物转基因工程中的应用	262
3 存在问题和应用前景	262
第六节 昆虫的肽类毒素	263
1 蜂针肽	263
2 蜂毒肽	265
3 激肽	266
4 肥大细胞去颗粒多肽	268
第九章 昆虫的抗菌肽	270
第一节 天蚕素族	271
1 天蚕素	271
2 麻蝇素	275
第二节 环状抗菌肽族	278
1 防卫素	278
2 防卫素的结构与进化	289
第三节 富脯氨酸肽族	291
1 蜜蜂抗菌肽亚族	291
2 蜂蛾抗菌肽亚族	297
第四节 富甘氨酸肽族	300
1 天蚕蛾抗菌肽	300
2 双翅抗菌肽族	301
3 鞘翅抗菌肽	305
4 膜翅抗菌肽	306
5 半翅抗菌肽	309
第五节 抗菌肽的基因	309
1 天蚕素及其类似物的基因	309
2 环状抗菌肽基因	312
3 富脯氨酸族抗菌肽基因	312
4 富甘氨酸族抗菌肽基因	312
第十章 昆虫的卵黄蛋白	315
第一节 结构与性质	315
1 结构	316
2 卵黄原蛋白的性质	318
3 卵黄蛋白的前体与载脂蛋白	320
4 滤泡特异性蛋白	321
第二节 卵黄蛋白的基因及其表达	322
1 基因定位与结构	322
2 性别依赖性	323

8 目 录

3 翻译后切除	324
4 后期修饰	324
第三节 卵母细胞对卵黄蛋白前体物的摄取	325
1 卵黄原蛋白受体	326
2 卵黄蛋白受体的结构	326
3 受体的结合动力学	330
4 细胞的内吞过程	330
5 卵母细胞摄入 Vg 的特征	333
6 卵黄体的形成及其性质	334
7 影响内吞的因子	334
8 其他卵黄蛋白的摄取	335
第四节 卵黄发生的激素调控	336
1 Vg 合成的调控	336
2 对滤泡细胞的调控	337
3 卵母细胞摄入的调控	337
4 卵黄原蛋白合成的调控模式	337
第五节 卵蛋白酶与卵黄蛋白的降解	339
1 昆虫卵蛋白酶的种类	339
2 卵蛋白酶的活化	343
3 卵黄蛋白降解的调控	344
第十一章 昆虫雄性分泌物及其对雌性的作用	347
第一节 交配对生殖的影响	347
1 降低对雄虫的吸引力	347
2 降低对交配的接受能力	348
3 提高产卵量和加强产卵活动	349
4 贮存精子	350
5 缩短寿命	350
第二节 引起雌虫交配后行为的刺激因子	350
1 刺激因子的来源	350
2 刺激因子的传导	352
3 雄性附腺分泌物的其他功能	353
4 雄性附腺分泌物的种类	353
第三节 性肽	354
1 果蝇的性肽	354
2 美洲棉铃虫的性肽	358
3 马铃薯甲虫的性肽	360
第四节 蛋白质	361
1 伊蚊雄性附腺蛋白	361
2 黄猩猩果蝇的主要雄性附腺分泌蛋白	361
3 迁徙蚱蜢雄性附腺蛋白	364

4 飞蝗的雄性附腺蛋白	364
5 酯酶 6	365
第五节 信息素	365
1 顺-11-十八碳烯醇乙酸酯	366
2 雄性袖蝶输入的信息素	367
第六节 激素	368
1 前列腺素	368
2 亲肌肽	369
3 保幼激素	370
第七节 生殖的激素调控及交配的影响	370
1 生殖的激素调控	370
2 交配影响雌虫的神经激素途径	371
3 交配影响雄虫附腺分泌物再合成的激素途径	372
第八节 展望	374
1 交配后行为和生理变化的进化假说	374
2 后续研究的重点	374
第十二章 昆虫产卵的化学调控	376
第一节 昆虫信息素对产卵的影响	376
1 产卵忌避信息素和抑制信息素	376
2 产卵引诱信息素和刺激信息素	382
3 产卵信息素的产生部位	385
第二节 棉铃虫产卵调控信息素	385
1 促卵信息素的存在	386
2 促卵信息素分泌腺的定位	387
3 抑卵信息素的存在及分泌腺定位	387
4 棉铃虫足上信息素腺的分布与结构	387
5 产卵信息素的分离与鉴定	388
第三节 他感化合物对产卵的影响	389
1 利他素	389
2 利己素	392
3 互利素	392
第四节 其他来源的产卵调控物质	393
1 对蚊类产卵的影响	393
2 对其他昆虫的影响	394
第十三章 昆虫的蜕皮激素	395
第一节 蜕皮甾醇的生物合成	397
1 合成部位	398
2 合成途径	398
3 昆虫前胸腺中蜕皮酮的合成	399

第二节 蜕皮甾醇的代谢	403
1 代谢途径	403
2 甾合物的形成与水解	404
3 代谢物的生理功能	404
4 靶细胞上的代谢	404
第三节 蜕皮甾醇的功能	405
1 蜕皮甾醇与蜕皮	406
2 蜕皮甾醇与器官发育	406
3 蜕皮甾醇与卵子发生	407
4 蜕皮甾醇与精子发生	408
5 蜕皮甾醇与细胞分化	408
6 蜕皮甾醇的其他功能	409
第四节 卵蜕皮甾醇	409
1 卵蜕皮甾醇的生物合成与代谢	410
2 卵蜕皮甾醇的生理功能	411
第五节 蜕皮酮的受体	413
1 蜕皮甾醇在细胞内的信息传递	413
2 蜕皮酮受体基因的分离与鉴定	414
3 蜕皮甾醇及其受体的作用模式	416
4 蜕皮甾醇受体的复杂性	418
5 结论	420
第十四章 昆虫的保幼激素	422
第一节 保幼激素的合成与代谢	422
1 保幼激素的生物合成	424
2 保幼激素的生物代谢	425
第二节 保幼激素的作用模式	428
1 对生长发育与变态的调节	428
2 对生殖和级型的调节	429
3 对胚胎的作用	430
4 对细胞定型的调节	431
5 对器官芽的作用	435
6 对脂肪体的作用	436
7 对肌肉的作用	438
8 对神经系统的作用	439
9 对其他形态发生的作用	439
第三节 保幼激素的作用机理	440
1 血淋巴中的 JH 结合蛋白	441
2 胞内保幼激素受体	442
第四节 作为昆虫生长调节剂的保幼激素类似物	445