

部編大學用書

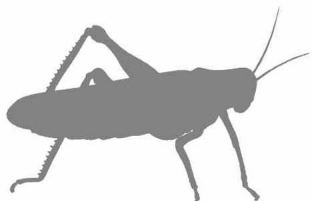
昆蟲系統解剖學

編著
關崇智

前國立中興大學昆蟲系教授



國立編譯館 主編
合記圖書出版社 發行



部編大學用書

昆蟲系統解剖學

編著：
前國立中興大學昆蟲系教授
關崇智



國立編譯館 主編
合記圖書出版社 發行

昆蟲系統解剖學 / 關崇智編著. —初版.—

台北市：合記, 2004[民 93]

面；公分

含索引

ISBN 986-126-114-1 (平裝)

1. 昆蟲學

387.718

93009887

書 名 昆蟲系統解剖學

編 著 者 關崇智

主 編 者 國立編譯館

著作財產權人 國立編譯館

地址：106 臺北市和平東路一段 179 號

電話：(02)3322-5558

傳真：(02)3322-5559

<http://www.nict.gov.tw>

執行編輯 程穎千

發行人 吳富章

發行所 合記圖書出版社

登記證 局版臺業字第 0698 號

社 址 台北市內湖區(114)安康路 322-2 號

電 話 (02)27940168

傳 真 (02)27924702

總 經 銷 合記書局

北 醫 店 臺北市信義區(110)吳興街 249 號

電 話 (02)27239404

臺 大 店 臺北市中正區(100)羅斯福路四段 12 巷 7 號

電 話 (02)23651544 (02)23671444

榮 總 店 臺北市北投區(112)石牌路二段 120 號

電 話 (02)28265375

臺 中 店 臺中市北區(404)育德路 24 號

電 話 (04)22030795 (04)22032317

高 雄 店 高雄市三民區(807)北平一街 1 號

電 話 (07)3226177

郵政劃撥 帳號 19197512 戶名 合記書局有限公司

西元 2004 年 6 月 10 日 初版一刷

自序

筆者於民國三十九年六月自大陸輾轉來台，隨即於中興大學農學院昆蟲學系服務。於民國五十九年春承蒙台灣農業研究中心資助，赴日本東京農業大學大學院昆蟲研究室進修，為期一年，專致力於昆蟲學方面的研究。迄至屆齡退休屈指計算已有五十餘年矣。在此漫長歲月裡，一直都站在教育崗位上，從事培育青年工作。為了輔導學生課業，更為了充實自己，在課餘之暇，便作有計劃的專心致意蒐集有關昆蟲形態和生理學方面資料，尤其對昆蟲細胞組織顯微構造方面特別注意加以觀察和研究。筆者覺得在此二十一世紀大時代裡，尖端科技發展快速，電腦應用普及，一般知識水準不斷提升，可說日新月異，大有一日千里之勢。筆者開始教昆蟲形態學時，便兢兢業業努力閱讀以及從事實際觀察研究，更參考 Snodgrass 最早期出版的昆蟲形態學原理(The principles of Insect Morphology)，該書內容豐碩詳實，舉例繁多，圖文並茂，並幾經多次增訂，為昆蟲形態學不可或缺的重要參考資料。該書亦為國內外有興趣於昆蟲學方面的人員，所必須熟讀諳記的一本好書，是大家所公認的為昆蟲形態學聖經(The Bible of Insects)。但由於時代的進步，知識水平不斷創新拔陞，加上有穿透式和掃描式電子顯微鏡的發明，對昆蟲組織顯微結構研究和觀察，更是詳細透徹，對於生物學的研究發展更向前邁進一大步。近年以來，曾有 R.F. Chapman 氏著昆蟲：結構與功能(The Insects: Structure and Function)和 Robert C. King 和 Hiromu Akai 所著昆蟲超顯微構造(Insect Ultrastructure)以及其他參考文獻，對昆蟲費洛蒙和昆蟲超顯微構造及生理功能，敘述極為週詳，內容新穎，資訊非常豐富。由於今日科技發展情勢大為蛻變，加上生物物理和生物化學發展的刺激和鼓舞，致使昆蟲形態生理學的新理論，煥然一新、也使得吾人能夠更進一步領悟宇宙大自然創造生命的奧秘。在國內各大書局出版昆蟲學方面書籍，感到極為匱乏，尤其對有關昆蟲超顯微構造資料和文獻，坊間出版更少，因此對輔導學生研究實為一大障礙。筆者有鑒及此，乃利用課餘之時，努力蒐集這方面資料，煞費心思，經有系統性整理和規劃，方決定編輯此書，以服膺目前迫切需求，取材力求正確新穎，敘述務求平易通俗，藉以提供有興趣於昆蟲學方面知識的同道人士閱讀和參考。

本書內容共分兩部：第一部為瞭解地球陸地的形成和昆蟲起源及演化分佈，共計有4章，包括緒論，地球陸地的劃分和早期昆蟲的出現，昆蟲綱系統發達和昆蟲綱各目系統族群的發達與昆蟲分類發展史。第二部專討論昆蟲各器官系統構造和超顯微結構與生理特性，包括13章計有消化、循環和血液、排洩、氣管發育及呼吸、脂肪體和空泡系統、機械和化學感覺器、昆蟲皮膚、生殖、胚胎前後期發育、內分泌系統等。本書重點說明，都附有圖表和插圖藉以幫助讀者解釋和瞭解，至於書內所採用的插圖，均來自歐美各大昆蟲學名著，每在插圖下方，都有來源註明，以便讀者閱讀參考。

在執筆期間，由於瑣事繁冗、加以精力有限、時間又極倉促，因此疏漏之處當多，則所難以避免，希望將來他日有機會再版或增訂時，再行補正修訂，以臻完善無瑕，併懇祈先進同道不吝賜教為禱。

關崇智 謹識

於國立中興大學昆蟲研究室

目錄

第一篇 導 論

● 第一章 緒論

1.1 地球最早陸地的出現	3
1.2 昆蟲的出現.....	5
1.3 昆蟲相的改變	6
1.4 第三紀安加拉大陸昆蟲相	16
1.5 北美分布	21
1.6 地球陸地自然分區.....	21

● 第二章 昆蟲綱的系統發達（族系發展）

2.1 有爪類－多足類－昆蟲類系統學說.....	27
2.2 三葉蟲類－昆蟲類系統學說	28
2.3 軟甲甲殼類－昆蟲類系統學說.....	28

● 第三章 昆蟲綱各目系統發達的族系發展

3.1 纓尾目 (Thysanura)	31
3.2 內顎目 (Entotrophi)	31
3.3 原尾目 (Protura)	32
3.4 粘管目 (Collembola)	32
3.5 古生代重要昆蟲代表種類	36
3.5.1 古網翅目 (Palaeodictyoptera).....	37
3.5.2 原蜉蝣目 (Protophemeroidea).....	37

3.5.3	原蜻蛤目 (Protodonata)	37
3.5.4	原直翅目 (Protorthoptera)	39
3.5.5	原網翅目 (Protodictyoptera)	40
3.5.6	原膜翅目 (Prothymenoptera)	41
3.5.7	原毛翅目 (Prototrichoptera)	41
3.5.8	原鞘翅目 (Protocoleoptera)	41
3.5.9	原雙翅目 (Protodiptera)	42
3.5.10	禿翅目 (Plecoptera)	45
3.5.11	紡腳目 (Adenopoda)	45
3.5.12	等翅目 (Isoptera)	46
3.5.13	嚙蟲目 (Corrodentia)	46
3.5.14	半翅目 (Hemoptera)	46
3.5.15	隱翅目 (Aphaniptera)	49
3.5.16	脈翅目 (Neuroptera)	50
3.5.17	膜翅目 (Hymenoptera)	51
3.5.18	鞘翅目 (Coleoptera)	51
3.5.19	撚翅目 (Strepsiptera)	51

● 第四章 昆蟲分類發展史

4.1	前言	53
4.2	Aristoteles 氏分類法	53
4.3	Edward wotton 氏分類法	54
4.4	Swammerdam 氏分類法	55
4.5	Roesel 氏分類法	56
4.6	linne 氏分類法	56
4.7	Fabricius 氏分類法	57
4.8	Latreille 氏分類法	57
4.9	W.E Leach 氏分類法	58
4.10	Ernst Haeckel 氏分類法	59
4.11	Dohrn 氏分類法	60
4.12	Packard 氏分類法	61
4.13	Paul Mayer 氏學說	62
4.14	C,Emery 氏分類法	64
4.15	Haeckel 氏改良分類法	64
4.16	Linne 氏依昆蟲翅形成方式而分類的方法	65
4.17	J.H Comstock 氏和 Needham 氏假設昆蟲的原始翅脈相的分類法	69

第二篇 昆蟲各器官系統

● 第五章 消化系統

5.1	前腸結構	74
5.1.1	咽頭	74
5.1.2	食道	74
5.1.3	嗦囊	75
5.1.4	前胃	75
5.2	中腸結構	76
5.2.1	中腸一般組織構造	79
5.2.2	中腸上皮細胞型式	84
5.2.3	圍食膜的分泌	96
5.3	顯微構造的改變	98
5.3.1	腸和細胞週期性功能分區	98
5.3.2	不適食物與飢餓影響	99
5.3.3	吸血性昆蟲	100
5.4	細胞退化和更新	101
5.4.1	細胞退化	101
5.4.2	細胞分化	101
5.4.3	胚胎細胞絨毛的分化	103
5.5	完全變態類昆蟲的奇異變態構造	104
5.6	後腸	106
5.6.1	小腸	106
5.6.2	大腸	106
5.6.3	直腸	107
5.7	後腸顯微構造	108
5.7.1	上皮細胞一般結構	108
5.7.2	後腸上皮細胞型式	109
5.8	後腸發酵室	113
5.9	濾過室與相關器官	115

● 第六章 循環系統與血液

6.1	循環器官的一般構造	119
6.1.1	背管	120
6.1.2	心臟	121
6.1.3	流入心管縫	121
6.1.4	流出心管縫	122
6.2	環節血管	124

6.3	大動脈.....	130
6.4	翼肌與背隔膜.....	132
6.4.1	腹隔膜.....	132
6.4.2	副搏動器官.....	132
6.5	心臟神經分布.....	134
6.6	血液.....	141
6.7	血球細胞形態學.....	142
6.8	血球主要型式.....	143
6.8.1	原白血球.....	144
6.8.2	血漿血球.....	145
6.8.3	顆粒血球.....	150
6.8.4	小球血球.....	153
6.8.5	脂肪血球.....	154
6.8.6	擬食球血球.....	156
6.8.7	凝結血球.....	158
6.9	其他血球型式.....	159
6.10	附加各不同血球型.....	160
6.11	血球細胞型懸浮液標本的鑑定.....	161
6.12	血球細胞胚胎的來源.....	162

● 第七章 排泄系統

7.1	馬氏管一般構造.....	167
7.1.1	馬氏管構造.....	167
7.1.2	馬氏管顯微構造.....	171
7.1.3	細胞緊密接合絨毛和粒腺體.....	175
7.2	馬氏管細胞型式.....	178
7.2.1	主要馬氏管細胞.....	180
7.2.2	其他型細胞.....	181
7.3	蓄積馬氏管腔內化合物.....	182
7.4	其他排泄器官.....	182

● 第八章 昆蟲氣管系統構造與發育

8.1	氣管系的構成分.....	189
8.2	氣管和微氣管構造.....	193
8.3	新氣管發育.....	198
8.4	氣管脫皮.....	199
8.5	微氣管移動.....	199
8.6	氣囊.....	200
8.7	氣孔構造與功能.....	201
8.8	氣孔肌與氣孔關閉.....	203

8.9	氣孔系顯微結構	204
8.9.1	基底膜與結締組織	204
8.9.2	氣管細胞與微氣管細胞	205
8.9.3	表皮內皮膜	208
8.9.4	氣管系術語	212
8.9.5	表皮層	212
8.9.6	上表皮	212
8.9.7	螺旋帶	214
8.9.8	原表皮	216
8.9.10	下表皮	217
8.10	脫皮週期與新表皮生成	217
8.10.1	微氣管脫皮	217
8.10.2	新表皮生成	218
8.10.3	新微氣管形成	220
8.11	胚後期發育	222
8.11.1	成蟲的變形	223
8.11.2	氣管上皮退化	223
8.11.3	成蟲氣管生長	224

● 第九章 昆蟲脂肪體空泡系統與其構造

9.1	昆蟲脂肪體	227
9.1.1	脂肪體細胞超顯微構造	228
9.1.2	昆蟲脂肪體空泡系	228
9.1.3	脂肪體空泡種類	230
9.1.4	後變化小腔室	232
9.1.5	酥氨酸貯藏空泡與前空泡	233
9.1.6	尿酸鹽貯藏空泡	234
9.1.7	尿酸鹽類顯粒	237
9.1.8	蛋白質貯藏顯粒	238
9.2	分泌小囊泡	245
9.3	含共棲物的空泡	247
9.4	結合肝糖的空泡	248
9.5	自噬空泡	251
9.6	多小囊泡體	255
9.7	葉狀體	257
9.8	基膜吞噬細胞	257
9.9	前變化小室	259
9.9.1	粗內質網膨脹	259
9.9.2	過氧化氫物酶體	262
9.9.3	粗內質網凝固物	262

● 第十章 肌肉系統

10.1	昆蟲肌肉系統研究簡史及其發展	266
10.2	肌肉一般構造	269
10.2.1	肌肉基本構造	269
10.2.2	肌肉構造的變異	274
10.3	內臟肌	277
10.4	收縮系統	278
10.4.1	肌絲構造和排列	278
10.4.2	Z帶構造與超高收縮	281
10.4.3	副肌球蛋白與連接蛋白	284
10.5	肌肉插入點	288
10.6	膜系統	291
10.6.1	一般結構	291
10.6.2	同步肌	294
10.6.3	非同步肌	298
10.6.4	鼓膜肌	302
10.7	氣管分布	302

● 第十一章 神經系統

11.1	神經系統的構造	308
11.2	中央神經系	313
11.2.1	神經球	315
11.2.2	腦	319
11.2.3	腹神經索	323
11.3	神經球結構	328
11.3.1	細胞成分一般排列	328
11.3.2	縱走神經束	329
11.3.3	橫連鎖	335
11.3.4	在神經球內神經元的數目	336

● 第十二章 視覺器官

12.1	複眼一般構造	344
12.1.1	小眼構造	345
12.1.2	小眼構造的改變	346
12.2	眼至腦的神經連接	349
12.3	複眼在暗光環境下適應的變化	350
12.4	小眼形態學	351
12.5	感光細胞微細構造	355
12.6	細胞體顯微構造	355

12.6.1	桿狀體.....	355
12.6.2	核.....	359
12.6.3	內質網.....	359
12.6.4	色素顆粒.....	362
12.6.5	高爾基體.....	364
12.6.6	纖毛構造.....	364
12.6.7	粒腺體.....	364
12.6.8	其他胞內構造.....	365
12.7	與感光細胞有關的細胞.....	365
12.8	神經軸突.....	369
12.9	突觸.....	373
12.9.1	化學性突觸.....	373
12.9.2	電突觸.....	378

● 第十三章 昆蟲機械與化學感覺器

13.1	感覺器來源及其型式.....	380
13.1.1	感覺器型式.....	380
13.1.2	一般結構與感覺器形態生成.....	384
13.1.3	感覺器細胞成分微細構造.....	388
13.1.4	毛窩細胞.....	390
13.1.5	生刺毛細胞.....	390
13.1.6	包鞘細胞與樹突鞘.....	391
13.2	膜間接觸構造.....	391
13.2.1	感覺接受器淋巴腔.....	393
13.2.2	膠細胞與神經原－膠質間關係.....	395
13.3	機械感受器的顯微構造.....	395
13.3.1	概述.....	395
13.3.2	表皮部分.....	396
13.3.3	細胞部分.....	396
13.4	刺激接受與傳遞.....	398
13.4.1	紅眼蠅的大剛毛.....	399
13.4.2	蟋蟀尾毛上絲狀和棍棒狀毛.....	400
13.5	嗅覺器的顯微構造.....	404
13.5.1	概述.....	404
13.5.2	有單層孔管的壁嗅覺器.....	404
13.5.3	其他單層壁嗅覺器.....	409
13.5.4	雙層壁輪輻管嗅覺器.....	411

● 第十四章 昆蟲皮膚構造

14.1	幾丁質表皮.....	417
------	------------	-----

14.1.1	小原纖維與基質	417
14.1.2	小原纖維緊密排列與原表皮基質	417
14.1.3	細管	428
14.1.4	原表皮脂類的分布	431
14.2	非幾丁質表皮	433
14.2.1	表皮質素層	434
14.2.2	內上表皮	436
14.2.3	外上表皮	438
14.2.4	腊層與上表皮絲	438
14.2.5	固結層	440

● 第十五章 生殖系統

15.1	雄性和雌性的內生殖器官解剖	442
15.1.1	雄蟲	442
15.1.2	成熟精子構造	447
15.1.3	未成熟精子形成過程	450
15.2	雌性內部生殖器官構造	452
15.2.1	卵生成	457
15.2.2	小卵管型式	458
15.3	成蟲卵巢一般構造	461
15.3.1	卵巢和小卵管鞘，固有膜以及端絲	462
15.3.2	內鞘或腔間細胞	464
15.4	滋養層——一般構造與營養細胞功能	466
15.4.1	滋養細胞核的形態學	468
15.4.2	營養細胞質	469
15.4.3	滋養層——滋養細胞小室的排列	470
15.4.4	滋養細胞索或滋養管	474
15.4.5	滋養細胞——卵母細胞間相互影響；運輸和機制	476
15.5	卵母細胞；一般結構，核及皮質的形態	479
15.6	卵泡細胞	483
15.7	成蟲卵巢發育——一般結構	486
15.8	後胚胎早期或幼蟲期卵巢；有絲分裂發育生長與體組織——生殖細胞相互作用	487
15.9	後胚胎卵巢末期；幼蟲——成蟲的轉變，營養細胞與卵細胞的分化	491

● 第十六章 昆蟲早期胚胎之發育

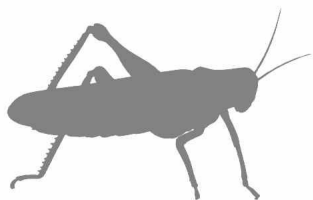
16.1	蠶卵早期胚胎發育之研究	497
16.2	輸卵管內成熟卵的構造	498

16.2.1	精孔區.....	498
16.2.2	周原生質.....	499
16.3	其他卵區.....	510
16.3.1	前端極質.....	510
16.3.2	核周質.....	510
16.4	卵黃系統.....	503
16.5	成熟和受精.....	506
16.5.1	貯精囊內精子構造.....	506
16.5.2	卵黃膜與周原生質因精子進入所產生的變化.....	507
16.5.3	精子和卵核.....	508
16.6	分割和囊胚形成.....	510
16.6.1	分割期.....	510
16.6.2	囊胚層細胞的形成.....	511
16.7	噬卵黃細胞.....	512
16.8	胚帶形成與胚胎膜.....	514
16.8.1	胚帶.....	514
16.8.2	漿膜與羊膜.....	514

● 第十七章 內分泌與標的細胞間交互作用的超顯微構造

17.1	昆蟲內分泌系統.....	518
17.2	煙草天蛾內分泌腺體超微細構造.....	520
17.3	咽側腺.....	521
17.3.1	青春激素的合成作用.....	523
17.3.2	青春激素的分泌.....	525
17.3.3	釋放前胸腺刺激素的軸突.....	528
17.3.4	青春激素的衰退.....	529
17.4	前胸腺.....	529
17.4.1	脫皮素的合成.....	529
17.4.2	脫皮素的分泌.....	530
17.4.3	前胸腺刺激素對前胸腺的刺激作用.....	533
17.5	腺體細胞構造.....	533
17.6	標的組織上皮細胞和表皮分泌.....	537
17.6.1	上皮層的激素影響.....	537
17.6.2	上皮層的脫皮固醇類作用.....	539
17.6.3	上皮層的青春激作用.....	539
17.7	標的組織對激素反應的摘要.....	544

索引.....	547
---------	-----

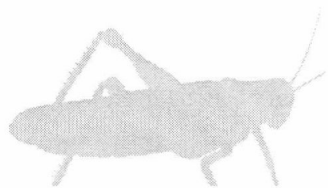


第 1 篇

導論

本篇闡述地球上最早陸地昆蟲的出出現，昆蟲鑲嵌和最早昆蟲的分布變化情形，以及地球陸地動物(昆蟲)自然分區等。進而對昆蟲綱的系統及昆蟲綱各目昆蟲的系統發達，以及昆蟲分類的發展史等，也有精湛扼要的論述，對從事叫學和研究者為不可或缺的參考資料。

緒論



根據古生物學家的探測，咸認有翅昆蟲是地球上最初的居住者，約在古生代 (Paleozoic era) 末葉石炭紀 (Carboniferous period) 的早期，嗣經中生代 (Mesozoic era) 而進入新世代 (Cenozoic era) 的第三紀 (Tertiary)，始有最初人類的化石發現。由此可知，昆蟲類在地球上的演化和分佈歷史，實遠較人類為悠久，是以人類和昆蟲的關係，乃始於原始人 (Primitive man) 時代。昆蟲出現於地球上，其最早為彈尾目 (Collembola) 出現於泥盆紀 (Devonian period)，約在3億年以上，大約與脊椎動物同時出現。其次為蜉蝣、蝗蟲和蜻蜓類，出現於石炭紀 (Carboniferous period)，至少在1億年，此為當時儘存的飛行動物。基本翅型從未改變，昆蟲在地球上與人類競爭及共存的關係極為密切，歷史亦極悠久，昆蟲由於能適應各種不同的環境，由極乾燥沙漠地到淡水的湖泊，甚至高溫80度的火山噴泉及極寒冷（負20度）草原地帶均可發現昆蟲的蹤跡，抑或在空曠的大海中，也有少數種類昆蟲生息期間。

昆蟲能有如此特強的適應和生存力，以及悠久的演化歷史過程，完全由於蟲體各種不同型式的體制以及反應其在演化過程上的需要而適於長久生存。因此昆蟲系統發展極需特別研究，並對構成昆蟲體的各部分組織，其間排列的相互關係，以及在顯微鏡和電子顯微鏡下所看到的細胞等解剖學方面知識，均須努力詳加探討。如此才可以提供蟲體結構如何行使其機能及其彼此相互作用的關係，藉此得以奠定生理學研究的良好基礎，是以對昆蟲系統解剖學研究，實屬目前一門極重要的學科。



1.1 地球最早陸地的出現

要想瞭解昆蟲類進化的詳細過程，首先應研究古生代初期以後地球歷史的變遷狀況，是非常重要的。根據地理學家蘇斯 (Suss) 研究，視生