

昆虫生理学及生物化学进展述评

張宗炳編譯

上海科学技术出版社

昆虫生理学 及生物化学进展述评

张宗炳 編譯

上海科学技术出版社

1964

內 容 提 要

本书根据《昆虫学综述年刊》(Annual Review of Entomology) 1956~1962年七卷中有关昆虫生理、生化方面的综述性論文, 选取23篇, 加以編譯而成。內容涉及昆虫的代謝过程、原生质和各种物质的化学組成, 有关昆虫生长、蛻皮、发育和生殖的机制, 激素控制調节, 昆虫神經与感觉器官的生物物理过程, 以及其他一些重要課題。

本书可供高等院校生物系及农、林、水产、畜牧、医学院校师生和有关研究、技术人員参考。

昆虫生理学及生物化学进展述评

張 宗 炳 編 譯

上海科学技术出版社出版 (上海瑞金二路450号)

上海市书刊出版业营业許可証出093号

商务印书館上海厂印刷 新华书店上海发行所发行

开本 787×1092 1/23 印張 22 20/28 插頁 1 排版字數 501,000

1964年8月第1版 1964年8月第1次印刷

印數 1-4,000

統一書號 13119·572 定价(科七) 3.20 元

編 譯 前 記

(一)

本书是根据《昆虫学綜述年刊》(Annual Review of Entomology) 1956~1962 年七本书中选出的 23 篇綜述性論文編譯而成的。所选的論文限于昆虫生理学及生物化学。由选择的材料可见,本书不是昆虫生理学或昆虫生物化学的全面性的书籍,而是近几年来发展迅速、有重要进展的方面的綜述报导。因此,有些問題就不可能在全书中完全涉及。例如,对血液的生物化学及血細胞的生理生化有詳尽的綜述,但对一般循环生理却没有涉及。又如,对于糖代謝有詳尽的总结,而对脂肪代謝却没有这方面的論文。但整个說来,这里所选的 23 篇論文已經把当前昆虫生理学及生物化学最重要的方面大体包括在內了。

編譯本书的目的是为了介紹目前国际上昆虫生理学及昆虫生物化学的近况及进展。但是为什么要把昆虫生理学及昆虫生物化学在昆虫学科中这样強調地提出呢?原因也是极明显的,因为这是目前昆虫学科中发展的方向。第四届国际生物化学会議 1958 年在維也納开会时,在十二个討論会中,有一个討論会的主题是“昆虫生物化学”,其他都是一般的題目(如碳水化合物,木材,固醇,抗生素,形态发生,病毒,蛋白质,高分子,血液凝結及維生素等);可见昆虫生物化学最新发展的迅速及其重要性。

昆虫生理学与昆虫生物化学之所以在近年来变为越来越重要的情况,是与整个生物学发展的趋势分不开的。整个生物学科的发展经过

了几个阶段:在最早期只是对生物种类的鉴别与描述,产生了形态学及分类学;后来发展了对生物生活的观察描述,于是有了生态学及自然观察,即对生物个体的生活习性 & 生长发育等的记录观察。进一步的研究必然会趋向这些生物的生活机能,生长发育的机制;于是有了生理学、遗传学、胚胎学等。当然,也在同一时期前后,由于显微镜发明,开展了对于生物的细微结构的研究——组织学、细胞学,以及微生物学等。这许多学科再进一步的深入就引入到了用物理化学方法对于生物的生长、发育、代谢等机制的分析。这便是生物科学逐渐由生物水平、细胞水平而进入到了分子水平,逐渐由描述阶段进入到了分析阶段的过程。

正因如此,在研究昆虫的生命规律、生长发育、新陈代谢等等现象时,也有同样的趋势。由对昆虫的形态描述、分类鉴别,到昆虫的生态学及自然观察,到昆虫的生理机能、遗传机制的研究,以至到了目前,开始进入到了昆虫的生物化学及生物物理的研究阶段。例如,以前研究家蚕利用时,只是考虑给予什么最适的温湿度,最好的营养;逐渐就进入到了为提高丝产量而研究丝蛋白合成的机制。又如,以前研究害虫防治时,只是考虑用什么消灭方法,用什么毒物,逐渐到了研究毒物应该如何应用最合适,应用浓度、应用方式、施用对象等;再进一步便观察毒物杀死昆虫的生理征象,以至追究到毒物杀死的机制;究竟是破坏了什么酶系,影响了哪些生理过程;而最近,各种杀虫药剂的毒理作用已由化合物的分子空间结构,电子分布密度来考虑其作用了。由此可见,昆虫学的研究在逐渐深入,最后自然而然地进入到要求说明昆虫生命现象的物理化学基础,必然要发展昆虫的生物化学及生物物理学科。这就是近十几年来,昆虫生理学及生物化学得到很大发展的主要原因。生物物理这门学科比较上更年轻些,在昆虫学方面也有了应用;但是目前研究资料还比较少。昆虫飞翔的空气动力学,昆虫发光的光谱,昆虫神经的电生理等也有了一定的研究。有些问题目前与昆虫生物化学是密切联系的,我们可以在本书中看到,在“飞行肌生理”一文中会涉及一般飞翔的空气动力学,在神经系统一文中,有一部分电生理的资料等。

因此,这本书中主要是以昆虫生物化学为主,也可以说是昆虫的化学生理学或生理化学,而包括了一部分生物物理的材料。

(二)

在这里再把昆虫生物化学近几年的发展情况作一个比較概括性的綜述。

昆虫生理学及生物化学涉及的面很广。一切生命现象都有其物理化学基础,因此都可以作生物化学方面的研究。(1)代謝过程,包括由取食、消化、吸收、代謝到排泄的整个过程,特别是呼吸与能量轉移等,是生化研究的一个主要方面。在昆虫中,这一方面有其特点的是昆虫特殊的能量代謝(飞翔时需要大量能量供应),昆虫的特殊蛋白质代謝,特殊的食性,因而有特殊的消化吸收机制等。(2)原生质的化学組成,以及在不同形态結構中及不同生理状态下形成的各种物质的化学組成是另一个主要方面。在昆虫生物化学内,这一方面就是許多昆虫特有的物质的化学分析与研究;如蚕絲、蜂蜜、昆虫表皮中的几丁质、昆虫的毒素、色素等。(3)昆虫作为遗传学的材料(主要是果蝇)有其悠久的历史,在这方面也有生物化学的研究;如眼色素的遗传,抗性酶系的遗传等。这又是一个主要方面。(4)有关昆虫生长、蛻皮、发育及生殖的机制,以及激素对它們的控制調節是一个有許多研究資料的課題。由激素的研究,又开始了信息激素(或外激素)的研究。(5)昆虫神經及感觉器官的生物化学过程及生物物理过程。(6)其他一些方面,如发光的生物化学,杀虫药剂引起的不正常的生化影响及昆虫对杀虫药剂的解毒代謝等。

现将这些方面分別地討論如下:

(1) 在昆虫代謝方面,除了一般地对于消化、吸收、呼吸、排泄等各方面的研究之外,有几点是比較突出的。由于昆虫食性的复杂,因此消化酶系也十分不同;对于纖維素、木质及几丁质的利用,除了共生菌的作用之外,已有报导在少数昆虫中有特殊的酶系。但是蛀食羊毛的昆虫已証明主要不是由于特殊分解角蛋白的酶系,而是由于消化道内維持了很高的还原电位,能破坏角蛋白中的双硫鍵,从而使其分解。吸血性的昆虫对于血球細胞的消化,以及对于血液与植物液汁的分別消化都是其特点。但是消化后的产物的吸收基本上与高等动物相似。植食性昆虫对于不同糖类的利用与它們对寄主的选择性与植物内化学物質的关系也是一个重要的問題(特别是从农业昆虫学的角度来看)。对于蜡及

脂肪的消化吸收最近在某些特殊昆虫中（如蜡蛾）有了研究，指示出也与高等动物极不相同。

吸收后的物质的代謝过程研究得比較多。在蛋白质代謝方面，唯一的特点就是昆虫血淋巴液中有特別高的游离氨基酸量，它的意义还不明确。脂肪体似乎与蛋白质的代謝有关，在卵巢发育时，脂肪体发生了变化，动用了蛋白质。脂肪体内也有各种有关蛋白质代謝的酶系，如氨基轉移酶等。一部分蛋白质分解代謝产物是先在脂肪体中出现的，或有的儲存在脂肪体内。

蛋白质的合成在蚕絲形成这一問題上得到了很多的研究，証明了絲蛋白合成的材料来源至少部分是血淋巴液中的氨基酸，同时也証明了这些氨基酸有轉变的代謝，如苯丙氨酸与酪氨酸；也有氨基取代作用，如丙酮酸成为了丙氨酸等。蚕絲蛋白的化学結構也有了許多分析，对于其氨基酸組成、种类及排列都有了比較一致的看法。附帶可以提出，蚕絲蛋白是研究蛋白质合成中核酸模版的信息密碼的一个好材料；因为它的組成簡單，易于分析。在非洲有一种蚕，其蚕絲中的氨基酸几乎只有两种：甘氨酸与丙氨酸；有人已經用它檢驗了目前几种信息密碼。

蛋白质的分解代謝研究得更少，精氨酸（尿素）循环曾有人在某些昆虫中发现；但是在多数昆虫中是否存在还是問題。在昆虫中的主要含氮的排泄物是 NH_3 及尿酸。

碳水化合物的代謝是目前昆虫生物化学研究中的一个重点。理由是昆虫的飞翔运动需要大量的能量供应；因此对于昆虫的糖利用引起了許多人的注意。已經証实，在多数昆虫中，有高等动物的糖解过程、三羧酸循环及己糖单磷酸代謝。但是，其中可能有些小的差异。一个重要的发现就是在昆虫的飞行肌中具有另一个重要的糖代謝循环，即甘油磷酸酯循环。这个循环迅速地提供了大量的能量，可能說明了昆虫运动的能量大和供应迅速的特点。附帶也可以提起，已經証明，昆虫飞行肌的肌粒乃是大的綫粒体；这将为生物化学提供有利的材料，正如双翅目昆虫唾腺的大染色体是遗传学的有利材料一样。这一方面已經使許多生物化学家用这材料进行了呼吸酶系的研究。

在碳水化合物的代謝中，由呼吸酶系来看，与高等动物的差异不大。比較突出的就是肌肉中的細胞色素含量特多，以至于肌肉呈现紅

色。細胞色素的各个組份的光譜分析有了較多的研究，并与高等动物作了比較。應該指出，在昆虫中，由于血液中没有血紅素来結合氧，因此細胞色素氧化酶在呼吸中的作用就更为重要。还已經証明，在昆虫生长发育及滯育过程中，細胞色素氧化酶及其他細胞色素都有相应的改变，有人以为这与滯育及发育有直接的关系。

碳水化合物分解代謝的最終产物是水与二氧化碳。在昆虫中，水分常常是十分節約的；因此关于代謝水的回收与保留是昆虫排泄方面的一个研究課題。由于昆虫气門的开閉控制，特别是在滯育昆虫中，已經有人研究了二氧化碳的循环性释放，以及它們在血淋巴液中的暂时儲存及碳酸酐酶的作用等。在碳水化合物的中間代謝物中，有一点与高等动物十分不同的，就是产生的乳酸量极少。这已由甘油磷酸酯循环予以闡明。

昆虫的脂肪代謝研究得較少。有人指出，在直翅目及鱗翅目昆虫中，飞翔时的能量来自脂肪。可以想象，由脂肪形成甘油，然后經磷酸化作用进入到甘油磷酸酯的循环中。昆虫脂肪代謝必然是一个重要的問題，因为在一般昆虫生长中，都看到有大量脂肪的儲存，然后在成虫发育(变态)及生殖器(特别是卵巢)发育过程中被利用。在卵黄体发育过程中脂肪代謝已有了初步的研究。

昆虫的营养得到了最多的研究。为了闡明昆虫的营养需要，发展了各种人工飼料及化学規定飼料及无菌培养法。对于許多种昆虫已基本上弄清楚了它們的氨基酸、維生素等的需要。有些情况与高等动物相似(如必要的十种氨基酸、維生素等)，也有些特殊的营养需要，如拟步行虫科的維生素 B_{12} (即肉毒素)的需要。昆虫营养的研究也包括了它們对于自然食物的需要，如吸血性昆虫、植食性昆虫等的特殊营养条件。这一方面的研究所以如此蓬勃的发展，一方面是由于生产实践上的需要，例如为了使家蚕发育良好及提高产絲量，必須充分滿足、甚至于要求进一步改善其营养条件；另一方面它是一切生理生化研究的基础，用标准营养条件及无菌方法来获得一致的試驗昆虫，减少試驗分析中的誤差。在这里，可以附帶提起，昆虫的組織培养也是由于同一需要而发展起来的。最后，昆虫营养的研究在理論上也有其重要的意义，这是比較生物化学的一个重要部分；由此可以帮助了解动物对于营养要求的进化过程。

(2) 昆虫身体組織及各种产物的化学組成的研究。作为一个动物类群來說,昆虫具有許多在化学上的特点:蜂蜜、蚕絲、虫蜡、几丁质、昆虫毒素、昆虫色素等等。其中有許多有生产实践上的意义,有些成为重要的經濟产物。这一部分昆虫身体上的物质或产物本是有机化学范畴;但是它們的形成与改变却是重要的生物化学的課題。

上文已經指出了蚕絲蛋白的有机化学研究及生物合成的研究。在对蜂蜜、蜂蜡及王浆方面也有許多研究,特别是蜂蜡及王浆的形成过程。后者的生理作用(刺激卵巢发育,对于蜂王的形成)及其营养因素有了极詳尽的分析。王浆已經有人作为人的滋补药品使用,但是它的医疗作用及机制尚未完全闡明。

昆虫的毒素是一个新的研究領域(本书中沒有对它的綜述,可参閱第四届国际生化学会关于昆虫生物化学的討論会)。有些毒素是药品,如蜂毒、斑蝥素等;有些間接对我们有用,如虫瘻(五倍子)等。对蚂蚁及蜂类中的毒素研究得最多,它們在体内的形成与代謝过程在某些种內都已有所闡明。鞘翅目,如隱翅蟬科、金花虫科等的毒素也有了研究。有人已初步試驗了用某种蚂蚁中的毒素作为杀虫药剂。

昆虫的色素的研究基本上情况相同;但是这一方面除了在工业上有一部分应用外,实践意义较为間接。并且,多数研究是有机化学的分析鉴定,而較少是由生物化学的观点研究其代謝形成。昆虫黑色素的代謝与色氨酸的关系基本上与高等动物相似。

附帶可以提起另一类昆虫产物,目前命名为信息激素。它的作用是在一个种群的个体之間作为信息而起調节控制的作用;但是它本身是一个化学物质;多数是昆虫分泌到身体外面,因此也有人称之为外激素。性引誘物就是这种信息激素。雌虫在腹部末端的腺內分泌出一些物质,它的气味能把雄虫招致誘来,并引起交配行为。許多昆虫中都已証实有这种性引誘物存在;家蚕的性引誘物經過 20 年的研究已經作出了化学鉴定。据說,这是目前所有的化学物质中具有生物活性最强的一个;只要有約 100 分子就能引起反应。引誘物的研究的重要性还可以由最近的害虫防治来看出,两种果蝇在某些地区的彻底消除(根治),全是依靠引誘剂加毒剂的作用。因此这一方面的研究必然会有极大的发展。

另一类信息激素存在于社会性昆虫中,蜂王身上的分泌物,可以抑

制全巢的工蜂的卵巢使其不发育。在除去蜂王后，立即可以看到工蜂卵巢的发育以及其他行为上的改变。在蚂蚁及白蚁中，这种信息激素均已发现。这又是一个新的研究领域。

其他昆虫身体部分及产物的研究也还不少。几丁质如何利用为化学工业的材料，是一个旧的、但是极重要的问题。因为几丁质易于大量取得(大量饲养昆虫)。虫蜡、虫胶等的分析，结合着它们的利用，也正在研究中。

(3) 昆虫的生化遗传学。虽然这也是昆虫生物化学中的重要一支，但是在这里不准备详细讨论。《昆虫学综述年刊》前 6 卷中 (1956~1961) 关于昆虫细胞遗传方面的论文有 7 篇；而其他方面涉及昆虫生化遗传的更多；例如色素的遗传(特别是眼色的遗传)；杀虫药剂抗性的遗传等等。

生化遗传学利用昆虫材料的一个特点就是双翅目昆虫唾腺的大染色体，便于进行细胞学观察或细胞化学的分析。另一个优点乃是早期遗传学研究中对于果蝇的染色体及性征的遗传具有丰富的资料。因此，把这二点联系起来，使得昆虫在目前依旧是生化遗传学中一个重要试验材料；虽然近些年来细菌及病毒逐渐占了更重要的地位，但是比较起其他动植物来，昆虫还是更为常用的。

概括地说，昆虫的生化遗传学主要有两个方面。(1) 染色体的细胞化学的研究，如灯刷染色体与核酸形成的关系，染色体的细微结构，DNA 与 RNA 的分布与量的改变等。这一方面特别是对于 DNA 与 RNA 的分布，行为(如 RNA 在染色体上的鼓泡中的形成，它们如何透出核膜)等在遗传学上的意义是研究的重点。(2) 昆虫某些性征形成的生物化学过程及其遗传控制；如复眼色素形成中，由色氨酸→狗尿氨酸→羟基狗尿氨酸的代谢过程如何由基因控制。在果蝇、*Ephestia* 及家蚕方面都有大量的资料。

生化遗传学是目前遗传学发展的高峰，是用分子水平来阐明遗传物质基础及遗传物质的传递机制(包括信息传递)。这方面在近年来的成就是突出的；但是其中只有一小部分工作是用昆虫作试验材料的。不可能在此对于生化遗传学近年来的成就作详尽的综述，可参阅《遗传学的进展》(每年一册，自 1951 年开始)。如“家蚕的生化遗传学”在第 6 卷中。

(4) 昆虫生长发育的生物化学,包括蜕皮过程、滞育等。这一方面的研究集中在两个問題上。

第一个問題是激素对生长、发育、变态及蜕皮的控制,企图由此来阐明生长发育等的机制。自从早期发现有蜕皮激素之后,一系列的研究阐明了昆虫的内分泌系統包括有咽側体、心側体、前胸腺、咽下神經节及大脑本身;阐明了神經調节与内分泌調节的一致性,即神經系統各部分中有一些神經分泌細胞,它們的分泌物(激素)又激活或抑制了其他内分泌腺的活动。生长、发育、变态等一般过程都由它們控制,甚至于昆虫的滞育也証实与它們有关,或者按照某些人的意见,基本上由它們控制(即某些内分泌腺的停止活动是滞育的原因)。

近些年来在这方面的研究沿了两条路綫在发展,一方面是化学家对于这些激素的提取、分析与鉴定。很多提取物能够模仿了内分泌的作用,注射进去与移植某些内分泌腺相同。另一方面是代謝的研究,即激素如何引起生长、发育、变态或滞育的机制。例如,在滞育昆虫中激素与呼吸酶活性之間的关系,在蜕皮期間激素对于血淋巴液中氨基酸的改变及动用;在变态期間激素对于組織分解的影响等。这些研究都有新的发现,具有重要的理論意义,并且对于控制昆虫生长发育的生产实践也有极大的指导作用。

第二个問題是生殖。生殖系統的发达成熟中的生理生化变化是目前研究中的一个重要課題,联系着也就研究了在不正常情况下的生理生化改变。精子形成与卵細胞成熟中的特殊蛋白质代謝,以及核酸的变化有比較多的研究。但是,更受人注意的一个問題是不育性問題。这是生殖生理又一方面;这一研究是从害虫防治的角度提出的。在近年来害虫防治中,已經有充分証据說明,造成昆虫不育性是防治害虫的一个更有效的方法。有人甚至于提出了培育昆虫的不育性突变型,或帶有致死基因的突变型来消灭害虫。但是这几年来做得比較多的是从物理及化学这二个方面来造成昆虫不育性。前者主要是利用輻射(主要是X光及丙种射綫);后者是利用各种化合物。通过某些化合物造成卵巢停止发育,或不形成精子,就可以部分地了解卵巢或精子发育的正常生理生化机制。这个新研究課題正在越来越受到人們的注意;很多抗核酸代謝物已經成功地用作了昆虫的不育性药剂。

与对生长、蜕皮、变态一样,关于生殖的激素調节也同样地有研究。

例如,已經闡明了咽側體對於卵巢發育中的蛋白質合成有影響,對於動用脂肪體內的儲存物質也有影響。

(5) 神經系統及感覺器官的生理生化。昆蟲神經電生理學一向是研究的一個重點,因為它具有自發性衝動;這在高等動物的神經傳導中是少有的現象。自發性衝動的研究,較近由於殺蟲藥劑對神經傳導的抑制而得到了啟發。許多種神經毒劑,如 DDT、狄氏劑、TEPP(四乙基焦磷酸酯)在處理昆蟲之後,引起昆蟲在血淋巴液中發生一個毒素。試驗證明,這個毒素與所用的殺蟲藥劑無關,它是昆蟲本身所產生的;進一步的研究又證明了它是由神經所產生的。這個物質抑制了神經的傳導,但是這與有機磷殺蟲藥劑引起中毒的情況不同,這個物質不是膽碱酯酶的抑制劑(雖然可能與乙酰胆碱的釋放有關),因此不是在關鍵處產生阻礙,而是對於自發性衝動的抑制。當把這一毒物除去時,神經纖維的傳導作用就可以恢復,雖然這時候在關鍵處的傳導仍可以由於有 TEPP 存在而被抑制。由此可以看出自發性衝動在昆蟲神經傳導中的重要作用,同時也可以看到了自發性衝動與這毒物的產生與消除有關(在正常生活中,它是不断地被產生與消除;在中毒時,連續不斷的自發性衝動產生了大量的毒素,結果引起神經纖維的傳導停頓)。這一方面的研究,必然會逐漸把昆蟲神經的生理生化問題澄清,不但在理論上有其重要意義,並且對於新的神經毒劑的探索(由於了解了其毒理機制)也必然有所推動。

昆蟲神經傳導中膽碱酯酶的作用也是研究得偏多的一個問題。這個問題是由於昆蟲毒理學所提出的。由於有機磷殺蟲藥劑及氨基甲酸酯類殺蟲藥劑都是膽碱酯酶的抑制劑,可能其他殺蟲藥劑也與它有間接的關係,因此許多人企圖用膽碱酯酶的抑制來說明這些殺蟲藥劑的毒性。但是,除了對於昆蟲這種酶系有所鑑定之外,一般研究結果都與高等動物基本上相似,沒有什麼突出之處。

昆蟲感覺器官的生理是一個極有前途、並極有理論與實際意義的問題,可惜這方面的工作還做得比較少。已經知道,昆蟲的感覺器官特別敏感;例如化學感官可以感到幾公里之外的物質(由雄蟲飛向雌蟲的性引誘行為而測定)。昆蟲的感官在形態上有一個特點,即感覺細胞與感覺神經之間沒有關鍵,一直通到中央神經系統。這是否與其特殊的靈敏度有關尚不得而知。

在化学感官另一方面的研究是从生产实践上的驅避剂及引誘剂所提出的。可以說,在研究化学結構与生物活性的关系时,这是最合适的題材。研究杀虫药剂的化学結構与毒性的关系,可能中間杂有其他因素(如穿透作用、代謝及活化等);而在化合物的引誘性或驅避性与其化学結構之間的关系是最直接的。这一方面在近几年来有了初步的成績,例如引誘果实蝇的几种化合物与它們类似的衍生物在結構与活性上的关系。

其他感觉器官的研究比較少,只是昆虫的复眼的生物物理(感光作用)及感光时色素的化学变化有一定的研究。在生物物理方面,附帶可以提起的是,較近有人研究了昆虫对于声波及超声波的感受(主要是夜間飞行的昆虫种类)。

(6) 其他方面。其他方面包括得很多。昆虫发光的螢光素与螢光素酶的氧化作用,昆虫水分調节(結合水与游离水)及抗寒性的生理生化(甘油的作用),昆虫的行为及趋性的生理生化基础等都是。但是比較重要的有两方面:

首先是昆虫生理生化在毒理学方面的发展,其中又包括几个主要問題。药剂对于昆虫表皮以及其他膜(如神經鞘)的穿透性問題;这是决定毒效的一个重要因素,同时也由此可以了解膜的結構与机能。药剂对各种酶系的抑制作用,如上述的有机磷杀虫药剂及氨基甲酸酯对于胆碱酯酶及脂族酯酶的作用,DDT 对于碳酸酐酶的作用,呼吸毒剂对于細胞色素氧化酶的作用等。各种酶系在昆虫体内的活化及解毒作用,如 E605、Malathion 等在昆虫体内被氧化,另一些有选择性的毒剂在体内被分解(羧酸酯酶,酰胺酶)等。最后这一方面已成为近年来毒理生化方面研究得最多的一个課題。此外如杀虫药剂对于其他生理生化过程的影响,化学結構与毒性的关系等都是在毒理方面极重要的問題。

正常的昆虫生理生化是毒理学的基础,但是毒理学的研究反过来又往往丰富及启发了正常生理生化的研究。例如,上述的神經自发性冲动就是先由毒理学研究开始的,对于生殖及不育机制也得到了毒理学許多的启发。

其次是昆虫的胚胎发育的生理学及生物化学。这也可以归到第四大項中(关于昆虫生长发育这一部分);但是胚胎学的研究不同于上述的胚后生长、发育、蛻皮、变态的分析。并且这一方面只有在較近才得

到了更多的注意。

昆虫的胚胎发育有其特点，它是表面卵裂型，它的内胚层形成也不同于其他动物。在高等动物实验胚胎学中的“組織者”及部位决定的分析，在昆虫中都不完全相同。这一方面目前已开始了昆虫胚胎发育的分析，如特化中心与分化中心的发现，它們与核酸的关系。胚胎发育期中卵黄体的分解过程，游离氨基酸、游离 SH 基及磷化物的变化等也有了报导。相信这一方面不久会有很大的发展。

由以上六个方面的簡略的概述，可以看出昆虫生理学及生物化学的发展近况及其主要发展方向；也可以看出它在理論上及实践上的重要意义。

(三)

但是，在这本书中，取材是由《昆虫学綜述年刊》1956~1962 的七本书中所选的論文，它并不能代表上述的全部。有些方面論文多，讲得也比较全面，如昆虫的营养与消化(包括組織培养)；有些方面，完全没有談到，如昆虫的毒素及其他天然化合物的生物合成等。

有两个部分是編譯者有意識地沒有列入的，一个是昆虫毒理学部分，一个是昆虫生化遗传学部分。它們应当另有专书介紹。在《昆虫学綜述年刊》的 1956~1962 年七本书中，有关昆虫遗传学的有以下文章：

- [1] 細胞遗传学及系統昆虫学, M. J. D. White, II : 71~90。
- [2] 遗传学与蜜蜂的培育, W. C. Rothenbuhler, III : 161~180。
- [3] 昆虫的細胞遗传学, S. G. Smith, V : 69~84。
- [4] 昆虫的染色体变异及适应, A. B. de Cunha, V : 85~110。
- [5] 昆虫对化学物的抗性的遗传, J. F. Crow, II : 227~246。
- [6] 蚊子的杂交与种的形成, L. E. Rozeboom & J. B. Kitzmiller, III : 231~248。

其他有关进化或一般昆虫生物学的論文中也有述及。

在这七本綜述年刊中，有关昆虫毒理方面的文献更多(12篇)，这里不一一列出。

因此，作为一个昆虫生理及生物化学的全面介紹，本书中的內容是不够的。本来可以由其他书籍杂志中寻找另一些綜述性論文予以加入；

但是这样做一則篇幅就要大为增加，二則找到的綜述性論文未必尽如人意，有些太久了（約 1951 年左右，甚至是 1951 年以前的），有的綜述面不廣。为此，就用了另一个补救办法，那就是在这里列出一些書籍杂志，让讀者們自己去查閱。

有关昆虫生理及生物化学的中文書籍較少。一般性的書籍有：

[1] 《昆虫生理学》（上、下册），胡文著，科学出版社出版（原书 1949 年出版）。

[2] 《昆虫生理学基础》，科兹尼楚夫著，科学出版社出版，只出了第一卷（原书 1948 年出版）。

此外，英文的一般昆虫生理学的書籍有：

[1] 《昆虫生理学原理》（Principles of Insect Physiology），Wigglesworth 著，1954 年最后一版。

[2] 《昆虫生理学》（Insect Physiology），Roeder 主編，有 20 多位作者合作，1953 年。

[3] 《比較动物生理学》（Comparative Animal Physiology），Prosser 主編，有 10 多位作者合作，1951 年。

[4] 《无脊椎生理学的进展》（Recent Advances in Invertebrate Physiology），R. Scheev 主編，1954 年。

这些几乎都是十年前的著作，此后还没有新书出现。

昆虫生物化学方面，上述的第四届国际生化学会出版了一本书（1958），名为《昆虫生物化学》，由 Levenbook 主編，其中包括不同作者的論文 16 篇。这些多数是研究报告，也有一部分是綜述性的論文。其中有几篇特別值得参考，例如：

昆虫毒素的生物化学，Mario Pavan

昆虫激素的化学与功能，P. Karlson

家蚕生长虫絲蛋白的合成，T. Fukuda 等

家蚕代謝与生化的病毒誘导的关系，K. Yamafugi

昆虫脂肪代謝的某些方面，W. Niemierko

昆虫发育中的磷化物，G. R. Wyatt

新出版的一本《昆虫生物化学》，Gilmour 著（1961），这本书比較全面，只是編制上有些特別，但是不失为一本好书。在編譯本书时，有些章节的补充曾經参考了它。

在这些書籍之外，有許多綜述性的杂志，其中常有有关昆虫生理及生物化学的綜述論文。

例如：

[1] 《生物学評論》(Biological Review), 剑桥大学出版。有关昆虫生化的論文較多, 如“昆虫的解毒作用”“昆虫的发光”等。

[2] 《生理学評論》(Physiological Review), 一般是比较生理学方面的綜述, 偶而也有昆虫方面的專門論文。Metcalf 的“昆虫抗药性生理”即发表在該杂志上。

[3] 《生物学季刊評論》(Quarterly Review of Biology), 也有一般生理生化論文, 常涉及昆虫及其他无脊椎。

[4] 《生理学綜述年刊》(Annual Review of Physiology)。

[5] 《生物化学綜述年刊》(Annual Review of Biochemistry)。

[6] 《微生物学綜述年刊》(Annual Review of Microbiology), 例如“有关昆虫病毒感染的生物化学”。

[7] 《遗传学进展》(Advances in Genetics)。

[8] 《蛋白质化学的进展》(Advances in Protein Chemistry), 如“蚕絲的生物化学”(1958年)。

[9] 《碳水化合物化学的进展》(Advances in Carbohydrate Chemistry)。

[10] 《量的生物学的討論会》(Symposium of Quantitative Biology)。

[11] 《酶学的进展》(Advances in Enzymology)。

在这些綜述性期刊之外, 間或有些其他綜述性期刊也有少数涉及昆虫生理生化方面的文章, 例如《国际細胞学綜述》(International review of Cytology), 《內分泌研究进展》(Advances in Hormone Research)等, 前者有关于昆虫精子的細胞生理等的几篇报导, 后者有一篇关于昆虫激素的綜述。

在俄文的綜合性期刊中, 主要是以下两种: 《现代生物学的成就》(Успехи современной биология), 及《化学的成就》(Успехи химии)。有一些綜述性期刊是翻譯英文的, 不必重复。

在綜合性期刊之外, 一般杂志上有昆虫生理生化方面的研究报导的就不能一一列举了。主要的杂志有:

[1] 《昆虫生理学杂志》(Journal of Insect Physiology)。

[2] 《实验生物学杂志》(Journal of Experimental Biology)。

[3] 《实验动物学杂志》(Journal of Experimental Zoology)。

[4] 《比較及細胞生理学杂志》(Journal of Comparative and Cellular Physiology)。

[5] 《生物学杂志》(Biological Bulletin)。

- [6] 《形态学杂志》(Journal of Morphology)。
- [7] 《实验及应用昆虫学》(Entomologia Experimentia & Applicata)。
- [8] 《经济昆虫学杂志》(Journal of Economic Entomology)。
- [9] 《生化学杂志》(Journal of Biological Chemistry)。
- [10] 《生化学杂志》(Biochemical Journal)。
- [11] 《日本动物学杂志》(Japanese Journal of Zoology)。
- [12] 《皇家昆虫学会记录》(Proceeding, Royal Society of Entomology)。
- [13] 《生物物理及生化细胞学杂志》(Journal of Biophysical & Biochemical Cytology)。
- [14] 《实验细胞学研究》(Experimental Cell Research)。
- [15] 《显微科学季刊》(Quarterly Journal of Microscopical Science)。
- [16] 《生物化学及生物物理记录》(Archive Biochemistry & Biophysics)。
- [17] 《生物化学及生物物理学报》(Biochimie et Biophysics Acta)。
- [18] 《美国昆虫学会学报》(Annals of Entomological Society of America)。
- [19] 《食物及农业化学杂志》(Journal of Food and Agricultural Chemistry)。
- [20] 《实验生物学学报》(Acta Biol. Experimental)。
- [21] 《昆虫学杂志》(Entomological Obzorenie)(俄文)。
- [22] 《日本应用昆虫学及动物学杂志》(Japanese Journal of Applied Entomology & Zoology)。

1961年新出的《比较生理学及生物化学杂志》(Journal of Comparative Physiology and Biochemistry),其中关于昆虫生理生化的文章很多。

其他各国的杂志,如法国的 Bull. Soc. Chim. Biol; Bull. Soc. Zool. France 与 Compt. rend. Soc. Biol, 德国的 Z. Physiol. Chem., Naturwiss-schaften 及 Z. Vergleich. Physiol, 日本的防虫科学,加拿大的 Canadian Journal of Zoology, Canadian Journal of Biochemistry, Canadian Entomologist, 瑞典的 Acta Physiol. Scand., 芬兰的 Ann. Entomol. Fennici, 澳大利亚的 Australian Journal of Experimental Biology & Medicine, 意大利的 Pubbl. Staz. Zool. Napoli 与 Arch. Sci. Biol., 波兰的 Acta Biol. Expt., Acta. Physiol. 及 Acta. Biochim Polon., 比利时的 Bull. Soc. Chim. biol. 及 Mem. R. Acad. Belg., 瑞士的 Arch. Zool. 及 Arch. inter. Physiol. Biochem., 苏联的 Biokhimiya, 美国的 Physiological Zoology 及 Federation Proceed-