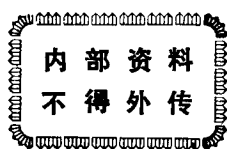


# 二〇〇〇年的中国研究资料

第四十九集

昆虫学几个重要分支学科的发展和展望



中国科协二〇〇〇年的中国研究办公室



Q96/3

第 49 集

昆虫学几个重要分支学科的  
发展和展望

中国昆虫学会

中国科协2000年的中国研究办公室

1985. 7

## 目 录

|                           |          |
|---------------------------|----------|
| 实验昆虫学在我国的发展.....          | 钦俊德 (1)  |
| 医学昆虫学2000年的展望.....        | 陆宝麟 (11) |
| 医学昆虫的综合防治——概况与展望.....     | 高巨真 (19) |
| 我国作物抗虫性研究及利用.....         | 曹 骥 (36) |
| 2000年的“中国森林昆虫研究和防治” ..... | 肖刚柔 (38) |

# 实验昆虫学在我国的发展

钦 俊 德

(中国科学院动物研究所)

## 提 要

本文叙述实验昆虫学在我国发展的概况,讨论现状和趋势及到本世纪末某些领域可能取得的进展,使在下世纪初能从整体跟上世界先进水平。实验昆虫学是指用实验方法来研究昆虫生命现象中基本问题的科研领域。本文从以下四个方面介绍研究进展:一、昆虫的个体发育和生殖,二、食性及对异生因素和毒素的反应,三、扩散和迁飞,四、昆虫产物的生物合成。

解放以来,我国对一些重要益虫和害虫的发育和生殖不断进行了研究,其中包括蚕类、飞蝗、夜蛾等。个体发育可分为胚胎发育和胚后发育两部分。前者联系卵期的生理生态特征,总称为卵期生物学,以飞蝗为例,说明蝗卵所涉及的各种问题和在治蝗应用上的意义。激素调节昆虫胚后发育中变态、滞育、变型等现象;从六十年代以来我国在这一领域进行了一定的工作。多化性纯系蓖麻蚕,通过人工驯化,已培育成能以蛹滞育越冬的新品系。这是从无滞育昆虫培育成有滞育品系的罕有例子。对这种演化的激素调节机制现正在研究中。此外曾先后研究了激素对飞蝗、夜蛾、蚕类和瓢虫生殖的调节作用。昆虫在生殖期间产生两性引诱物质,在鳞翅目中一般为直链的碳氢化合物衍生物,了解其化学结构可人工合成并用于田间对害虫发生期和数量的检测和诱杀。

了解昆虫取食时所需的感觉刺激及发育所需的营养成分,能使配制成功昆虫的人工饲料,由此可在实验室繁殖昆虫并研究食物中各类成分所起的作用以及植物抗虫性的原理等。我国在这方面已有一定的工作,其中包括食性专一的桑蚕、三化螟及刺吸的蚜虫等。昆虫对食物的有毒成分可在行为和代谢上产生适应性,例如拒食或发生解毒作用。这种特点和昆虫对杀虫药剂产生抗药性有某种相似之处。

害虫的为害和它们的活动能力及活动方式有密切关系。昆虫的活动包括扩散和迁飞;这些现象有重要的生物学意义,是国内外当前注意研究的课题。我国有远距离迁飞活动的昆虫包括飞蝗、粘虫、地老虎、褐飞虱、稻纵卷叶螟等。数年来对它们的飞行能力、迁飞距离和路线,迁飞与气象条件的关系等进行了研究。当前应从提高检测技术等着手,使研究成果能更好地应用于害虫测报和防治上去。

自解放以来,我国对蚕丝的生物合成已进行了不少研究,其中包括丝腺的结构和功能,丝蛋白的来源和合成的代谢途径及利用昆虫激素提高蚕丝生产等。这也是我国七十年代以来应用保幼激素类似物和蜕皮素提高蚕丝产量的理论基础。

最后,本文提出加强实验昆虫学研究的必要性和某些有关的措施。

## 绪 论

昆虫是动物界起源极早和种类最多的类群，有的侵害庄稼人畜，有的生产有用的物质和原料；我们的祖先对它们进行防治或利用，曾积累了不少的经验。我国首先发明养蚕，至今已有五千多年的历史。在这漫长的岁月中桑蚕经过培养，在人工选择和环境因素的作用下产生了很多遗传变异，和原来的野生品系有了很大的不同；人们通过生产实践，对它们的生物学特性逐渐提高认识。早在东晋时期在浙江永加一带已使用低温催青的方法来改变桑蚕的化性。对于害虫，从诗经可看到早在三千年前的西周已知道“去其螟螣…秉畀炎火”，可能那时在黑夜利用螟蛾飞蝗等的趋光性和对红外线的感觉作用，以篝火诱杀这些害虫。我国以昆虫入药也有悠久的历史，公元前二世纪已用斑蝥等来医治某些疾病；实际是利用这类昆虫所食的斑蝥素。饲养蟋蟀开始于唐代，到宋则斗蟋蟀的风气大盛。当时剥削阶级以昆虫作娱乐，对生产无益，但对它们有了一定认识，曾留下很多著作，对蟋蟀种类、食饵和生活习性等都有较详细的记载。总之，我国在古代已认识到昆虫的一些特点，曾使用了不少实验的方法来达到某种防治和利用的目的。这些传统显然能对我国现代昆虫学的发展起着积极作用。

西方现代昆虫学的根源可追溯到十八世纪对昆虫的分类和描述，而对昆虫机能的研究则开始于十九世纪，到本世纪三十年代以后迅速发展，组成了实验昆虫学的主要部分。昆虫生态学研究昆虫与环境的关系，该学科以种群生态学为主流，对害虫和益虫的治理发生密切的关系，主要是在本世纪二十年代以后发展起来的；其中如环境因素对昆虫滞育的影响，温、湿度对昆虫行为和活动的作用等，称为生态生理学的部分，所用的均为实验方法，四十年代有机杀虫剂的发现和使用以后，促使昆虫毒理学的发展，重点在于查明药剂的作用机制和昆虫抗药性的原因。五十年代以后注意到微生物与昆虫的相互作用，开展了昆虫病理学的研究。七十年代开始用实验方法探索不同类群昆虫的亲缘关系和种群分化，开拓了昆虫分类学的新领域。所以从现代昆虫学的发展，可看到由描述、调查一般的分类进入实验阶段是必然的趋势。

本文叙述实验昆虫学在我国发展的概况，看重讨论现状和趋势，以及到本世纪末某些领域可能取得的进展，以便设计在下世纪能跟上世界先进水平作为参考。这里所谓的实验昆虫学主要包括用实验方法来研究昆虫生命现象的基本问题，如个体发育、主要器官或组织的机能，对环境的适应、种群数量的变动，种下的分化等。这些问题间接和直接与生产有关，但研究的主要目的在于揭发规律，提高对昆虫基本特性的认识。一些先进国家目前重视害虫的综合防治，但深感对主要害虫以及它们的天敌昆虫的生物学知识掌握不够，所以这方面的研究仍是十分重要的。

我国实验昆虫学主要是在解放以后发展起来的；关于昆虫生理学、生态学、毒理学和病理学的发展情况，在1979年曾进行了初步总结，登载于昆虫学报。实验昆虫学在我国的发展由于受政治运动的冲击，曾经历曲折的道路，但也具备了优越的条件，这是因为：（1）我国的昆虫区系十分丰富，已熟悉的益虫和害虫种类很多，材料易得，由此

可形成内容充实的学科；（2）我国的昆虫学有注重生产应用的传统，无论对益虫或害虫均着眼解决实际问题，从而影响实验昆虫学的研究，使之能目的性明确，有助于学科的发展；（3）现代技术在我国有很快的发展，有助于实验昆虫学的研究进展，例如以高压液体层析分析昆虫的成分，以穿透和扫描电镜观察昆虫的细微结构等条件在国内已开始建立，随着我国仪器工业的发展和经济的好转，建立现代化的实验室比较容易。但我们还应清醒地看到某些过左倾思想的干扰，特别是急功近利，只要求解决目前的问题，对基础的研究有抵触情绪，这对于我国科学技术的现代化非常不利。

实验昆虫学的范围很广，根据上述可知它在有关昆虫的科学领域中至少涉及四、五门学科，本文篇幅有限，不能按学科进行讨论。今采取以昆虫为对象，讨论它们某些最重要的生物学问题。昆虫有哪些最重要的生物学问题呢？按本文作者的个人体会并参考国内有关工作的内容，认为可分为如下的几个方面：一、昆虫的个体发育和生殖；二、食性和对环境因素的感觉和反应，特别对于化学因素；三、活动，包括扩散和迁飞；四、昆虫产物的生物合成。以下介绍国内外有关研究的概况，并讨论可能进展的前景。

## 一、个体发育和生殖

解放以来，我国对一些重要益虫和害虫的发育和生殖已进行了一定的研究，其中包括蚕类、飞蝗、夜蛾、蚜虫及其天敌如瓢虫等。阐明它们胚胎和胚后发育以及生殖的某些特点，原是谋求益虫利用和害虫防治中取得更好成绩的基础知识，其重要性显而易见。但昆虫的发育和生殖的实验研究，其范围和涵义远远超过上述狭隘应用目的所追求的境地 and 标准。自从五十年代以来国际发育生物学的新趋势，是以分子生物学替代了二十年代发展起来的以组织者（“organizer”）和诱导为中心思想的实验胚胎学，昆虫可作为这方面研究的良好材料。事实证明，从昆虫所揭发的某些现象和规律，对整个生物界有重要的意义；在摇蚊末令幼虫注射蜕皮素引起涎腺多线染色体纹道产生“疏松”，从而暗示激素的作用机制，便是一个最好的例子。

昆虫的个体发育通常分为胚胎发育和胚后发育两个阶段；前者指卵受精后到胚胎发育完成，并也包括卵的形成；若联系此阶段的生理和生态特征，可合称为卵期生物学。胚后发育指幼虫孵化后完成令期的生长，经变态而成为成虫。对昆虫胚胎发育和卵期生物学的研究，我国到目前为止已有蚕类、飞蝗、荔枝蜡象等种类。昆虫卵期适合进行各种试验研究，其所以重要在于：（1）卵期是昆虫世代间的桥梁，上代的遗传特性通过受精卵传递给后代，而遗传信息借核酸、蛋白质合成的途径，其中转录和翻译过程的试验分析以昆虫作为材料有很多方便和优点；（2）卵期是昆虫生活史中比较静止的阶段，其构造和生态关系曾被认为是一个闭合式的系统，而且在有些昆虫如桑蚕、土蝗、伊蚊等胚胎期有滞育现象，表现对环境因素有高度的适应性；（3）在不同的昆虫类群中，卵期的发育速度和所需的条件有一定的差异，一般以不完全变态的种类发育期较长，对于水分、温度和气体交换的需要也显示可有某些不同；（4）昆虫在卵期有寄生现象，重要的寄生性天敌均为膜翅目昆虫，由于在害虫生物防治上应用很有价值，它们与寄主

卵相互作用的理化因素引起昆虫学家的注意。

对东亚飞蝗蝗卵的研究在五十年代进行,当时的目的在于解决飞蝗发生的预测问题,如干旱和浸水对蝗卵的影响以及从胚胎发育期推断蝗蛹孵化日期以便及时采取防治措施等。采取室内外相结合的研究方法,证明了浆膜表皮的变化和功能,它的存在大大提高蝗卵对不良环境因素的抵抗能力。东亚飞蝗卵期在华北无滞育现象,只要温度适宜,蝗卵在水中仍可发育;初产蝗卵因浆膜表皮尚未形成,浸水时卵壳不能抵御水的作用易于破裂死亡;接近孵化的蝗卵浆膜表皮已削弱以备蝗蛹孵化,兼之胚胎呼吸量高,水中氧分压不足以维持正常呼吸,也极易死亡;只有发育中期的蝗卵因浆膜表皮最厚,胚胎耗氧量较低,比较能适应水中环境,寒冷季节在蝗区淹水,仍可活到七、八个月。在干旱环境中,蝗卵失水速度因浆膜表皮的影响也以发育中期的蝗卵最小,所以这时最能抵抗干旱的作用。蝗卵初产时细长,到4—5天时有从环境大量吸水的现象,这时浆膜已经形成,它可能影响卵壳对水分的渗透性,当其表皮在形成时水可向卵内透入,当完全形成后水分都难于向外透出。不完全变态昆虫在卵期从环境中吸取水分的现象相当普遍,可能与浆膜的功能有密切的关系,这是一个值得深入研究的问题。

某些昆虫的胚动现象是完成胚胎期发育和以后幼虫孵化的必需条件。在飞蝗中此过程可分为胚体的上升或反向移动、转旋、顺向移动、及沿卵轴转 $180^\circ$ 。在反向移动中胚盘各类细胞正在分化,在转旋时已有纺锤状的肌细胞形成,胚盘能从后端向前端发生有力的蠕动收缩。这种运动与浆膜的收缩配合是造成顺向移动的原因;以后胚体沿卵轴转 $180^\circ$ 也依仗卵黄的收缩。胚动现象使胚胎在卵内处于更有利的位置来动用卵黄。在完全变态昆虫中,只有鳞翅目胚胎在卵内的位置有明显的改变,但与不完全变态昆虫的胚体下沉和顺向移动并无相同之处。所以昆虫的胚动现象在不同类群有很大的变异,表明不同的演化趋势。由于它是一种最原始的运动方式,但又有严格的规律,故颇能引起人们的兴趣。

上述昆虫卵期的水分代谢、浆膜表皮的消长和保护作用及胚动现象只是几种足以说明虫卵复杂性的例子。至于怎样从受精卵发育形成各器官系统,直到幼虫孵化为止尚包含各种复杂的问题。昆虫的胚胎发育有它的特殊性,以传统的胚层学说难于解释,近年来已建立虫卵各器官预定区(presumptive area)的概念,国内对此尚缺乏研究。

对昆虫胚后发育和变态,在我国已对飞蝗、蚕类等开展了研究。飞蝗为不完全变态昆虫,胚后发育受脑神经分泌细胞、头背腺和咽侧体的调节控制似乎比较明确;对蝗蛹在不同种群密度下所出现变态现象的某些特征在六十年代已有研究。对有蛹期的昆虫和在蛹或幼虫期有滞育现象的鳞翅目和其它完全变态的类群,其激素调节的机制便比较复杂,很多问题至今在国际上仍未获得明确的答案。在二化螟、玉米螟等老熟幼虫有兼性滞育的种类现已见到滞育的开始和持续决定于咽侧体能保持内分泌活性,而脑明显地对咽侧体活性有调节作用,中等保幼激素的含量抑制脑促前胸腺激素蜕皮素系统的作用而造成幼虫滞育。这些问题密切联系害虫的预测,很有深入研究的必要。

蓖麻蚕原产高温多湿的亚热带地区,属多化性昆虫,无滞育现象。我国从六十年代开始,通过环境驯化,将引进的蓖麻蚕多化性纯系选育培养成能以蛹滞育越冬的新品系。驯化的方法为随着胚后发育各阶段的进展,温度由高( $26^\circ\text{C}$ )逐渐降低( $17^\circ\text{C}$ ),光

照由长变短,相对湿度由大变小,蓖麻叶的供应由翠绿顶端叶转变为充分成熟叶,蛹茧在 $4^{\circ}\text{--}10^{\circ}\text{C}$ 越冬,这样周而复始,并进行选择,获得了滞育蛹,蛹期历时210天。羽化成蛾产卵量高,而且全茧量和茧层量都有明显提高。这是以驯化方法从无滞育昆虫培育出有滞育品系的唯一例子。对培育成滞育蛹与原多化性蛹激素调节机制的差异现正在研究之中。

对于昆虫生殖的研究,包括雌雄生殖系统的发育、两性引诱以及交配和受精等方面,主要对象有飞蝗、蚕类、夜蛾、瓢虫、蚊、蝇、蚤等。对飞蝗曾应用实验手段分析各种因素对生殖的影响,见到卵巢的发育受咽侧体分泌活动的调节,而交尾和雄蝗接触及抱持作用均可加快卵巢的发育。在粘虫中卵巢发育时卵母细胞内卵黄沉积与咽侧体的体积变化有关;交配后咽侧体增大时卵黄沉积最快,但与脑无直接的关系。在棉红铃虫中,保幼激素有调节卵巢发育的作用。在蓖麻蚕中卵巢成熟提早,成虫羽化后并不取食,但能产卵;蛹期生殖系统的发育受脑和前胸腺激素的控制,化蛹第一天内切除头胸部后,腹部的成虫特征便不能发育;但化蛹后第五天切除头胸部后,腹部可继续发育形成成虫特征。

七星瓢虫与上述几种昆虫不同,成虫有生殖滞育现象,当食物稀少或不适宜时卵巢停止发育。它在北京以五月下旬野外数量最多,盛夏炎热时多数进入生殖滞育,并有迁飞现象。到秋天十月又在蔬菜地繁殖。卵巢发育受保幼激素的调节控制,此激素促使脂肪体合成卵黄原蛋白,释放到血淋巴由卵巢吸收,在卵母细胞内沉积成为卵黄。此过程可用脂肪体在离体培育条件下加以证实。对取食蚜虫的瓢虫可在腹部点滴保幼激素类似物来提高产卵量或结束生殖滞育。

昆虫在生殖期间产生两性引诱的物质,应用气层析和触角电位等技术可确定其化学成分。数年来我国曾对马尾松毛虫、棉红铃虫、棉铃虫、梨小食心虫、甘蔗条螟、亚洲玉米螟、稻瘰蚊等的性引诱物质进行了室内检定和田间试验,在鳞翅目中一般均为直链的碳氢化合物的衍生物,可以人工合成,用于害虫发生的预测和诱杀。

## 二、昆虫的食性及对异生因素和毒物的反应

昆虫从食物获得营养成分。国外约从三十年代开始,经数十年的研究,现知昆虫所需的营养成分总数不过三、四十种化学成分,与其它动物并无特殊的差异;因而以后的研究便侧重于不同种类特化的嗜食行为,不同发育阶段对养分的分工积累,营养成分的特殊比例,以及对共生体合成能力的依赖等。它们的嗜食行为反映对食物有感觉识别的能力,在取食时常进行选择;这种特点称为食性。在已知的昆虫种类中约有半数以植物为食;其它的一半以动物或腐烂物质作为食物。以植物为食的昆虫有一部分成为农林害虫,以动物为食的有一部分成为人畜害虫;它们对人类都发生利害关系,这种关系是由它们的食性造成的。昆虫学家对这问题向来有明确的认识,但对昆虫造成不同食性的原因却有待实验分析方能逐渐明确。

我国通过对昆虫的利用和防治中,自古以来就了解昆虫对食料植物的依赖,例如桑蚕以桑属植物为食,一向把蚕桑并列为同一生产项目。三化螟仅为害水稻,但它们的为害程度与水稻的品种、长势和发育期有密切关系,除了物候和植物所形成的小气象等因

素的影响外，一方面是由于植物理化性质的差异，另一方面是昆虫对植物的选择行为。

为了试验或应用的目的，有必要人工繁殖某些昆虫，因而最近二、三十年来国内外均研究了昆虫及其近属的人工饲料，希望能获得在生理上合乎标准的大量昆虫；这已成为实验昆虫学研究中基本技术之一。目前我国已研究过的种类有桑蚕、蓖麻蚕、棉铃虫、棉红铃虫、玉米螟、三化螟、白螟、粘虫、寄生蝇、寄生蜂、蚜虫、草蛉、瓢虫、盲走螨等；饲料按组分的性质可分成全纯饲料，半纯饲料、寡合饲料等；饲养对象多数为有咀嚼口器的种类。通过这种技术还要研究不同昆虫的营养需要和取食行为的特点以及植物抗虫性的原理。在自然情况下，植物中与昆虫取食行为有关的物质除了有助食作用的营养成分外，还有种类繁多的次生性代谢产物，它们中有的有诱食作用，但多数能抑制昆虫取食，甚至对昆虫有毒。

植物的次生性代谢产物主要有生物碱、萜类和酚类物质。植食性昆虫对这些物质的反应可分成两个方面：一是行为习性，一是代谢。前者涉及化学感受器的机能特征，后者涉及体内的酶系类别和活性。由于电生理技术的发展和运用，昆虫感受器和周缘神经系统功能的研究国外近年来进展迅速。现知昆虫的化学感觉基本可分成嗅觉、味觉和普通化学感觉三类。与选择寄主有关的化学感受器主要分布在口器、触角和跗节上。很多昆虫种类幼虫的寄主植物决定于雌虫产卵时对植物的选择，它们的产卵器上也见到有化学感受器的分布。嗅觉感受器能感受化学物质的气体分子的刺激；味觉感受器又称接触化学感受器，感受溶液中分子的刺激；而普通化学感觉是指感受高浓度的化学物质的刺激，并常引起忌避反应。植物次生物质中低分子醇类、醛类、单萜及酚类物质所组成的精油均对昆虫能产生嗅觉刺激。作为味觉刺激的植物次生物质其中有些在昆虫中有专一的感受器，例如菜青虫下颚须对十字花种植物所含的黑芥子硫苷酸钾有专一性的感受器。查明这些感受器的功能对昆虫选择食物的行为能获得进一步的理解。

随食物进入虫体的植物次生性物质在昆虫体内成为异生因素，有些可显示一定的毒性，甚至成为剧毒的杀虫剂，例如菸碱，除虫菊素，鱼藤精，它们长期以来曾被用来防治害虫。取食植物的昆虫有机会接触植物中有毒的成分，于是在演化过程中发展了不同类型的解毒机制：其一是不加改变地由消化道排出体外；其二是某些昆虫能对一定的毒物进行选择性的贮存，使对捕食它们的天敌有防御作用；其三是借某些酶系对有毒物质进行氧化、水解、还原等作用，改变其分子结构，或就此排泄，或与葡萄糖、氨基酸等结合降低其毒性后再行排泄。国外已了解存在于中肠上皮细胞等处的多功能氧化酶起着重要的作用；此酶系广泛分布于高等动物的某些组织，日益受到重视；国内对此的研究正在开始。除此之外昆虫中还有其它很多解毒酶如硫氰酸酶、转移酶类等。由此可见昆虫与有毒物质的接触是通过取食作为主要渠道的，有极为悠久的历史，所以对人工合成的有机杀虫药剂形成抗药性是有其历史根源的。这也是目前对昆虫抗药性的起因在于预适应这一概念的根据。

昆虫对杀虫药剂的中毒机制和抗药性的形成国内已有不少研究；除此之外还注意到某些昆虫类群对微生物所含的有毒成分如苏云金杆菌的内毒素和外毒素的敏感反应机制。微生物某些成分进入昆虫体内后引起昆虫产生某些化学防御机制似乎是自然规律。最近见到天蚕蛾科的柞蚕等经微生物或其它因素的诱导在血淋巴产生特殊的免疫蛋血质，

这种物质是否对高等动物有医药上的价值, 值得研究。

### 三、扩散和迁飞

昆虫的为害和它们的活动能力、活动方式有密切的关系。由于它们是唯一能飞行的陆生无脊椎动物, 而且体形较小, 易为气流运载, 所以它们一般有很高的活动和占领生境的能力。昆虫的活动按性质可分成扩散和迁飞两类, 但两者之间并无绝对的界限。扩散是指借肢或翅的动作或借气流或水流进行移位以降低原生境中的种群密度, 这种活动受环境因素的影响, 可以有共同的方向, 但也可无一定方向, 其中包括寻找食物或配偶时的漫游。迁飞是指借飞行进行长距离的移位, 一般有共同的方向, 并在此时营养、生殖等活动受到暂时的抑制, 因为昆虫这两类活动在理论上和应用上均极重要, 故近年来国内外曾进行了不少研究, 而且发展了方法和技术, 如应用雷达探测迁飞虫群的定位及以生化方法识别不同来源的种群等。关于昆虫迁飞的问题曾召开过多次国际学术讨论会, 预料到本世纪末可能取得更大的进展。

昆虫的扩散和迁飞涉及昆虫生理、生态、遗传、进化等很多问题, 在应用上与预测害虫的发生有密切关系; 研究工作要解决的问题有: 活动的形态和生理基础及其与生殖和滞育的关系, 环境因素特别是气候条件的影响, 不同种群的区分识别和原产地的确定, 活动的监察方法等, 其中多数须用实验方法进行研究。

关于昆虫运动器官的机能, 翅型变化及其原因等国内的工作尚在开始。昆虫飞行肌显然是研究分解代谢和生物氧化的极佳材料, 收缩时由肌细胞的线粒体供应能量, 所做的功系受神经、激素等因素的控制。我国六十年代对粘虫蛾飞行肌线粒体氧化磷酸化和呼吸控制的研究, 揭示了这种常远距离迁飞活动的昆虫线粒体功能的某些特点。例如线粒体对 $\alpha$ 甘油磷酸的氧化速率较高, 所以能有效地利用体内贮存的脂肪作为飞行的能源。从测定粘虫蛾飞行时间可知有的个体在48小时能累积飞行30—40小时, 有的能连续飞行36小时, 这种飞行能力, 远远超过以前认为飞行能力最强的飞蝗, 后者在实验室条件下见到只能连续飞行16小时。

我国有迁飞活动的重要农业害虫除粘虫和飞蝗外, 还有褐飞虱、稻纵卷叶螟、地老虎等, 在七十年代以后在全国范围组织了对它们迁飞路线和迁飞距离的观察, 并且也研究了造成迁飞的原因。

对上述有迁飞活动的昆虫的解剖和行为观察表明, 远距离迁飞一般均发生于卵巢尚未成熟的阶段, 或处于生殖滞育的状态。造成这种现象的原因主要在于光周期的变化以及当地食料质量和温度等环境因素的改变, 在某些昆虫中已有证据说明这些因素是借咽侧体的分泌活动而起作用的。例如对褐飞虱点滴保幼激素类似物能加快卵巢的发育, 在这种情况下飞行能力下降, 远距离迁飞的可能性减退。

除了影响昆虫发生迁飞活动行为的因素外, 还有影响与迁飞活动有关的形态发生的因素。例如飞蝗在种群密度较高时产生活能力较强的群居型, 这种类型的成虫其体色和相对翅长均和散居型不同。褐飞虱在一定食物条件的影响下产生有迁飞能力的大翅型个体。这些形态特征需要一定的发育时间方能形成, 并且能与非迁飞型的相互转化。

但迁飞型形成之后是否有迁飞活动以及迁飞的方向和距离等尚视当时的气温和气流等气象条件而定,某些昆虫,如马铃薯甲虫等,当完成迁飞活动以后胸肌退化,肌纤维分解所产生的蛋白质等成分转移作为卵巢发育之用。所以对迁飞昆虫机体形态和代谢的变化值得进一步研究。

使用先进的研究工具研究昆虫迁飞的特点能揭露很多奥秘。目前利用闪光仪、飞行磨以及某些电子仪器非但对昆虫个体的翅振频率、飞行速度、飞行时间和距离等可以精确测定,而且对群体的活动也可自动记录和测定。应用雷达和夜视设备可探测迁飞昆虫在夜间的活动,可见到某些昆虫即使在种群密度不大或在一般气候条件下仍可不断发生起飞活动。这种活动是主动的,但不是所有个体都有的,种群中只有一部分个体有此现象。已起飞在空中的昆虫虽常乘风飞行,但对高度和方向有选择性,对飞行的时间有主动控制的趋势。了解已在飞行的昆虫的行动特征有助于理解迁飞与生境选择的关系。生境的侵占和适应是和种群的演化有关联的,所以这种活动在某些昆虫的演化过程中可被保存和发展,形成它们生活策略的一个重要组成部分。

在一定地区确定昆虫迁入或迁出的结果,有必要测定这种活动的时间和种群数量的变化。目前普遍采用灯光或性信息素诱虫器作为检察工具,比较困难的问题在于确定所捕获昆虫与实际种群在数量上的关系。对于确定迁入昆虫的来源,现在发展遗传标记或检查同工酶差异等方法。我国国土广阔,可划定大面积地域作为试验范围,结合详细的气象记录,有条件对某些重要害虫的远距离迁飞进行详细的研究。

#### 四、昆虫产物的生物合成

我国利用益虫的历史悠久,而且益虫的种类众多,说明我国在这方面有丰富的资源。当前由于有关的化学学科和化学工业的发展,纤维和塑料的原料来源与从前已大不相同。但我国是幅员广大、人口众多的国家,对蚕丝、紫胶、白蜡等的生产与地区性的经济发展常有密切关系,所以我们对资源昆虫仍可大大发挥其作用。就实验昆虫学的发展来考虑,我们对这些昆虫有长期饲养和利用的经验,对它们的生物学已有较好的了解,加强这方面的研究可形成我国在昆虫科研领域内的特点。

自解放以来,对蚕丝生物合成已进行了不少的研究,主要包括如下三方面:

(1) 丝腺的结构和功能; (2) 丝蛋白的来源和生物合成的代谢途径; (3) 利用激素提高蚕丝生产。前两类工作开展较早,在六十年代已积累很多资料;激素的利用开始于七十年代。

蚕类丝腺由下唇腺特化形成,所分泌的蛋白质形成蚕丝,由两股丝心蛋白联合外包丝胶蛋白组成;前者由后丝腺分泌的蛋白质形成,后者由中丝腺的蛋白质形成。据观察,桑蚕后丝腺细胞总数在一千个左右,在幼虫发育中仅有生长而无分裂。细胞质内含丰富的内质网,在末令幼虫中初呈片层状,以后成为囊状或管状,所含大量的多核糖体颗粒是蛋白质合成的场所。丝心蛋白合成后在内质网内腔积累,通过高尔基复合体转运并形成丝心蛋白体,释放入腺腔。丝心蛋白的合成是特定基因表达的结果。腺体细胞的核有十分发达的树状分枝;含大量的核仁与染色质块,这表明染色体的高度多倍化,它

与细胞的特殊生理功能密切相关。可分离出腺体细胞的染色质来进一步研究不同发育阶段与丝心蛋白基因表达有关的染色质蛋白质的变化和作用。从末令后期的丝腺可分离大量的RNA,使用大肠杆菌的蛋白质体内合成系统可测定mRNA和tRNA在蛋白质合成过程中的指导作用。

桑蚕丝腺中的丝心蛋白经分离测定其分子量为 $3.6 \times 10^5$ ,分子由三个部分组成,由硫键结合。不同蚕类丝心蛋白的氨基酸组成不同,甘氨酸与丙氨酸占主要部分,其次为丝氨酸和酪氨酸。桑蚕丝含量最高的为甘氨酸,其次为丙氨酸,而蓖麻蚕丝则以丙氨酸含量最高,其次为甘氨酸。国内近年来曾研究了这两种蚕的丝腺中形成甘氨酸与丙氨酸的机制,明确其中都存在着丙氨酸、谷氨酸、天门冬氨酸与乙醛酸之间的转氨作用。搞清蚕类怎样利用食物及体内积累的代谢成分转化形成丝蛋白的组分,是一个极有意义的生物化学研究领域,由此可设计提高蚕丝产量的方法。有证据说明有关酶系的活性与激素对生长的调节作用有一定的关系。

我国在七十年代初开展应用昆虫激素提高桑蚕丝产量的工作,见到无论春蚕还是秋蚕在5令中期以适量的保幼激素类似物喷布于蚕体,可获得全茧量增加10—17%、茧层量10—30%的效果。如用植物昆虫蜕皮素如牛膝蜕皮素和百日青甾酮在见熟初期添食,可使经保幼激素类似物喷布过的桑蚕老熟齐一,上簇集中,茧层量与单用保幼激素类似物处理的相仿,如在5令早期(饲食48小时以内)单独添食一定量的蜕皮素,可增加茧层量4—17%。

数年来有关的工作表明对桑蚕应用保幼激素的类似物适期是5令中期,这时能对丝蛋白合成有关的酶系活性有明显的促进作用,过早与过迟均无明显效应。5令添食蜕皮素对后丝腺的谷氨酸—丙酮酸转氨酶活性有促进作用,但对丝蛋白合成的影响因添食时间、剂量和桑蚕品种而不同,例如5令前期一次处理与5令全期低剂量(夏蚕0.5微克,春蚕2.0微克)连续处理均有提高丝产量的倾向,其它处理酶活性虽提高,但产丝量降低,可见其中的关系比较复杂。

对其它益虫产物的生物合成过程在国内尚未开始研究。例如紫胶~~是~~紫胶虫雌虫真皮腺所分泌的脂类与糖类结合的混合物,含多羟多羧酸酯,有人认为与昆虫表皮最外层的粘质层性质相似。但真皮腺的分泌机制和寄主植物的影响值得详细研究。

## 结 语

根据上述,可知实验昆虫学是生物学中新兴的科研领域,范围广阔,内容复杂,既与生产有密切的关系,又联系生物学的某些基本理论。这领域在国外近来发展迅速,从整体来看我们与他们有很大的差距,根据现有的书刊和国际学术会议的内容可知我们尚需很大的努力和一定的时间方能赶上国际水平。现在应考虑有些工作可与当前生物学前进领域如遗传工程等结合起来,使能有所突破。例如国外今重视以分子遗传的原理和技术改变病毒、细菌等的性质。这类工作是否也可应用于昆虫的病原体,来提高它们抑制害虫种群数量的效率?又如能否利用遗传工程提高某些经济作物产生抗虫性次生物质的能力,从而避免昆虫对它们的侵害?从全国范围来讲,选择有前途的研究课题和应用适

宜的先进方法是十分重要的，但另外尚须加快和加强培养能胜任这类工作的科研人材，应注意在大专院校开设有关课程，充实这方面的图书资料，加强国际交流。我们既要重视目前与生产有关的问题，又应为今后进一步的发展打下基础。希望到2000年我国在这领域内能做出突出的成绩。

# 医学昆虫学2000年的展望

陆 宝 麟

(军事医学科学院微生物流行病学研究所)

医学昆虫学是应用昆虫学的分支之一,是研究直接或间接危害人类健康的昆虫和部分其他节肢动物(如蜱螨),包括其分类区系、生理和生态、疾病传播和其他危害,以及它们的防治等的学科。它也是医学寄生虫学、流行病学和公共卫生学的重要组成部分。

据世界卫生组织的估计,一半以上人体传染病系由节肢动物为媒介(vector)的,其中虫媒病(insect borne diseases),即由昆虫(包括蜱螨)所传播的疾病,占着主要部分。将近一个世纪以来,人们为了防治种种虫媒病,与它们的媒介进行了不懈的斗争,从而推动了医学昆虫学的发展。近三十年来通过媒介防治,结合其他措施,不少虫媒病的流行情况大有改善,但尚未彻底解决问题。有些疾病的流行依然很严重。

例如在蚊虫传播的许多疾病中,疟疾仍然是最严重的多发病之一。1956年,世界卫生组织提出了《全球消灭疟疾规划》,以室内滞留喷洒杀虫剂毒杀媒介按蚊为主要手段,经过二十多年的努力,远未达到预期目的。如今全世界受疟疾威胁的人口尚有16亿。热带非洲的严重流行情况迄未有根本好转,每年死于疟疾的儿童达百万之多。登革热和登革出血热(dengue haemorrhagic fever)在热带和亚热带经常发生或流行,后者有较高的死亡率,已成为东南亚重要儿童疾病之一。又如虽然城市型黄热病已基本消灭,但从它自然疫源地散布的病例,时有发生。

又如由蚋(Simulium)传播的蟠尾丝虫病(onchocerciasis)和舌蝇(Glossina)传播的非洲锥虫病(african trypanosomiasis)仍然是阻碍非洲经济开发的因素之一。而由蚤类传播的腺鼠疫,不仅疫源地大量存在,人间鼠疫在越南等地尚有发生。

我国的蚊媒病也不容忽视。1982年全国上报的疟疾发病人数为204万。这主要根据血检阳性的结果,实际发病人数当为此数的4-5或更多倍。1981年的估计,全国丝虫病微丝蚴血症阳性人数尚有802万人。而1980年海南岛一地感染登革热的病人就超过40万。至于如鼠疫、森林脑炎、斑点热等等的自然疫源地仍然大量存在。

还应该指出,美苏等研究的生物战战剂中不少是虫媒病毒(arboviruses),如黄热、委内瑞拉马脑炎(Venezuelan equine encephalomyelitis)病毒等等,正常都由某些蚊虫所传播的。因而医学昆虫学的发展,对平时和战时保障军民健康,保证四化建设的顺利进行,都具有重要实际意义。

## 国 外 水 平

医学昆虫,尤其是蚊类,及其防治研究在国外一直受到较大的重视。例如世界卫生组织

组织中除了有关疟疾、丝虫病以及热带病训练和研究等机构外，更有专门的“媒介生物学和防治处 (Division of Vector Biology and Control)”，组织、推动并支持世界各国这方面的研究。有些国家成立有专门的学会，如国际性的“美国蚊虫防治协会 (American Mosquito Association)”等；也出版有一些专门的刊物，如“医学昆虫学杂志 (Journal of Medical Entomology)”“蚊虫新闻 (Mosquito News)”“蚊虫分类 (Mosquito Systematics)”等等。

**分类区系研究** 分类区系研究往往被认为是“古老”的学科。确实不少发达国家早已出版有重要医昆类别，如蚊、蝇、蚤、蚋等的全国志或地方志，但这方面工作仍在继续发展，并且在广度和深度上不断有所提高。其主要动向有二：

一是区系调查趋向南美、非洲和东南亚。特别值得我们注意的是，美国史密逊研究院 (Smithsonian Institution) 在美国陆军医学研究和发展司令部 (U.S. Army Medical Research and Development Command) 的支持下，组织了一个历时十年 (1965—1974) 的庞大的东南亚蚊类调查研究，即所谓“东南亚蚊类规划 (SEAMP)”，其结果以东南亚区系 (后以医学昆虫研究) 为名，按属或亚属或组分篇发表。从已发表的大量资料看来，图文并茂，不仅有新种描述，并且澄清或纠正了不少过去混淆或错误的记载。它们还包括了蛹期的系统分类，因而是目前水平最高的蚊虫志或昆虫志。它们也是这个地区 (包括我国在内) 蚊虫分类区系研究不可缺少的参考资料。

此外，另一医昆分类区系的巨著，即相当于世界蚤目志的“英国博物馆藏罗氏收集蚤类目录 (An Illustrated Catalogue of the Rothchild Collection of Fleas (Siphonaptera) in the British Museum)”，已陆续出版至第六卷。

二是分类研究开始进入以细胞遗传学、生化以及数值分类为标志的“第三阶段”。这方面比较突出的是媒介蚊虫亲缘种 (sibling species) 的研究。例如现已建立染色体图型的按蚊已达百余种。除了蚊类外，在蚋、舌蝇等方面也有少数研究。这类研究将从目前的“形态物种 (morphological species)”发展到“生物学或遗传学物种 (biological or genetic species)”的概念。

与此相关的是，通过电镜或扫描观察，对有些种类的形态或超显微结构有了进一步了解，最近已陆续有些专著出版。

**生理和生态研究** 有些医学昆虫被用作生理研究的对象，例如蚤类被应用于研究气门控制和跳跃机理，锥蝱 (*Triatoma*) 和吸血猎蝱 (*Rhodnius*) 被应用于研究蜕皮和变态的激素控制，蟑螂被应用于研究神经传导等等。这方面比较突出的是蚊虫生理的研究。早在六十年代已有《蚊虫生理》专著出版，说明此时对它们的一般生理活动已有基本了解。

近年来这方面多偏重在生化，尤其是酶的研究，但仍以有关蚊类的居多。此外，蟑螂的外激素、吸血双翅昆虫有关生殖的激素控制，以及滞育机理等等，也继续受到注意。这类研究是医昆传播疾病或防治的基础。

值得一提的是，近十多年来在蚊类中，由于应用了强迫交配 (forced copulation) 方法，使实验室养殖的种类大量增加，已达一百数十种。它们为实验生态和生理研究，以及杀虫药剂等试验，提供了有利条件。

昆虫的有效和合理防治是以生态学为基础的,因而在各类医昆中都有不同程度的研究:有关蚊类的最多;有关人蝇类、舌蝇、蚤、蜱类等次之;关于白蛉、蚋、蠓、虻等又次之或尚少研究。

国外对蚊类生态习性已有广泛和深入的研究。由于早期蚊虫防治着重在控制孳生场所和杀灭幼虫,因而这时期这方面研究以针对幼期的为多,包括孳生水体理化因素的分析。从五十年代起,由于室内滞留喷洒成为媒介防治的重要手段,成蚊习性又受到较大重视。因此迄今对于蚊类的一般生态习性已有比较充分的了解。近年来,媒介种群动态研究开始受到注意,有些参数已应用于媒介能量(vector capacity)等的计算,但尚少成功地建立有代表性的数学模型。种群动态也是其他医昆研究的现代项目。

**媒介和疾病传播研究** 从上世纪末起,人们已相继证明了许多疾病是由昆虫和蜱螨所传播。它们的主要媒介已大部了解,但在有些地区,尤其是在一些疾病自然疫源地,这类媒介及其作用的调查仍在进行。

近代媒介研究的另一方面是不同种类或虫株对病原体的易感性,包括它们的遗传学研究。有人设想,作为遗传防治的方法之一,将来可以非易感虫株替换原来易感的虫株。与此相关的是,在易感性的机理,尤其在病毒感染中,已有更多的了解。

在研究较多的疟疾传播方面,已建立有多种动物模型;对早期提出的数学流行病学中的有关公式也有进一步的简化,更便于在研究媒介能量或考核防治效果中应用。

虫媒病毒的研究进展较快。迄今注册的已达490种,但其中有些实际并非真正由昆虫或蜱螨所传播的。新分离到的这类病毒还在不断增加中。

虽然早已得到证明,感染至少有些虫媒病毒的蚊虫幼虫,可以通过经期传递(transstadial transmission),把病毒经过蛹期传递到成蚊,但成蚊是否可通过经卵传递(transovarial transmission),把病毒传递到下一代,一直是悬而未决的问题。近年经过大量的接种试验或从新羽化的成蚊分离病毒的结果,证明有多种病毒,包括黄热、登革、乙型脑炎等病毒,可以在媒介蚊虫中经卵传递到下一代,只是传递率往往极低。这一事实为温带有虫媒病毒通过蚊卵越冬的说法,提供了有利的论证。

此外,由于采用了不吸血的巨蚊(*Tosorhynchites*)接种、单克隆白纹伊蚊细胞株(C6/36)等的应用,登革、乙型脑炎等病毒从蚊虫的分离率有了很大提高,也为其他有关研究提供了新的手段。

**防治研究** 近三十多年来,由于高效杀虫剂的广泛应用,媒介防治有了很大进展,于是化学防治几乎代替了所有其他防治手段。但是事实证明,单靠使用杀虫剂或其他一种手段,不可能完全解决医昆的防治问题,而且随着杀虫剂的长期和大量使用,抗药性、环境污染等问题也日益严重。例如1980年已知具有抗性种群的医学昆虫达134种,其中蚊类占93种之多。因此医学昆虫防治出现了一些新的动向,其中比较突出的是:

(1) 提倡综合防治或治理的方针 综合防治在农业害虫防治上已有较多讨论,但对医学昆虫,直到1979年才对它的含意、方法等等有所探讨。1981年世界卫生组织首次在土耳其召开了地区性的蚊虫综合治理学术讨论会。

(2) 强调环境防治的作用 环境防治既是老方法,但又是新科学。1981年世界卫生组织、粮农组织和环境规划署特成立了一个环境治理防治媒介的联合专家组(WHO/FAO/UNEP Joint Panel of Experts on Environmental Management for Vector Control),设立情报中心、出版通讯、训练专业人员,以及进行有关的调查研究等等,来促进环境防治的应用和发展。世界卫生组织也出版了这方面的手册。

(3) 重视生物防治研究 国外正从多类生物,包括病毒、真菌、细菌、小孢子虫、水螅、蜗虫、线虫、捕食性昆虫以至鱼类,寻找可用作媒介昆虫、尤其是蚊类的生物防治剂。除了鱼类早已应用于防治蚊幼外,目前被认为最有希望的是苏云金杆菌H-14、球形芽孢杆菌和索虫科线虫,如食蚊罗索虫。苏云金杆菌H-14由于它杀灭蚊和蚋类幼虫都有高效,但无残效,并且具有安全、不污染环境等优点,因而从1977年分离到这一菌株后的短短几年中,有了很大发展。现在不仅已有商品生产,而且正在采用遗传工程技术,以提高其毒素的产生。

此外,在化学防治方面,抗药性情况调查、机理研究以及针对方法,仍然受到重视。在杀虫剂方面比较时行的是拟菊酯类,但一度引起注意的昆虫生长调节剂(insect growth regulators)似未有更大的发展,也未见广泛应用。至于六十和七十年代有较多研究的遗传防治,虽然在蚊类、舌蝇、蟑螂等中进行不少现场试验,主要针对蚊类,但一般认为离实际应用尚远。

## 国内水平及其与国外的差距

建国三十年来医学昆虫学的进展,在蚊、白蛉、蝇和蚤类方面已有专文总结,可资参考。

**分类区系研究** 在中国科学院动物志编委会的领导下,已完成了《中国蚤目志》的编写,1985年可望出版。这将是我国第一部全国昆虫志。《中国蚊科志》通过十多年的调查研究,计划在年内交稿。正在编写中的尚有白蛉、虻科、吸虱目、蝉志等等。有些类别,如花蝇科、麻蝇科、家蝇科以及恙螨和革螨等已出版或正在编写经济昆虫志。

从完成或接近完成的志看来,已达到了“反映国家水平”这一要求。与国外的同类志相比,一般能达到或接近国际水平,但这也与不同类别国外研究的深度和广度有关。例如以《中国蚊科志》而论,可以超过或达到国外一般水平,但与上述《东南亚蚊志》相比,尚逊一筹,因为后者是迄今唯一包括蛹期系统分类的资料。应该看到,我国编写这类全国志一般存在着标本、图书、经费等限制,工作条件和国外同行是无法比拟的。

由于我国幅员辽阔,地形复杂,区系调查尚有不少空白之点,少数类别,如蚋类,还未很好调查。

近年来,采用扫描观察蚊、蚤、螨等的形态已逐渐增多。少数单位也正在以细胞遗传学、杂交和生化手段进行亲缘种的研究,但目前仅限于蚊类赫坎按蚊种团(*An. hyrcanus group*)的部分种类。我国其他重要种团,如白踝按蚊种团(*An. leucosphyrus group*)尖音库蚊复组(*Cx. pipiens complex*)等,还缺乏研究。这方面与国外相比,尚有一定