

华中农业大学规划教材

工业昆虫学

杨长举 编写
陈吉忠

华中农业大学教务处 印

编 者 的 话

昆虫世界是一个极大的资源宝库, 这些资源有待于我们去开发和利用。要有效开发昆虫资源, 就必须掌握大量培养昆虫的理论和技術, 也就是必須学习《工业昆虫学》专著或教科书。因此, 我们尝试编写了我国第一部《工业昆虫学》教材。

本教材在编写过程中得到了华中农业大学校领导、教务处、植保系领导及许多教师的帮助与支持, 胡建芳工程师参加了全部插图的绘制工作, 在此一并表示感谢。

由于作者水平有限, 加上时间仓促, 可能存在一些缺点和错误, 恳请广大读者批评指正。

编 者

1997.7.20

内 容 简 介

这是我国第一部工业昆虫学教材。工业昆虫学是应用昆虫学的一个新的分支学科，具有理论指导意义。全书共七章，作者对工业昆虫学概念，昆虫培养利用的主要方向，培养昆虫的理论基础，昆虫培养物的建立，培养物分型，优化和标准化，建立优化标准培养物的规则系统和快速方法，培养物育种，大量工业培养物的建立和再生产，培养物流行病的卫生控制，工业监控基础等问题都作了详细的论述。

本教材可作为农、林、商大专院校的教学参考书，也可供其它大专院校生物系师生、工业昆虫学工作者、植保科技人员参考。

目 录

第一章 绪论.....	1
第一节 工业昆虫学概念.....	1
第二节 工业昆虫培养物的生产时期.....	1
第三节 工业昆虫学与其它学科之间的联系.....	2
第四节 工业昆虫学的发展历史.....	3
第二章 昆虫培养利用的主要方向.....	5
第一节 为利用虫体培养昆虫.....	5
第二节 为利用昆虫生命活动产物培养昆虫.....	7
第三节 为利用昆虫行为培养昆虫.....	8
第三章 培养昆虫的理论基础.....	11
第一节 培养昆虫的生物学基础.....	11
第二节 培养昆虫的生态学基础.....	12
第三节 培养昆虫的遗传学基础.....	22
第四节 昆虫驯化.....	24
第四章 引种培养.....	26
第一节 选择培养对象.....	26
第二节 把生物材料引入工业群落并建立原始群体.....	31
第五章 建立分型的优化标准实验室培养物.....	34
第一节 培养物分型.....	34
第二节 培养物的适应.....	35
第三节 培养物优化.....	36
第四节 培养物质量评价.....	62
第五节 培养物的标准化.....	66
第六节 建立优化标准培养物的规则系统 和快速方法.....	71
第六章 赋予培养物预定的稳定遗传特性.....	76
第一节 昆虫育种的一般原理.....	76
第二节 昆虫生活能力和产量育种.....	81
第三节 遗传工程和昆虫育种.....	86
第四节 建立和保持种用培养物.....	86
第七章 大量工业培养物的建立和再生产.....	88
第一节 大量培养技术过程的制定.....	88
第二节 培养物生产和利用过程的模拟.....	92
第三节 培养物流行病的卫生控制.....	95
第四节 工业监控基础.....	96

第一章 绪 论

第一节 工业昆虫学概念

工业昆虫学是应用昆虫学的一个分支,它的任务是研究具预定特点昆虫培养物建立和再生产的理论和实践问题。这里所指的工业昆虫,就是为了某种利用目的,在人工经营下大量培养的昆虫。一旦某种昆虫被列入培养计划,就可称其为工业昆虫。工业昆虫是一个相对的概念,它既可包括人工培养的益虫,也包括人工培养的某些害虫。比如,人工大量培养的家蚕、紫胶虫、蜜蜂、白蜡虫、五倍子蚜虫、赤眼蜂等益虫是工业昆虫;蝗虫本是农业害虫,但为用于食用或生物防治目的进行大量养殖时,又可称之为工业昆虫;如此等等。

随着工业昆虫学的发展,在一些国家出现了昆虫工业。所谓昆虫工业,即在工业范围内,为了经济等目的培养昆虫。它是工业昆虫学应用的一个重要环节。通常情况下,应把生物车间、生物实验室及生物工厂生产昆虫培养物列入地方工业范畴。

第二节 工业昆虫培养物的生产时期

目前关于昆虫培养物生产时期有三种划分方法。N.A.Tamalina分为3个时期:Ⅰ.引种培养;Ⅱ.实验室培养物的建立和再生产;Ⅲ.工业培养物的大量生产和再生产。E.M.shagov等人分为4个时期:Ⅰ.选择原始生物材料和引入工业生物群落;Ⅱ.作为多因素系统的培养物优化;Ⅲ.用于再生产的种用培养物的标准化;Ⅳ.连续生产标准化昆虫培养物。Zlotin分出6个生产时期:Ⅰ.选择符合繁殖计划要求的原始材料;Ⅱ.把生物材料引入工业群落并建立原始种群(奠基者);Ⅲ.按基本保持参数优化培养,培养物的分型及标准化;Ⅳ.赋予培养物稳定遗传特性,即根据预定特征育种;Ⅴ.储存种用培养物,以便长期再生产具预定特点的昆虫;Ⅵ.具预定特点和生产成本可接受的昆虫培养物的建立和大量生产。

本教材采用四个时期划分方法:Ⅰ.引种培养;Ⅱ.建立分型的优化标准实验室培养物;Ⅲ.赋予培养物稳定遗传特性;Ⅳ.大量工业培养物的建立和再生产。

每个生产时期有特殊原则和进行工作的方法,并以解决工作任务而完成。第一个生产时期的任务是得到正在繁殖的人工种群;第二个生产时期的基本任务在于生产优化标准实验室培养物;第三个时期的任务是赋予培养物预定的遗传特性,即根据预定特征育种;第四个时期的任务是大量生产具预定特点的工业培养物,并生产标准产品。

此外,在每一个生产时期又可分出解决部分、而在一般生产过程中又是必须任务的工作阶段。规定和解决基本的或部分的任务,应以一般的生物学规律及工业昆虫学理论为基础。生产过程的原则程序如下:

1. 引种培养
 - 1.1 选择培养对象
 - 1.2 原始群体奠定
 - 1.3 在实验室里实现种的生活周期
2. 建立分型的优化标准实验室培养物
 - 2.1 培养物分型
 - 2.1.1 确定培养物类型
 - 2.1.2 培养物适应
 - 2.2 培养物优化
 - 2.2.1 组建系统的一般模型
 - 2.2.2 系统结构方面的优化
 - 2.2.3 分析一般模型
 - 2.3 评价质量和培养物标准化
3. 培养物育种及建立种用培养物
4. 工业培养物的大量生产和再生产
 - 4.1 制定工业技术过程
 - 4.2 培养物生产和利用的模拟
 - 4.3 病理卫生控制
 - 4.4 实现产品质量的工业监控

第三节 工业昆虫学与其它学科之间的联系

工业昆虫学是理论性和实践性都很强的一门综合性学科。工业昆虫学依靠资源昆虫、天敌昆虫利用的丰富历史经验,它从普通昆虫学和生态学中吸取了基础知识。工业昆虫学理论建立在昆虫生态生理学、生理生态学、生态遗传学、种群生态学、育种学及系统理论基础。方法来自昆虫生态、以及优化理论和控制系统。比如,在选择原始材料阶段,把种群作为完整的生物系统研究,及阐明种群对外部环境和系统成分相互作用适应中的生理过程综合作用,这就是生理生态学研究的对象。研究生态因素影响下生理过程在所有水平(从有机体到种群的)的变化和这些变化对有机体适应意义的生态生理学,在把种群引入实验室和昆虫培养物形成时期有重要意义。研究生态因素对种群在有机体和种群水平上适应过程的遗传结构变化的影响,是生态遗传学的对象。在分型、标准化和赋予昆虫预定特性过程中,昆虫育种方法有重要作用。对实现昆虫许多培养计划,个体生态研究的昆虫行为适应有重要意义。工业昆虫学也利用家畜动物饲养学、生物技术学科的一些方法。在估价饲料对昆虫繁殖适合性时,生物化学研究有重要意义。可见要比较成功地解决具预定特性昆虫的大量生产问题,就必须进行多方面的研究,而要学好工业昆虫学这门课程,也必须具备与此有关的广泛科学知识。

第四节 工业昆虫学的发展历史

18世纪从动物范围内分出一门独立学科昆虫学,19-20世纪又从昆虫学中分出应用昆虫学,首先是农业昆虫学、森林昆虫学,后来又形成卫生昆虫学和兽医昆虫学等。20世纪在昆虫学和生物技术基础上又形成了一个新的分支学科——工业昆虫学。

工业昆虫学经历了起源、成长和成熟的发展阶段。它的起源与传统的资源昆虫如家蚕、蜜蜂的繁殖利用相联系。众所周知,我国是世界蚕业的发源地。家蚕是一种重要的绢丝昆虫,早在4700年前,我国就已开始饲养利用。公元前一世纪就以“丝国”而闻名世界。公元四世纪永嘉地区(即今浙江温州一带)农民发明了人工低温催育制取生种,一年能养八批蚕。养蜂也是我国具有悠久历史的一项副业生产,早在两千年前就有养蜂酿蜜和蜂蜜用于医药治病的记载。在传统资源昆虫饲养利用过程中积累了丰富的历史经验。但工业昆虫学的发展主要在近30-40年期间。在这期间,为了生物防治(包括遗传防治)目的培养昆虫和人工培养基的研究取得了成就,促进了这一学科的发展。培养节肢动物,其中包括昆虫,从30年代开始,在国内外生物方法范围内的会议上不止一次地讨论过。后来在60年代它被分为一个独立范围,但主要服从生物方法。1963年世界卫生组织在美国盖恩斯维尔召开了培养节肢动物的第一次会议。80年代工业昆虫学的问题和任务迅速扩大。1982年国际有害动植物防治组(IOBC)在美国召开了第一届大量培养昆虫优质管理会议。1985年在瑞士召开了第二届会议,此届会议主要讨论大量饲养天敌昆虫与无脊椎动物的共同性和关键性问题。80年代期间世界许多国家也先后多次召开了大量饲养昆虫的会议。1996年10月中国昆虫学会在武汉召开了昆虫资源产业化学术研讨会。

为了培养昆虫,Böttger(1942)开始研究利用人工培养基的可能性。50-60年代详细研究了单个食物成分对昆虫生长发育和生殖的作用。在养蚕业中特别成功地推动了这些研究。家蚕对各类营养物质需要的详细研究,有可能采用成分数少(10-20种)、更简单、更廉价的半合成培养基。70年代提出了数百种昆虫的培养基配方。近年来华中农大昆虫研究室对黄粉虫培养基的研究有突破性进展,可使饲养成本大为降低。

60年代以来,国内外发表了培养和驯化昆虫方面的大量研究文章、综合报道和评论文章。在许多文章中阐述了昆虫培养物的适应性、培养物的培养和保持、遗传和育种、生活能力和产量、质量控制、卫生控制、数量模拟、昆虫的工厂化生产等普遍重要的问题。

俄罗斯著名昆虫学家达玛利娜和乌克兰著名昆虫学家兹洛基恩分别于1990年和1989年对大量培养昆虫的理论基础和方法进行了系统总结,扩大了Gast(1968)奠定的工业昆虫学理论基础,分别编写了《工业昆虫学基础》和《工业昆虫学》专著,初步形成了工业昆虫学的理论体系。

目前,工业昆虫学还有一些薄弱环节,比如,对大多数昆虫培养的机械化问题尚未解

决,这就妨碍了培养成本的降低;大量培养昆虫的理论和研究方法研究不够等。因此,应更全面、深入地开展研究,以促使工业昆虫学更加完善。

思考题

1. 工业昆虫学的性质和任务是什么?
2. 昆虫培养物生产的原则程序有哪些?
3. 工业昆虫学同其它学科间的联系如何?
4. 简述工业昆虫学的发展历史。

第二章 昆虫培养利用的主要方向

Tamalina把昆虫培养利用划分为三个基本方向,即生产昆虫;生产昆虫生命活动产品,通过昆虫把有机物加工成饲料蛋白和生物肥料。Zlotin根据昆虫培养的特点,把昆虫培养分为实验室的和工业的(大量的)。在大量培养昆虫的研究中,根据生产任务的不同又分出两个方向:第一个方向是在实现与有害种类生物控制相联系计划时培养利用昆虫;第二个方向是培养经济有益的昆虫种类——即原料、营养产品的制造者、药用昆虫、废物的利用者等。这里按照培养利用目的,把昆虫培养利用划分成:为利用虫体培养昆虫;为利用昆虫产物培养昆虫;为利用昆虫行为培养昆虫。

第一节 为利用虫体培养昆虫

为利用虫体,又可能有许多培养计划:

培养食用昆虫。我国公元前十几世纪就有以昆虫为佳肴的记载。近年来,人们对稻蝗、蝉、白蚁、蝇蛆、黄粉虫、各种蚕蛹等可食昆虫进行了营养成分、微量元素和维生素等的分析,有的还作了急性毒性试验,为进一步开发提供了依据。目前中华稻蝗、雄蜂蛹、豆天蛾幼虫等已批量出口;各种蚕蛹、仙蝉、豆参(豆天蛾幼虫)以及蚕蛾制作的滋补酒等,已进入名贵食品和滋补品行列。

培养药用昆虫。我国利用昆虫作为人类医疗保健品,有着悠久历史。我国第一部药书,汉代著作《神农本草经》记载有18种药用昆虫,明代李时珍著《本草纲目》中增至65种。近年调查,仅在湖北省分布的药用昆虫就有92种,分属于46科,72属。最主要的药用昆虫有:九香虫、毛衣鱼、中华地鳖、金边地鳖、绿蜻蜓、东方蜚蠊、大刀螂、飞蝗、蚕、纺织娘、蟋蟀、螻蛄、蚱蜢、黄刺蛾、高粱条螟、金凤蝶、大头金蝇、豆芫菁、地胆、大斑芫菁、龙虱、星天牛、屎壳螂、沟叩头虫、洋虫、蜜蜂、萤火虫等。有些药用昆虫自然分布数量不够,需要人工培养。近年成绩最明显的是对冬虫夏草的研究。我国已知蝙蝠蛾近30种,其中最重要的蝙蝠蛾属Hepialus已记述的近20种,多数是中国特有种类。浙江农大将康定产的主要虫草蝙蝠蛾引到低海拔的杭州,在室内进行人工饲养,获得继代饲养和大量繁殖的好结果。筛选出嗜食植物和一组配制饲料,摸索出一套室内离土饲养技术和防腐消毒等科学饲养管理措施。利用柞蚕蛹大量生产蛹虫草已获成功。利用家蚕蛹、蓖麻蚕蛹培养蛹虫草也获得成功。

培养饲料昆虫。昆虫作为养鸟业、养鱼业、特种水产动物、家畜、家禽等的高蛋白饲料,引起了国内外的普遍关注。蝇蛆的繁殖利用已有多年的历史。近年对黄粉虫人工饲养研究有新进展。华中农大城市昆虫研究室对黄粉虫的复合饲料、天然助食物质等进行了深入研究,制定了黄粉虫的优化饲养技术。用黄粉虫饲养鸡、蛤蚧、鳖、牛蛙、鳊鱼、鳙鱼及观赏鸟类等,经济效益非常可观。

培养观赏昆虫。蝴蝶和形态奇异的昆虫是古今人们观赏的宠物，又是国际贸易珍品、世界许多动物园为了展示昆虫，建立了昆虫饲养室及蝴蝶园。在日本，培养鸣叫昆虫有悠久的历史。近几年养蟋蟀发展很快，有的城市成立了斗蟋协会等。

为保护稀有种和正在消失种，培养昆虫。如绢蝶科的褐绢蝶属和虎绢蝶属世界各有4种，中国各有3种；被蝶商称为一号蝶的双尾褐绢蝶是中国的特有种。近年在杭州对中华虎绢蝶进行了大量生物学研究，解决了杜衡植物在室内栽培技术，研制了以杜衡叶粉为主的最佳人工饲料配方，对名贵蝴蝶人工饲养的成功，为保护和利用名贵蝴蝶开辟了道路。绢蝶属世界共37种，我国有27种；著名的阿波罗绢蝶是世界第一个被列为“濒危野生动植物种国际贸易公约”的保护对象。中国特有的金斑喙凤蝶过去认为世界仅有几个标本，近年在海南等地采到一定数量标本。宽尾凤蝶台湾只藏5雄一雌；端红粉蝶在瑞典是珍稀种。大紫蛱蝶和黑紫蛱蝶等都为名贵昆虫。研究这些昆虫的人工培养是很必要的。

为文化教育、教学目的培养昆虫。大学、中专和中学为了教学需要，培养各种昆虫。

为科研目的培养昆虫。为了进行遗传研究、估价杀虫剂毒性、确定杀虫剂残留、评价植物品种、杂种和品系的抗虫性等各种研究目的，需要培养昆虫。

为工艺美术利用培养昆虫。

为在生态监测系统中利用指示昆虫培养物培养昆虫。

把植食昆虫作为天敌昆虫培养的寄主、生产微生物制剂的环境及自体防治替代物进行培养。为培养它们，成功利用自然营养介质或人工培养基。如1985年，为了大量生产棉铃虫NPV病毒杀虫剂，在湖北蒋湖农场建立了我国第一座半机械生产棉铃虫试验工厂。现在河南、河北、湖北等均建成生产棉铃虫NPV病毒杀虫剂工厂。

培养限菌昆虫。限菌生物学是生物学、理论医学、实验医学和兽医学的一个方面。它在标准和病态条件下研究有机体和微生物之间的相互作用、研究限菌生物学模型和系统、及其应用于不同研究、人和动物病害治疗、预防的方法。限菌有机体培养是规定专门方法和设备的一个很特殊方面，与得到限菌昆虫相联系的所有程序是在无菌操作台燃烧火焰上方，遵守所有无菌规则下进行的。节肢动物的一些类别其中包括蝇子，能成为解决功能任务（在节肢动物个体发育中，消化道微生物群落的形成和作用，温血和冷血限菌者的比较特性）和应用特点问题（得到无微生物有机体的方法；应用无菌有机体，比如蝇幼虫；在医学中媒介传染病的流行病学问题等）的极好模型。描述了培养无菌家蝇的方法，以及研究了培养条件对一些形态生理指标的影响。已确定，限菌生物学试验条件，除降低潜在生殖能力外，对形态、生理特点没有不利影响。环境的高压及无菌液在比较大的程度上影响成虫前阶段的存活率。为了消毒，应用升汞酒精混和物（放置30秒） $\sim$ 0.25%的过醋酸（30秒），以及70%甲醇（5分钟）。应用所研究的液体使限菌蝇羽化量不大，这就要求寻找新的消毒剂。对大巢蛾也研究了得到限菌虫的方法。建立了大巢蛾无菌培养的人工饲料。在无菌细胞培养物中，无菌培养蚊幼虫的试验方法有重要意义。

第二节 为利用昆虫生命活动产物培养昆虫

培养绢丝昆虫。家蚕是著名的绢丝昆虫。在我国养蚕业已成为独立的生产行业。我国蚕茧产量占世界总产量的60%以上,生丝出口约占国际贸易额的90%。1990年创汇25亿美元。养蚕除获得蚕丝外,蚕蛹、蚕蛾、蚕渣等均可利用,因此人们称家蚕为“蚕宝宝”。目前我国对家蚕的遗传育种、养蚕技术、蚕病防治、生理生化、胚胎发生、基因工程等进行了广泛研究。俄罗斯建立了家蚕性连锁平衡致死系统,日本建立了带有常染色体易位的平衡致死系统,为提高家蚕产量开辟了新途径。除家蚕外,柞蚕产量占世界总产量的75%以上,辽宁蚕科所育成的白茧一号,是高产、稳产、优质、抗病、适应性强的优良品种,已在生产上推广应用。天蚕丝价值高于桑蚕丝数十倍,近年来在杭州进行了生物学、饲料植物、人工饲料、饲养和缫丝技术等研究。马桑养蓖麻蚕潜力很大,湖北、湖南和西南各省到处有马桑灌木,为饲养蓖麻蚕提供了充分的饲料。据统计,有126种蚕有利用的潜在可能性。

培养产蜜昆虫。我国主要产蜜昆虫有意蜂、苏蜂、中蜂、大蜜蜂、小蜜蜂等。在我国养蜂业有很大发展。养蜂能收获许多蜜蜂产品,首先是蜂蜜。此外,还有蜂王浆、蜂蜡、蜂乳、蜂毒、蜂胶、花粉等。这些是食品、医药、电讯、纺织、国防和出口的重要物资。据统计,中国蜂蜜和王浆的出口量居世界第一位。

近几年,随蜜蜂毒自动采集器的问世,为蜂毒利用创造了条件。1991年11月在山东济南召开的首届国际蜂疗保健和蜂外疗法技术研讨会上,中国蜂疗深受国际同行称赞。

培养产紫胶昆虫。紫胶虫是分布于亚洲南部比较干热地区的一种经济益虫。培养紫胶虫的国家主要是印度、泰国,其次是中国、缅甸、越南、老挝、巴基斯坦等。我国紫胶原产地是云南,现在除云南大量生产外,广西、广东、福建、四川、贵州等省区也开发了紫胶新区。紫胶具有耐高压和良好的绝缘性能,此外,具防潮、防腐、防锈、粘合力强、耐油酸、热可塑性强、固色性能好、无毒等优良性能,所以是军工生产中不可缺少的重要物资,也是机电、化工、轻工、食品、医药等方面的重要原料。因此,大力发展紫胶生产有重要意义。

培养产蜡昆虫。白蜡虫是著名的产蜡昆虫。我国是白蜡虫的故乡,也是世界上最早利用白蜡虫和虫白蜡的国家。虫蜡在纺织、汽车、电技术、制造纸浆及纸张、制药、食品工业和其它工业中得到利用。研究了白蜡虫的繁殖饲养历史、饲料植物、形态学、生活周期、育种问题、虫蜡的收获及在人类经济活动中的应用等。近年通过对白蜡虫的生态、生物学研究,进一步论述了“高山产虫,低山产蜡”的事实。商品蜡虫最适生产基地是金沙江下游云、贵、川接壤的几个高山地区,秦岭以南海拔600公尺以下的一些区域。

培养五倍子蚜。五倍子是我国传统的中药材和出口贸易商品。近代随着科学的进步,从中提炼出倍酸及焦倍酸等,用途日益扩大,有很大的经济价值。在医药、轻工、化工、电子工业、木材加工业、石油工业、冶金工业及国防工业等方面都有重要用途。五倍子

是绵蚜科的一些蚜虫寄生在盐肤木、红麸杨、青麸杨等漆树科植物叶上，寄生叶片组织受刺激后膨大而形成的虫瘿。我国现已发现14种五倍子蚜，即是：角倍蚜、肚倍蚜、圆角倍蚜、倍花蚜、红倍花蚜、红小铁枣蚜、铁倍花蚜、蛋铁倍蚜、枣铁倍蚜、蛋肚倍蚜、米倍蚜、周氏倍花蚜、黄毛小铁枣蚜，其中角倍蚜、倍蛋蚜、枣铁倍蚜、蛋铁倍蚜、肚倍蚜和蛋肚倍蚜形成的倍子有很大的利用价值。近年来，围绕五倍子生产，除对倍蚜的生态、生物学进行研究外，还对倍林、冬寄主藨类的最适生态因子、生境及倍蚜人工培养等进行了研究。

培养产胭脂虫。天然红色染料洋红来源——胭脂虫的培养历史也是悠久的。1971年亚美尼亚共和国部长会议委托亚美尼亚动物研究所对欧洲胭脂虫进行全面研究。已完成使欧洲胭脂虫培养物得到建立的一系列研究。这是亚美尼亚特有种，喜欢盐碱滩，并在獐毛上完成发育。利用自然种群及在封闭地段建立人工种群，可以保持胭脂虫培养物。建立禁伐林区和完善促进最大生物产量的农业技术方法对保护胭脂虫有重要意义。通过优化感染植物节奏和胭脂虫的收获，在封闭地段条件下，胭脂虫产量可提高几倍。

培养产虫茶昆虫。虫茶是中国的特产，传统出口商品之一。中国主要虫茶产区为湖南、广西、贵州三省交界的城步、通道、龙胜、三江等地。虫茶系用三叶海棠、化香树等制成茶叶和野葡萄叶须亥夜蛾（化香夜蛾）、米黑虫等，其排泄的粪粒即为虫茶。虫茶含有较高的单宁和维生素，是热带和亚热带地区高温作业人员及华侨的重要饮料，在医学上可作为收敛剂等。

为得到昆虫激素培养昆虫。昆虫激素可分为内激素和外激素。内激素主要有脑激素、保幼激素和蜕皮激素；外激素包括性外激素、聚集外激素、标迹外激素、报警外激素等。在大量培养不同种的基础上得到所需的昆虫激素，是利用昆虫生命活动产物的一个现代方面。

为生物技术利用培养昆虫。近年由于生物技术的成就，得到了许多在医学和国民经济中不可取代的微生物合成产品。它们当中，微生物产生的干扰素占有特殊地位，这是预防许多病毒病的有效药物。但是这种方法生产的干扰素最终产品产量低。日本科学家建议利用家蚕幼虫生产干扰素，已确定一种病毒加强了被感染幼虫的蛋白质合成，而用控制干扰素合成的人的基因代替这种病毒染色体组中的一种基因，在家蚕有机体中就开始主动合成 α -干扰素。

利用昆虫生命活动产物的生产范围在扩大，其中包括提取氨基酸、几丁质、斑蝥毒素、抗菌素这样的新方向。

第三节 为利用昆虫行为培养昆虫

培养天敌昆虫。天敌昆虫是生物防治方法的基本因素，主要包括捕食性天敌和寄生性天敌。国内外发表了天敌昆虫分类、生物学、培养和利用等方面的大量研究文章。

赤眼蜂是生物防治实践中最主要的天敌昆虫。国内外利用赤眼蜂防治粮食作物、棉

花、蔬菜、果树、森林等的许多害虫；除赤眼蜂外，瓢虫、草蛉、麦蛾茧蜂、南方小花蜂、斑腹刺益蜂、二点益蜂、平腹小蜂、金小蜂、黄色花蜂等也被广泛培养利用。

目前我国研究重点是加强保护天敌昆虫自然种群和提高大量培养水平。成功研制出赤眼蜂的人工寄主卵。采用赤眼蜂人工卵半机械化生产线，可日繁殖松毛虫赤眼蜂3000万头；利用人工卵培养松毛虫赤眼蜂已取得成功。用人工饲料饲养七星瓢虫、异色瓢虫等，其成活率和繁殖率都很高。

在俄罗斯，根据赤眼蜂的生物学特点，其中包括种群遗传特点，提出了工业培养赤眼蜂的一般流程，同时对更适合替代寄主选择、自然寄主利用、人工培养基、种群基因库保持、赤眼蜂质量评价标准、赤眼蜂生态型选择原则、局部共存种群重复杂交等进行了研究。还对大量培养麦蛾茧蜂的技术、提高草蛉及其它天敌昆虫产量的方法等进行了研究。

培养利用食草昆虫是一个新方向。通过建立适应食草昆虫的微植物群落可以保持食草昆虫的自然种群。一些有前途的食草昆虫，比如旋花象鼻虫、毛束草出尾虫、列当的潜叶蝇等在俄罗斯已形成了实验室—田间培养物。取食灰白色毛束草的毛束草出尾虫和为害列当和兔丝子的潜叶蝇，在植物保护实践中利用有很大经济效果。除利用潜叶蝇自然种群的生物方法外，也研究了工业培养潜叶蝇生物工厂建立的科学基础。操作规程包括利用水栽法繁殖列当，在液体培养基中得到列当种子，用列当培养潜叶蝇。

培养传粉昆虫。传粉昆虫的培养是工业昆虫学的一个新方向。培养专化授粉者及培养温室植物的授粉者有特别人的意义。近年来我国利用蜜蜂为油菜授粉；利用蜜蜂为蔬菜制种、西瓜授粉；利用适于低温活动的几种壁蜂为苹果、杏等授粉，并认为唇壁蜂和繁壁蜂的数量较多，是北方果树授粉的优良蜂种。对苜蓿切叶蜂进行了研究。已知近千种野生蜜蜂，为多种农作物授粉的潜力很大。

在俄罗斯，苜蓿的授粉者苜蓿切叶蜂是主要培养对象。1980年初从加拿大引入切叶蜂蜂群，并研究了地方独居蜂种的培养。在许多农场建立已实现了切叶蜂的工业培养和利用。

为遗传防治目的培养昆虫。害虫遗传防治又称为自体防治，是通过不育或把具某种遗传缺陷的品系引入种群，达到控制害虫种群的目的。螺旋蝇是成功应用遗传防治方法的第一个对象。目前工业培养中每周可生产200-500百万头个体。低等吸血双翅目昆虫中，最早研究大量培养的是蚊虫。在中美，疟疾的主要传播者是淡色按蚊。防治这种蚊虫的方法之一，是往自然界释放不育雄虫，大量培养按蚊的方法允许一个服务人员劳动一小时，可得到23.6万粒卵，每天可得到23.7万头雄蝇。完成了白蛉子、蠓和蚋实验室培养物培养的许多研究。高等双翅目昆虫中，研究最多的是采采蝇培养，这是锥虫病的特别危险传播者。为进行遗传防治，在非洲国家制定了大量培养这种蝇子的方法。提出了培养厩螫蝇的方法，每天蝇的产量为80-140千头。此外，还制定了黑须污蝇和苹果蠹蛾等的培养方法。

利用昆虫加工生物废物。为得到饲料蛋白和生物肥料，利用昆虫方法加工生物有机废物的研究得到成功发展，并在国内外的一些畜牧场和养鸡场建立了技术规程和生产线。

我国北京机械化养鸡场,1982年建成我国第一座“鸡粪再生饲料车间”,利用鸡粪喂养蝇蛆,蝇蛆利用鸡粪中可利用物质建造自身机体,老龄幼虫和剩余鸡粪通过滚筒干燥机烘干灭菌,加工成为鸡粪再生饲料,最高年产达2000吨以上,同时减少了环境污染。在俄罗斯常利用家蝇和新陆原伏蝇。一季内每个种一对蝇子的后代可相应提供625和1800吨生物量。在27-30℃下5昼夜,可从1吨有机废物中得到约20公斤幼虫生物量,约500公斤高价值的腐殖质。

依靠其它同居蝇,可扩大有机废物利用的种类组成。食粪蝇中为秋家蝇等,对其制定了培养方法。为加工水中冲洗的液体介质,可利用尾蛆蝇属的*Eristalis arbustorum*。利用双翅目幼虫作为日常生活坚硬废物的生活垃圾焚化炉是可能的。由于蝇幼虫的生命活动,在所制堆肥中坚硬的日常生活废物如纸和纺织品很快被分解。为使基质培养物产量提高和稳定,研究了生产卵的稳定性,把幼虫同介质分开的效率,防止流行病,和优化保持成虫的无机和有机条件。利用血沉淀后形成的血凝集物作为产卵的介质和成虫的蛋白饲料,保证成蝇比较高的生殖力。把收集卵和饲养成蝇的程序相结合,可使技术大大简化。保持适宜空气温度,以及利用动物血作成虫饲料,并把生物活性物质适应原加入食料中,可促使培养物生殖能力的提高。为有效把幼虫同介质分开,可利用幼虫避光性及采用热压方法。把保幼激素类似物加入介质中能促进成虫羽化。研究了蝇培养物的保藏问题。用微量元素丰富的食物培养,可使蝇幼虫富含微量元素。

在人类生命保障的宇宙生物系统中,产生了人类生命活动产物、其它有机废物利用和物质循环的必要性。家蝇作为生命保障生物系统中的异养环节成分是有前途的。

培养环保昆虫。我国长江流域“神农药蛻螂”被澳大利亚引进培养,用以清除辽阔牧场上的牛粪。一些蛀食枯木的昆虫可清理枯桩、朽木,保护森林环境,属于森林生态系的一个重要环节。其它一些腐食性昆虫如埋葬虫、叩头虫等也起着清洁环境的作用。许多地下生活的昆虫可以改造土壤结构。有些昆虫能起到监测环境污染作用。

思考题

1. 你认为工业昆虫培养方向如何划分为恰当?
2. 为利用虫体,常有哪些培养计划?
3. 为利用昆虫产物,常有哪些培养计划?
4. 为利用昆虫行为,常有哪些培养计划?

第三章 培养昆虫的理论基础

为成功解决工业昆虫学问题,必须研究大量培养昆虫基本原则的理论依据。昆虫生物学、生态学、昆虫遗传学及驯化等是培养昆虫的理论基础。

第一节 培养昆虫的生物学基础

种的生活周期是培养过程的生物学基础。昆虫培养过程即是作为物种生活周期重复实现的培养物建立和再生产。对于培养过程,首先要研究自然界和实验室中种的生活周期。

生活周期——是主要的生物学结构之一,这是世代存在和再生产的遗传决定系统。大多数定义把生活周期归为个体发育的同意语。但对于培养和管理过程,这样理解生活周期是不够的,生活周期具体状态的数量表示及其比较评价是必要的。为了理解生态学中比较方法的意义,必须了解生活图概念。生活图是表示种生态状态关键特性总和的图。生活图是所有生活周期的生态类型,所有生活周期包括作为生活周期某些阶段生态类型的生活类型。

对营寄生生活种的关系中,分出关键特征比较简单,对这些种容易构建依赖于同寄主相系特点和程度的比较寄生系列。

对自由生活类型,确定相同意义的标准是不可能的。种的生活周期有许多表示。它的特点是多指标的,并由种群中许多意义不同的个体实现。为构建生活图,也就是为自由生活类型的生活周期定型,必须分别估价许多特征。许多研究为这一方法奠定了基础。Holdein-semevski 优化原则具有特殊意义,根据这一原则,应把个体适应特性作为保证个体能源优化分配的群体动态结构来研究。比如,加强防止自然死亡因素,由于提高了对个体的压力,就引起个体消耗于生殖的能量资源降低。因而生活周期是生活方面的完整、动态单位。一个环节的变化引起另一个环节的变化。

此外,种群稳定性的保持靠生活周期的分化来达到。在变化环境中,作为基因型选择价值指标的繁殖系数优化可能在四个方向上进行,即:1)可塑性:即在一种个体发育范围内区分生活方式的能力;2)胁迫适应:适应顺利度过可能的最坏环境条件;3)风险的分散:后代沿着与不利条件出现不同步的地点扩散;4)风险的表现型分散:生产表现型不同的后代,每一种表现型类型适应一定的环境。

依赖每个种群中系统发育的限制和环境的空间、时间变化特点,达到所指方向间的一定比例。结果在种群中产生了个体生活周期特点方面的复杂结构。

“种群相”可能是生活周期种群结构的反映。A. B. Lange 曾把生活周期定义为种在个体发育中的基本生活方向的分布:基本生活方向指取食、繁殖、扩散、生存。这样表述有可能应用数量方法比较不同种的生活周期,以及具体种群的某些个体。结果产生了

种群相。种群相反映了个体发育中生活周期程序化典型特点的时间状态。在个体发育中，也就是在种的所有阶段及其形态生理特点的连续性中使种的典型特征程度化。种群时间状态特点是个体发育和形态生理状态不同阶段个体的数量关系。

为了描述和分析自然界及培养物中的种群相，可编写生活周期图和种群组成鉴定表。

种群相的原则允许在数量上衡量种生活周期的不同特征，并分出关键特征，也就是给成种的生活图，以及比较评价每一具体时刻的种群状况和预测种群的动态。

变态类型、营养、性别相遇特点、季节周期特点、生态生理适应类型、种群战略类型是物种生活图的关键特征，也是生产人工种群的最重要特征。

变态类型决定技术过程的结构。在不完全变态情况下，生活周期的活动时期为一种生活类型，并要求统一的技术过程，可是由于种群行为特点、群体效应、残食等会使这一过程复杂化。在完全变态情况下，生活周期活跃时期有不同的生活方式，并原则上要求不同的保持条件。

营养奠定了培养象孳生者、肉食者、食木者、食花蜜者、吸血者、食尸者等营养类型的一般方法基础。性别相遇特点(狭配性、广配性)形成了对保持成虫条件的要求。季节周期特点决定引种培养的途径和具有预定特点人工种群的保持条件。生态生理适应类型作为培养节奏的基础。种群战略类型决定管理人工种群的原则及其数量增长和利用的模拟。

第二节 培养昆虫的生态学基础

工业昆虫的生长发育、繁殖和数量动态，都受环境条件制约。研究工业昆虫与周围环境条件相互关系的科学称为工业昆虫生态学。研究与了解工业昆虫种群、群落与其生态系统中有关因子的各种关系，是有效管理昆虫培养物所必须具备的理论基础。

一、与工业昆虫有关的物理因子。

主要包括温度、湿度、光、风(通风)和土壤因子。

温度和湿度。温度是昆虫进行积极生命活动所必需的一个条件，也是对昆虫影响最为显著的一个气象因素。昆虫体温在很大程度上依赖周围环境温度。周围环境温度能影响昆虫的物质代谢速率、个体发育速度、寿命、生殖能力、世代、营养强度、身体大小和颜色等。在一般昆虫教科书中所描述的昆虫温区概念、有效积温法则等对工业昆虫也是适用的。昆虫对温度的适应因种的特性而不同，同种内又因各虫期的不同而异。

这里指的湿度包括昆虫食物中所含的水分和养虫室内空气的相对湿度。昆虫体内水分主要来自食物中的水分，而食物中所含水量的变动又受空气湿度的影响。影响工业昆虫的湿度范围划分与其它昆虫相同。昆虫对各种湿度的适应，与温度有相似现象。昆虫体液浓度因种类及虫期而不同。各种适宜的发育湿度，食物中含水量的多少，支配着昆虫体内水分的多少；空气中湿度的高低又支配着昆虫体内水分的蒸发，过高过低均不适宜。湿度对昆虫的影响是多方面的。湿度不但与昆虫体内水分平衡、体温及活动有关，而且

可直接影响昆虫生长发育、寿命和生殖。温度与湿度这两个因子是互相联系的，总是综合作用于昆虫。温度和湿度能对种群数量、生活能力表现直接作用，也可通过饲料等表现间接作用。在培养昆虫时，对大多数工业昆虫，可人为创造适宜的温、湿度，在整体上对个体和培养物产生良好影响，但应注意，如果长期在适宜温湿度条件下培养，在许多情况下由于温湿度丧失在自然界越冬时期和自然灾害时所完成的选择因素功能，使体弱个体得以保留，导致昆虫培养物生活能力和生殖能力的降低。研究表明，在滞育时期经受低于发育起点的变温作用，变化幅度1-4昼夜的昆虫比处于恒温条件下的昆虫有更强的生活能力。培养时变温对成虫的生殖能力、后代生活能力产生有利影响。这种变温作用效应对工业昆虫学实践有重要意义。

在培养条件下，由于技术可能性的局限、昆虫生物学、生态学知识不足，常常不可能创造与自然界相似，并与昆虫昼夜活动规律相联系的昼夜和季节温、湿度动态，从而对昆虫产生不利影响。

培养时，温度和湿度对植食昆虫饲料适合取食时间的影响而对昆虫表现间接作用。一般情况下，人工饲料和自然食物介质适合昆虫取食的时间随温度升高和空气湿度降低而缩短。在有些情况下，植食性昆虫与寄主植物对温湿度要求有差异；有时用非专化寄主繁殖天敌昆虫时，天敌昆虫和寄主昆虫发育适宜温度不完全一致，这时若不能同时满足二者对湿度的共同要求，温湿度就可能对昆虫产生显著影响。此外，温湿度对昆虫病原细菌等发育的影响，也对昆虫产生间接作用。

光。光对昆虫的作用包括光的波长、光照强度与光周期。昆虫多趋向短波光，其对光波的反应，不同种类、不同性别、不同发育阶段均有差别。光照强度的变化主要影响昆虫的昼夜节律、交配产卵、取食和栖息等，并能影响昆虫的体色、聚集行为等。光周期变化对昆虫生长发育和滞育产生影响。已证明100多种昆虫的滞育与光周期变化有关。根据光周期反应的一般模型（图1, 2），两个中心学说即活化中心和抑制中心及其对一般内分泌目标的作用是模型的基础。在活化因素活性未达到临界水平时，无滞育发育是不可能的；抑制因素没有达到阈值水平条件下，超过阈值数量的活化因素水平，引起旺盛发育；抑制因素达到阈值水平，意味着从这时起活化因素的作用完全停止，并且限制了发育的可能性。在对一般目标——内分泌腺，没达到阈值水平活化因素的活性时，无滞育发育是不可能的。对内分泌腺，超过阈值数量的活化因素水平，在抑制因素对内分泌腺及活化中心没有表现阈值以下作用条件下，引起旺盛发育。抑制中心可通过两条路线引起滞育。对内分泌腺，抑制因素达到阈值水平后，抑制中心直接控制内分泌腺的活性；对活化中心，抑制因素达到阈值水平后，它引起活化中心的不活跃状态。在这种情况下，象在点a那样，活化因素的不足是内分泌腺不活跃状态的原因，并由此引起滞育。

在自然界光与其它因素相结合直接影响昆虫的发育历期、世代数、后代生殖力、行为等。通过高级系统影响饲料质量，或由于滞育和光周期状态改变影响寄主——寄生者关系等而表现间接作用。紫外光部分对昆虫生活能力和生产量表现良好影响。