

# 昆虫资源学

雷朝亮 主编



湖北科学技术出版社



图书在版编目(CIP)数据

昆虫资源学 / 雷朝亮主编. — 武汉:湖北科学技术出版社,2011.12  
ISBN 978-7-5352-4851-0

I. ①昆… II. ①雷… III. ①动物资源—昆虫学 IV. ①Q969.97

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 209442 号

责任编辑:邱新友 赵襄玲

封面设计:王 梅

---

出版发行:湖北科学技术出版社  
地 址:武汉市雄楚大街 268 号  
(湖北出版文化城 B 座 13—14 层)  
网 址:<http://www.hbstp.com.cn>

电话:027-87679468  
邮编:430070

---

印 刷:荆州市翔羚印刷有限公司

邮编:434000

---

787×1092 1/16  
2011 年 12 月第 1 版

21.25 印张

480 千字  
2011 年 12 月第 1 次印刷  
定价:70.00 元

---

本书如有印装质量问题 可找本社市场部更换

## 《昆虫资源学》编委会

主 编 雷朝亮

副 主 编 王小平 朱 芬

编写人员 (以姓氏笔画为序)

牛长缨 付新华 艾 辉 李 芒

李 锐 陈利珍 杨凤连 郑霞林

荣秀兰 胡玉伟 黄 文

## PREFACE

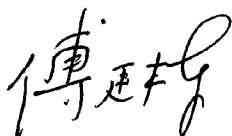
# 序

昆虫已知的种类超过 100 万种,无论种类还是数量都是地球上最大的生物类群。昆虫出现的历史大约有 4 亿年,远在人类诞生之前,昆虫就与周围环境中的动、植物建立了悠久的生存关系。人类出现以后,特别是种植、养殖业的发展,一方面给昆虫带来了较大影响,另一方面人类与昆虫也建立起十分复杂而又密切的联系。蝗灾曾成为史上改朝换代的导火索,蚊虫传播的疟疾曾使 1/4 的欧洲人死于非命,震惊中外的丝绸之路昭示了中华大唐的昌盛,昆虫与人类文明息息相关。

具有几千年文明历史的中国是世界上利用昆虫种类最多、应用历史最悠久的国家。我们的养蚕业已有 5 000 多年的历史,成为中华文明的象征之一,很多可利用的昆虫经过漫长的培育、筛选和利用已形成产业,例如养蚕业、养蜂业等;不少昆虫产品如蚕丝、蜂蜜、虫蜡、五倍子、紫胶等长期以来一直是中国创汇农业的主体,仅蚕丝出口每年创汇近 10 亿美元,为国民经济建设与发展作出了巨大贡献。然而昆虫资源学作为昆虫学的一个分支学科,长期以来学科基础理论研究相对比较薄弱,概念不清,体系混乱。雷朝亮教授多年以来一直致力于昆虫资源学理论与实践的研究,他和他的团队在总结前人研究成果的基础上,首次明确了昆虫资源学的概念、内涵及范畴,提出了昆虫资源学的理论基础,构建了以昆虫本体利用、行为利用、产物利用和基因利用为主体的昆虫资源学应用体系,得到全国同行的认可。

《昆虫资源学》是华中农业大学立项建设的研究生教材。教材在充分考虑昆虫资源学基础理论和基本概念的同时,十分恰当地融入了近年昆虫资源学的最新研究成果和最新研究进展。教材各章节层次分明、条理清楚、由表及里、由浅入深,理论联系实际,并能充分反映本分支学科内容的内在联系,是农林院校植物保护、植物检疫及野生动物保护等专业本科生、研究生和相关部门技术人员很好的参考资料,我十分乐意推荐给大家。

中国工程院院士



2011 年 10 月 10 日



## CONTENTS

# 目录

### 第一章 总 论

第一节	昆虫资源学的定义与范畴 .....	1
	一、资源昆虫与昆虫资源 .....	1
	二、昆虫资源学研究范畴 .....	2
	三、昆虫资源的经济意义 .....	2
	四、昆虫资源学的任务 .....	3
	五、昆虫资源研究与利用的原则 .....	4
	六、昆虫资源研究与利用的途径和方法 .....	6
第二节	昆虫资源学的理论基础 .....	13
	一、昆虫在生物中的地位 .....	13
	二、生物多样性的概念 .....	13
	三、生物多样性的层次 .....	14
	四、物种多样性是最主要和最基本的实体 .....	15
	五、保护昆虫多样性的意义 .....	16
	六、生物多样性所面临的问题 .....	17
第三节	昆虫资源学研究利用的历史与展望 .....	19
	一、昆虫资源学研究利用的历史 .....	19
	二、昆虫资源学研究利用的现状 .....	20
	三、展望 .....	29

### 第二章 昆虫本体利用

第一节	药用昆虫 .....	31
	一、药用昆虫的种类 .....	31
	二、几种药用昆虫 .....	41
第二节	食用昆虫 .....	47
	一、食用昆虫概述 .....	47
	二、食用昆虫的营养价值 .....	50
	三、常见食用昆虫种类及加工利用 .....	52
	四、食用昆虫规模化养殖技术规程 .....	73
	五、食用昆虫的原料获取 .....	75



第三节	饲用昆虫 .....	77
	一、家蝇 .....	77
	二、黄粉虫 .....	81
	三、蝗虫 .....	83
	四、摇蚊 .....	84
第四节	观赏昆虫 .....	87
	一、观赏昆虫发展历史 .....	87
	二、观赏方式 .....	88
	三、观赏昆虫资源 .....	96
	四、观赏昆虫资源的保护、开发与利用 .....	116
第五节	教学与科研用材料 .....	118
	一、基础理论研究 .....	118
	二、应用研究 .....	124

### 第三章 昆虫行为利用

第一节	传粉昆虫 .....	125
	一、传粉昆虫的重要性 .....	125
	二、传粉昆虫种类 .....	126
	三、传粉昆虫的利用 .....	130
第二节	地球清洁工 .....	134
	一、埋葬甲类 .....	135
	二、粪食性甲虫类 .....	136
	三、蝇类 .....	138
第三节	天敌昆虫 .....	140
第四节	仿生昆虫 .....	142

### 第四章 昆虫产物利用

第一节	绢丝昆虫 .....	148
	一、家蚕 .....	148
	二、柞蚕 .....	156
	三、蓖麻蚕 .....	163
	四、天蚕 .....	166
	五、其他绢丝昆虫 .....	170
第二节	产倍昆虫 .....	174
	一、五倍子与单宁 .....	175
	二、产倍昆虫 .....	177
第三节	产蜡昆虫 .....	190
	一、白蜡虫概述 .....	192
	二、养殖与利用 .....	197



**第四节 产胶昆虫——紫胶虫** ..... 201

一、紫胶虫种类及分布 ..... 201

二、紫胶虫生物学特性 ..... 204

三、紫胶虫放养技术及管理方法 ..... 207

四、主要病虫害及其防治方法 ..... 209

五、产物种类及用途 ..... 211

**第五节 产蜜昆虫——蜜蜂** ..... 211

一、概论 ..... 211

二、蜜蜂生物学 ..... 213

三、蜜蜂育种技术 ..... 215

四、蜜蜂的养殖技术 ..... 218

五、蜜蜂病敌害及其防治 ..... 220

六、蜂产品的加工及其作用 ..... 222

**第六节 虫茶研究与利用** ..... 224

一、虫茶概况 ..... 224

二、虫茶的营养保健作用 ..... 227

三、虫茶研究现状及开发前景 ..... 231

**第五章 昆虫活性物质利用**

**第一节 昆虫的激素** ..... 233

一、激素的合成和分泌 ..... 233

二、前胸腺 ..... 235

三、昆虫激素的调控机制 ..... 235

四、昆虫激素及类似物的应用 ..... 236

**第二节 昆虫毒素** ..... 244

一、几种功能性的昆虫毒素 ..... 244

二、我国有毒昆虫的种类和昆虫毒素的应用 ..... 245

**第三节 昆虫几丁糖** ..... 249

一、几丁糖简介 ..... 249

二、昆虫几丁糖 ..... 250

三、几丁糖的应用 ..... 251

**第四节 昆虫活性蛋白肽** ..... 256

一、昆虫抗菌肽 ..... 257

二、昆虫凝集素 ..... 259

三、昆虫溶菌酶 ..... 260

四、昆虫抗病毒蛋白 ..... 260

五、昆虫抗冻蛋白 ..... 262

六、昆虫金属硫蛋白 ..... 263

七、展望 ..... 263



## 第六章 昆虫的基因资源及其利用

第一节	表皮相关基因 .....	265
第二节	感觉相关基因 .....	266
第三节	抗逆境相关基因 .....	267
第四节	昆虫转座子 .....	272
第五节	其他基因 .....	274

## 第七章 资源昆虫大量饲养方法与技术

第一节	饲养的目的与意义 .....	276
第二节	饲养昆虫的类型 .....	276
	一、按照饲养的虫态分类 .....	276
	二、按照饲养的场所分类 .....	278
	三、按照饲养的规模分类 .....	279
第三节	饲养的一般程序和主要环节 .....	279
第四节	饲养设备和器具 .....	285
第五节	昆虫的人工饲料 .....	286
第六节	饲养评价 .....	294
第七节	常见昆虫的饲养方法 .....	295
	一、常用实验室虫源的常用饲养方法 .....	295
	二、其他常见昆虫的饲养方法 .....	297

## 第八章 昆虫产品的功能评价

第一节	增强免疫功能评价 .....	299
	一、巨噬细胞的吞噬功能 .....	299
	二、细胞免疫功能的测定 .....	300
	三、体液免疫功能的测定 .....	303
第二节	增智作用评价 .....	305
	一、抑制性(被动)回避 .....	305
	二、主动回避实验 .....	306
	三、辨识学习 .....	307
第三节	降血脂作用评价 .....	309

## 参考文献

## 后 记





# 第一章 总 论

## 第一节 昆虫资源学的定义与范畴

### 一、资源昆虫与昆虫资源

在过去的文献中,对于直接或间接造福于人类的昆虫,有人称之为“资源昆虫”(insect resources),也有人称之为“昆虫资源”。“资源昆虫”与“昆虫资源”两个术语,无论在内涵还是在外延上均有很大差别。

资源昆虫是指各种各样能被人们直接或间接利用的有益昆虫,尤其是那些能直接产生经济效益的昆虫。它是人们对昆虫资源直观利用或间接利用阶段的产物,如新石器时代开始对桑蚕的利用,3 000 多年前对柞蚕的利用,几千年前开创的养蜂业,公元 7 世纪利用紫胶入药和作染料,元代利用白蜡虫之蜡作烛,明代多种昆虫入药而收入《本草纲目》等。这些昆虫资源的直观利用,一直延续至今,一方面继续造福于人类,另一方面也禁锢了人们的认识,使人们对昆虫资源的认识长期局限于狭义的、传统的“资源昆虫”范畴。

“昆虫资源”相对“资源昆虫”而言,更加明确了昆虫与资源的关系,把整个昆虫纲全部种类无论其益害均作为生物资源,仅仅只有现实资源和潜在资源之分。的确,对于昆虫来说,益害只是相对的概念,很多可直接或间接利用的并不全是有益昆虫,而大多是植食性昆虫和卫生昆虫。“昆虫资源”比“资源昆虫”术语无论在形式还是在内容上,都更加广泛、更加完善、更加科学。首先,使用“昆虫资源”术语更加符合生物多样性的实质意义。生物多样性理论认为物种多样性是最主要和最基本的实体,生物多样性的物质表现就是生物资源,它们具有现实的、潜在的价值,是人类生存的物质基础,也是人类生存的生态圈环境的重要组成部分,作为生态圈中大家族的昆虫也不例外。其次,昆虫资源的利用在经历直接利用、静态利用后已进入动态综合利用阶段,对昆虫资源的利用已产生了质的飞跃,它不再是单纯直观利用,而是包括对昆虫行为及活性物质的利用。昆虫资源研究利用的范畴愈来愈广泛,使得狭义的“资源昆虫”概念再也无法包纳了。例如,目前已能利用合成的蜕皮激素、保幼激素、性激素进行农林害虫防治,利用合成的保幼激素提高蚕丝产量,从蚕蛾体内提取细胞色素 C、尿酸等;利用昆虫独特的免疫系统和机制,采用生物的、物理的和化学的方法诱导昆虫产生“抗菌肽”、“抗菌蛋白”、“凝集素”等物质;利用基因工程技术,以昆虫为载体生产干扰素、流感疫苗等,以及药用昆虫有效成分的提取、纯化和鉴定等,均为昆虫资源的开发利用开拓出了更为广阔的前景。



因此,应用“昆虫资源”术语,更有利于学科的发展,能赋予其更广阔的领域和范畴。

## 二、昆虫资源学研究范畴

关于昆虫资源、昆虫资源学及其研究范畴,在以往的文献中,还未见有专门论述。十分遗憾的是在荟萃古今中外农业科学知识、昆虫学知识的大型工具书——《中国农业百科全书》(昆虫卷)中,昆虫资源及资源昆虫也没占一席之地。

昆虫资源是指那些昆虫本体或行为或产物能直接或间接为人类提供生产资料或生活资料的天然来源。昆虫资源学则是研究昆虫本体利用、昆虫行为利用及昆虫产物利用的理论与实践的一门学科。

昆虫资源学的研究范畴主要可分为3个部分。第一部分是昆虫本体的利用,主要包括药用昆虫资源、饲料昆虫资源、食用昆虫资源、工艺观赏昆虫资源、教学科研材料昆虫资源、特殊昆虫资源(如从昆虫体内提取激素等活性物质,用昆虫细胞繁殖病毒,昆虫作为生物工程的重要基因库,以昆虫为载体生产干扰素、疫苗等)等方面;第二部分是昆虫行为的利用,包括天敌昆虫资源、授粉昆虫资源、环境清洁昆虫资源、仿生学昆虫资源等方面;第三部分是昆虫产物的利用,昆虫产物主要用作工业原料、医药及食用产品等,如绢丝、五倍子、白蜡、虫茶、紫胶等。

## 三、昆虫资源的经济意义

5 000多年前,中华民族先祖发明了栽桑养蚕、制丝织绸技术。在漫长的历史年代,中国成为世界重要蚕丝绸生产和出口国。中国蚕业生产曾经有过辉煌的历史,也遭受过种种挫折。1931年蚕茧产量曾达22.08万t,是历史最好水平。后来由于战乱及社会、经济和自然灾害等影响,到1949年蚕茧产量仅为历史最高年份的14%,蚕业生产跌到低谷。

1949年中华人民共和国成立,其后采取了一系列恢复发展蚕业生产的政策措施,经历了“恢复”时期、“大力发展”时期和“巩固提高、稳步发展”时期,1995年桑蚕茧产量达到75.89万t,为1950年的23.5倍,其间1970年蚕茧产量超过日本,重新居世界首位,1980年蚕茧产量超过历史(1931年)最高水平。

蚕丝是我国传统的重要出口商品,1990年创汇25亿美元,产茧48.00万t,占世界产量的65%以上,生丝出口占国际市场90%以上,丝绸出口占45%左右,都居世界第一位;中国是世界蚕业生产极其重要的组成部分,是当今最主要的茧丝绸生产和供应国。

蜜蜂是另一类具有重要经济意义的资源昆虫,在我国已有3 000多年的养蜂历史。进入20世纪80年代中期以后,随着我国经济的快速发展和人民生活水平的逐步提高,人们的营养保健意识逐步增强,营养保健品市场上蜂产品的份额逐年增加,一枝独秀。正因为蜂产品是一种天然营养保健品,适应了大众消费的需求和追求自然、返朴归真的发展潮流。

目前世界蜂蜜年产量45万t左右,蜂王浆年产量1 500t,1999年我国蜂蜜产量16万t,蜂王浆产量1 200t,分别占世界年产量的1/3和80%,是世界第一蜂产品大国。1999年,我国出口蜜蜂5.33万t,出口蜂王浆564.4t,也是世界上蜂产品出口第一大国。



传粉昆虫被喻为“农业之翼”，Kriclmer(1911)统计，在欧洲植物区系中80%以上的被子植物是依靠昆虫传粉的，各种作物经昆虫传粉后可增产12%~60%，所创造的经济价值是惊人的。

在当今社会生活中，昆虫的许多种类已成为人类食物、药物和工农业生产原料的重要来源。世界上许多国家都在制定“昆虫计划”，如日本已将开发昆虫食品资源列为“昆虫计划”的重要内容之一，在一些不太发达的国家或地区，人们所需蛋白质的70%直接来源于昆虫、野生鱼类和蜗牛。通过营养分析，目前已确定3650多种昆虫可供食用，其中已有370多种能进行开发利用，昆虫能为人类提供高蛋白、低脂肪、低胆固醇、高含量维生素和矿物元素的高级营养品。维持人类健康的传统医药和现代医药也广泛涉及昆虫资源。中国是最早利用昆虫治疗疾病的国家，公元前1—2世纪的《神农本草》记载药用昆虫21种；400多年前的《本草纲目》将药用昆虫扩充到73种；1756年赵学敏的《本草纲目拾遗》又补充药用昆虫11种。2000多年来，先后出版与“本草”相关书籍50余部，其中都有昆虫的记述和验方记载，药用昆虫已成为传统中医药的重要组成部分。近年来相继发现斑蝥、螳螂、虫草、蚂蚁、蜜蜂、胡蜂、螳螂、蝇蛆及一些蝶类体内含有抗癌活性物质，发现昆虫变态激素有利于恢复肝功能和降低血压，蚂蚁可治疗类风湿性关节炎和乙肝等，蚁狮可治疗小儿惊厥和癫痫病；昆虫类动物药已成为现代医药中治疗疑难杂症的研究热点。昆虫资源作为工农业生产的重要原料在我国具有悠久的历史。蚕丝、虫茶、五倍子、紫胶、蜂蜜等构成我国创汇农业的主体，昆虫资源在工农业生产和对外贸易中具有举足轻重的地位。

昆虫天敌资源也是人类的一笔宝贵财富。据报道，我国水稻害虫天敌有1303种，小麦害虫天敌有218种，棉花害虫天敌有417种，蔬菜害虫天敌781种；DeBach(1974)报道：美国和加拿大的85000种昆虫中，仅有1425种是重要害虫；估计我国有昆虫150000多种，害虫也只有1000多种，害虫仅占昆虫总数的1%左右；这充分说明自然界中天敌资源之丰富。另外，我们也可以清楚地看到，在农作物害虫中，真正危害极大，常年造成经济损失，需要经常进行防治的害虫也不过1%左右，还有99%的害虫因种群数量较低而没有对农作物构成威胁，这就是我们常称谓的次要害虫，它们的种群数量长期受到众多天敌的控制。天敌资源是一类可持续利用的资源，据统计，我国生物防治面积已达3亿亩次(1亩折合667m<sup>2</sup>，下同)，利用天敌资源，已为农业增产、增收、控害、改善生态环境起到了重要作用。

#### 四、昆虫资源学的任务

昆虫资源学的任务总体来讲就是要科学地最大限度地利用昆虫这一巨大资源造福于人类。具体内容如下。

##### 1. 摸清家底

必须全面掌握具有现实价值的昆虫资源种类。一方面需要对传统的资源昆虫种类进行考证。由于历代不同领域的文献、著作中所记载的昆虫名称与现代昆虫学名称有一定出入，尤其古代文献中无昆虫学名，这对资源昆虫种类的考证带来一定难度，如《本草纲目》、《神农本草》、《本草纲目拾遗》等历代本草记载有药用昆虫百余种，目前还有许多



种类尚无法确认其现代通用昆虫学名。另一方面是需要挖掘和发现新的昆虫资源种类。大量具有现实价值的昆虫资源种类人类还尚未认识,估计人类目前已发现具有经济价值的昆虫资源种类还不足 0.5%,也就是说,还有 99% 以上的具有现实价值的昆虫种类没有被发现;这需要全球昆虫学工作者共同努力,将一个地区或一个国家的可利用昆虫资源种类调查清楚,建立一个昆虫资源种类资料数据库,以供世界同行分享。

## 2. 基础理论研究

昆虫资源学应十分重视基础理论的研究,最大限度地避免急功近利、盲目开发,造成资源的浪费。首先,应加强昆虫资源可利用种群生物学、生态学特性的研究,掌握其分布、寄主、发生世代、自然种群数量、种群消长与环境的关系等方面的知识。其次,应开展人工饲养技术的研究,昆虫资源产业化必须建立在昆虫种群人工大量饲养的基础之上。第三,应进行可利用昆虫种群的营养价值、药用价值及其他经济价值的分析与研究。

## 3. 昆虫资源产业化程序的研究

在确认一种可利用昆虫种群后,必须认真进行产业化过程中的技术组装和技术应用的研究。通常,产业化的基本程序包括:①产前应用研究,主要是准确地认定昆虫可利用部分及其价值、综合利用的途径和方法等。②产中技术研究,主要是要制定生产工艺流程、生产设备选型、特种设备设计制作、环境控制及“三废”处理等。③产后商品化,包括商品加工、包装、质量检测、营销策略、市场开拓及售后服务等。

## 4. 昆虫资源学专门人才培养

在全国建立昆虫资源学本科、硕士、博士不同层次专门人才培养的基地。目前世界上不少发达国家十分重视昆虫资源的研究利用,如日本政府专门制定了“昆虫促进计划”,在人力、物力上给予了极大投入。昆虫资源学的前景和诱人的创新潜力,将为昆虫学界和企业界带来前所未有的机遇,在产业结构激烈变动、产值高速增长的新形势下,人才培养必须占先,培养和造就一大批昆虫资源学高级专门人才,才能使我国的昆虫资源产业化不落人后。

## 5. 野生昆虫资源的保护

昆虫资源学另一重要任务是开展群众性的科普教育。通过成立地方野生昆虫资源保护协会,宣传野生昆虫资源与人类和环境的关系,宣传保护野生昆虫资源的重要性,同时积极建议政府颁布有关野生、濒危昆虫资源保护的条例或法规。合理地、科学地适度开发野生昆虫资源:把资源利用和资源保护结合起来,野生昆虫资源的利用及产业化必须走可持续发展的道路,必须建立在人工大量饲养的基础之上,否则,大自然将会给予严厉惩罚。

# 五、昆虫资源研究与利用的原则

昆虫资源是人类的宝贵财富,关于昆虫资源的研究、开发利用均应遵循一定的原则,合理地、科学地利用昆虫资源。昆虫资源研究与利用的途径和方法虽然可以有各种不同的做法,但应最大限度地保护自然资源,深入开展可利用昆虫种群的生物学、生态学及人工饲养技术研究,大规模的利用必须建立在人工饲养基础上,真正实现昆虫资源利用的产业化。



昆虫资源研究与利用的原则,可以包括以下几个方面。

#### 1. “物种保护”原则

昆虫资源研究的出发点就在于科学地、最大限度地利用自然资源造福人类。既然是科学地利用,它必须是建立在对自然界生态平衡保护的基础上,既能合理利用自然资源,又能充分保护物种,使资源得以持续利用。

生物多样性是昆虫资源学的理论基础。生物资源每年回报人类的无法估计。然而资源毕竟是有限的,资源的开发利用必须按计划、有节制。随着世界人口的急剧膨胀和人类经济活动的不断加剧,人类赖以生存的最主要的物质基础——生物多样性受到了严重的威胁,物种和生态系统正以人类历史上前所未有的速度消失,生物多样性的保护已成为全球之共识。以生物多样性为理论基础的昆虫资源学十分强调,昆虫资源的研究利用必须以能人工大量繁殖或通过技术措施使自然种群数量得以大幅度增加的昆虫类群作为研究利用对象,严禁肆意猎取、捕获昆虫野生种类尤其是濒危昆虫种类。

#### 2. “优先利用”原则

中国是文明古国,有着几千年的文明史,从5 000多年前开创的养蚕业开始,关于昆虫资源的研究利用已有大量的文字记载,家蚕、蜜蜂、五倍子、紫胶虫等是中国昆虫资源研究利用的成就象征和中国传统“创汇农业”的主体。通过营养分析,全世界已确定出3 650余种昆虫可供食用,《中国药用动物志》(1979,1982)已记述药用昆虫145种,这些研究成果为昆虫资源的研究利用奠定了坚实基础。因此,已有历史记述和被公认具有现实价值的昆虫种类应优先列为研究利用的对象。

#### 3. “综合利用”原则

任何一种具有开发利用价值的昆虫,要想很好地研究利用并使之产业化,必须遵循综合利用的原则。应该说家蚕、蜜蜂经过几千年的实践,在综合利用方面是卓有成效的,养蚕业、养蜂业脱离了昆虫学科而形成独立的学科和产业,几千年盛而不衰,与其多方面的产品及综合利用是分不开的。反观五倍子,尽管历史悠久,且是中国的特产,但长期以来都是把它作为工业原料,单一产品容易受市场阻遏。因此,五倍子产量和面积总是波动很大。华中农业大学昆虫资源研究所在家蝇的研究与利用上,一开始就遵循综合利用的原则,使养蝇业在很短时间内就步入了产业化轨道。当确认一种有开发利用价值的昆虫后,首先应解决人工大量繁殖,其次应考虑综合利用的问题,除目标昆虫的主导作用产品外,还可考虑从虫体中提取蛋白质、氨基酸、维生素、抗菌肽、凝集素、毒素、激素及抗癌物质等,也可考虑从其分泌物、排泄物中提取一些有价值的物质,还可考虑利用大群体的昆虫行为造福于人类。

#### 4. “多学科合作”原则

昆虫资源学是一新兴的昆虫分支学科,与古老的昆虫学相比,除了具备昆虫学的基本理论与技能外,还需营养学、生物化学、分子生物学、医药学、生物资源学、社会学等多学科知识的融入,多学科合作才能保证昆虫资源的研究与利用顺利发展,过去那种“跑单帮”的研究模式,绝对不适合于昆虫资源的研究。昆虫资源的研究和利用,在选准课题后,必须是多学科密切配合,持之以恒,才可能取得成效。



## 六、昆虫资源研究与利用的途径和方法

昆虫资源研究与利用的主要途径包括本地天然昆虫资源的保护和人工助长,输引和移植外地昆虫资源,直接或间接利用食用、药用、观赏用和工业原料用昆虫;人工大量繁殖工厂化生产的昆虫资源种群可从昆虫本体、行为和产物多方面加以利用。

### (一)保护与助长本地昆虫资源

通过人为的技术措施,保护与助长本地昆虫资源,从自然界中合理地、有节制地索取部分昆虫资源直接或间接利用。

#### 1. 直接保护

利用农业和林业技术措施,为昆虫可利用种群提供生存条件,通过政府行为严禁捕杀、滥杀野生昆虫资源,做到有计划合理地开发利用。例如,我国肚倍(中药:五倍子的佳品)之乡湖北省竹山县,政府规定不摘嫩倍,即7月上旬以前不采倍,让倍子自然开裂,夏迁蚜顺利出倍,就能保证翌年有较多的春迁蚜上树,仅此一项措施就可增加倍子产量两成以上。规范资源利用行为,对保护资源、合理利用资源是十分必要的。

#### 2. 增加可利用昆虫种群的食料

多数可利用昆虫种群的食性为植食性,但也有肉食性、粪食性等食性的昆虫,即便是它们不直接取食植物,许多种类在成虫期需要补充营养,一些蜜源植物的花粉、花蜜是最好的补充营养,能促使寿命延长、性器官成熟和繁殖力提高。在肚倍产区大力推广人工植藓,就是增加可利用昆虫种群食料的一项措施。细枝赤齿藓是肚倍蚜虫的冬寄主,增加苔藓的面积和数量,使肚倍蚜从倍子里飞出后能有足够的食料,倍蚜虫大量繁殖,以保证有足够种群数量的春迁蚜上树致瘦。芫菁类成虫大多以豆科花或嫩豆为食,在芫菁发生区,适当增加豆科作物种植面积,对芫菁种群数量增长也是十分有利的。

#### 3. 应用农业、林业技术措施助长有益昆虫种群

应用农业、林业技术措施改善可利用昆虫种群的栖息环境、食物状况和生存条件,使资源发挥更大效益。例如改善或优化林分结构,增加植被丰富度、加强寄主植物栽培和修剪,可提高倍子、紫胶、白蜡产量;农业上实行的间作套种栽培措施,既可增加资源昆虫的食物种类,又改善了农田小生境条件,更有利于资源昆虫的生存繁衍。

### (二)输引、移植外地昆虫资源

昆虫资源、生物资源乃至自然资源都是大自然赐给人类的财富。合理地、科学地利用资源,使资源能尽其用。在一种可利用昆虫分布区的边缘,往往存在一些不能长期、全面地满足其生存需求的因子,如极端温度、食料等,因而成为其分布的限制因子,随着条件的改变,或人为地满足某种条件,也可将这种可利用昆虫由分布区移植到分布区以外的地区。如紫胶虫原本是热带和亚热带分布的微小型蚋科昆虫,通过寄生在黄檀类树上,从虫体壁胶腺中分泌一种天然树脂即紫胶而成为重要的资源昆虫,紫胶虫对温度要求很高,以前只在我国云南有分布,现在通过移植,紫胶虫已自云南扩大到南方9个省区,产区大大扩大,产量也由1951年的10.26t增至1994年的4000t左右。昆虫资源的引进,主要是在天敌昆虫资源的引进方面做了不少工作,并取得了很大成绩。据统计,全



世界范围内 1969 年引进天敌成功事件达 225 起,在害虫生物防治方面起到了十分重要的作用。此外,意蜂、壁蜂、切叶蜂等的引进,也大大促进了昆虫资源的利用。在昆虫资源的移植与引进中应注意以下几个问题。

### 1. 被引进种的经济价值

昆虫资源引进是需要一定财力、物力作支撑的。因此,在引种前,必须明确被引进种的经济价值和社会价值,盲目引进,只会造成人力、物力的浪费。

美国出于其特殊的地理和社会环境,本土发生的农林害虫大多为非原产地昆虫,因此,他们非常重视重要害虫的天敌昆虫引进工作。近 100 年来,针对经济意义重大的农林害虫,引进天敌昆虫成功地防治 62 种害虫,其中消除危害的 13 种,基本消除危害的 26 种,减轻危害或部分减轻危害的 23 种。

澳大利亚是一个以农牧业为主的国家,曾从我国引进蚜小蜂、跳小蜂防治红圆蚧。20 世纪 70 年代,为解决草食动物粪便污染草原而致使牧草大面积死亡的问题,从我国引进神农蛾( *Catharsius molossus* ),这种蛾在我国长江中下游分布广、适应性强、食量大、贮粪量大,加之澳大利亚南部气候与我国长江中下游相似,因此澳洲昆虫学家 H. Wallace 博士将我国列入优先引种地区。

因此,昆虫的引进必须服从国民经济建设的需要,引进具有重大经济和社会价值的昆虫种群。

### 2. 引进前的准备工作

当确定了被引进的昆虫资源种类后,应准备以下资料:

(1) 引种和被引种地区的气候资料。一种昆虫被引种到新的地区能否成功定殖,关键之一取决于气候条件能否适应。一般说来,同纬度或纬度相近的地区相互引种容易获得成功。引种前,尽可能详尽地获得被引种地区的气候资料,对引种决策和引种成功具有重要参考作用。

(2) 引进种的食物状况。引种地区的食物状况是决定引进种能否在新的分布区成功定殖的又一关键问题。无论引进种的食性如何,都应弄清它们的主寄主、次寄主、转寄主或中间寄主,有些还要考查有无冬夏寄主之分、补充营养寄主等,满足了营养条件的基本需求,才能保证引进种成功定殖。

(3) 引进种的生物学、生态学特性。引种前应向被引种地区相关单位索要被引种的生物学、生态学特性资料,包括引进种的形态特征、世代历期、发育起点温度有效积温、趋性、年生活史及对温度、湿度、光照的反应等,尽可能对引进种有比较详细的了解和认识,这样可避免在引进中出现一些意想不到的问题。

### 3. 引种过程中的检疫实施

在引进有益昆虫种群时常常会出现伴种引进问题,即伴随有益昆虫的引进而带入与引进种相关联的一些有害种群。例如在引进天敌昆虫时,常常会引入重寄生性天敌或其他有害生物。重寄生天敌引入后,将会抑制所引进天敌昆虫的作用,而且还会危及本地有效天敌的数量增长。我国在广东大陆发展紫胶时,由于是新发区,移植紫胶虫 *Laccifer lacckerm* Ckem 时不慎将专吃紫胶虫的紫胶白虫 *Eublemma amabilis* Moore 也移植进来了,成为紫胶生产上的一大隐患,这些教训当应引以为戒。在引种后散放前,必须



实施严格的检疫处理。检疫处理包括封闭性饲养与观察。进行检疫培养的养虫室,要求有防止寄生物或有害生物向外扩散的条件,而且在发现有害生物时随时可以在室内进行处理。一般说来,引进种要在这种检疫培养室中至少饲养 2~3 个世代,定期观察有无寄生物或有害生物,直到有十分把握,才能带出检疫培养室进行扩大繁殖散放。

#### 4. 引种散放后的管理

有益昆虫引进散放后,应在散放点每年扩散式调查,即第 1 年以散放点为圆心,查 50m 半径区域内的引进种分布情况,第 2 年查 100m 或 200m 为半径区域内的引进种分布情况,逐年扩大区域,以确定引进种是否已在本地定殖。另外,注意观察引进种在新引进区其后代的生存力和生殖力状况,同时,还应监测引进种在寄主范围上有没有变迁,益害性有没有更替,以便及早采取应急措施。湖北省武汉市曾在 20 世纪 50 年代引进白蜡虫,以期充分利用当地女贞资源,生产当时在国内外均十分紧俏的“中国蜡”。但由于引种后无人进行跟踪管理,虫白蜡没能形成规模和产业,而白蜡虫倒是在城区内外行道树上肆意受害,造成行道观赏树大量死亡,引进的益虫转化成害虫,每年还得投入大量资金购买农药去防治白蜡虫。必须加强引进种散放后的管理,使引进种能真正发挥作用,造福于人类。

### (三)人工大量繁殖工厂化生产昆虫资源种群

昆虫资源真正步入产业化轨道,必须人工大量繁殖工厂化生产昆虫资源种群,而且这种生产必须是低成本、高附加值的。只有在短时间内能稳定地获得大量的昆虫群体,昆虫资源利用研究与产品开发才能得到保证。昆虫资源利用的途径和思路可从以下几方面考虑。

#### 1. 本体利用

昆虫的本体利用主要是指虫体或活体包括细胞和基因的直接或间接利用,包括作为高蛋白饲料用的昆虫资源、食用昆虫资源、药用昆虫资源、教学科学研究材料用昆虫资源、观赏用昆虫资源等。

(1)食用昆虫。昆虫种类多,约占整个动物界的 3/4 以上,由于昆虫蛋白质含量高,一般均在 50%左右,还含有大量微量元素,维生素 A、维生素 B、维生素 D 以及生理活性物质,而且低脂肪、低胆固醇、低纤维,对人体具有极高的营养价值。现已发现可供人类食用的昆虫种类达 3 600 多种,开发成功的美食品种超过 2 万余个;前联邦德国是生产昆虫食品最早的国家,现已投入工厂化生产,年产昆虫罐头成品达 8 000t;南非 1982 年生产阔叶树蛹的产量达到 1 600t;美国得克萨斯州人口仅 1 200 万左右,但 1989 年昆虫食品的消费额达 5 000 万美元以上;日本 1992 年昆虫产品的技术市场已达 2 600 亿日元,仅稻蝗罐头每年的销量超过 1 000t,且原料大都来自中国。

1996 年 10 月在华中农业大学举办了首届全国昆虫资源产业化发展学术讨论会,会议推出以昆虫为主体的菜肴品种 10 余个,其做工精美、味道鲜嫩,让全国 100 多位昆虫学者大饱口福,掀起了中国昆虫资源产业化的新篇章。专家们预言:昆虫作为未来食品的一大来源一定会得到世人的公认,21 世纪将是昆虫美食世纪。

(2)饲用昆虫。昆虫作为高蛋白动物饲料具有悠久历史,民间多以黄粉虫、蝇蛆饲养鸟类、鸡类、鸭类、鹌鹑等,不仅增重快、产蛋率高,而且还能增强抗病能力,提高成活率。





饲用昆虫还可用来饲养鳖、黄鳝、对虾、鲟、鳙、牛蛙、蛤蚧、蝎子等。实际上,所有昆虫都具备作为饲用昆虫的营养条件,但大多饲养成本高,目前真正应用广泛的饲用昆虫种类还是以蝇蛆、黄粉虫为主。饲用昆虫资源具有巨大潜力,有待进一步研究,可从广度深度方面加以拓展。

(3)药用昆虫。昆虫在医药上的应用与研究,在我国具有悠久的历史,历代本草记载的昆虫药物达 100 种左右。《中国药用动物志》(1979,1982)记述药用昆虫达 145 种,现经多方查证补充扩展,我国药用昆虫已达 283 种,分属 14 目、70 科、142 属。从入药的虫态看,昆虫的卵、幼虫、蛹、成虫都有入药的种类;从药用价值看,不同昆虫种的化学成分、药理作用不同,对人体机能和治疗疾病的功能都不尽相同。因此,不同昆虫种类的药用部分其性味、采收时间、炮制方法都有很大差别。随着科技不断进步,现已有多种药用昆虫的化学成分、药理、药效、应用范围得到化验、分析,并由原中药材中精炼、提取出有效成分,使药用昆虫的应用范围和治疗效果都得到了很大提高。

(4)观赏昆虫。观赏昆虫主要是指那些色彩鲜艳、美丽漂亮、形态奇特、鸣声悦耳的昆虫,能供人们鉴赏、品味,美化人们的生活。如飞行的花朵——蝴蝶,昆虫歌唱家——黄蛉、斗蟋、油葫芦、蝈蝈等,模拟高手——竹节虫、枯叶蝶等,昆虫王国大力士——屎壳郎等等。这些千姿百态的昆虫在为人类生活增添乐趣的同时,又为人类创造了极大的财富。据报道,太平洋岛国巴布亚新几内亚,由于开辟“蝴蝶牧场”使农民年平均收入从 50 美元增加到 1 200 美元,中国台湾 20 世纪 60 年代蝶类外销年收入约 3 千万美元,1970—1980 年间,台湾约有 3 万人从事蝶类及其他昆虫标本采收及加工业。

(5)教学、科研材料。Kopec 在 1917 年发现了盐泽灯蛾脑对变态起激素调节作用,Morgan 对果蝇的研究成果卓著而成为当今遗传学和发育学的重要基石,Kettlewell 对胡椒尺蛾的研究成为自然选择理论的典范。

昆虫在提供生命基础知识方面起着重要作用,有关遗传学、染色体行为、动物生态学、进化生物学、物种形成等诸方面的知识,首先都是从昆虫中获取的,昆虫是最好的教学、科学研究试验材料,具有易于饲养、生命周期短、后代繁殖量大的特点,同时,不像高等动物,特别是灵长动物那样受到社会和道德的约束。

(6)细胞利用。利用一些昆虫的细胞,通过人工传代培养后作为生物反应器,增殖昆虫病毒,生产生物农药或生产疫苗、药品等。另外在外源基因表达上,昆虫细胞在一定程度上优于大肠杆菌,因此在分子生物学中受到重视。

(7)基因利用。就目前已定名的种类看,昆虫种类占全部动物种类的 75%左右,占全部生物种类的 53%左右。从这一点讲,昆虫本身就是巨大的基因库,无论其益害,都将是人类的一笔巨大财富。另一方面,以生产药物、生物制品为主的昆虫细胞工程和直接以控制害虫、疾病及利用益虫为主的转基因昆虫研究,在非果蝇属昆虫转基因研究取得突破性进展后,这些领域的研究也有了很大希望。

## 2. 行为利用

昆虫取食、飞翔、爬行等行为活动,有些对人类直接有益,有些间接有益,均可被人类利用。

(1)传粉昆虫。植物有性生殖的授粉有自花授粉和异花授粉两种,异花授粉的传粉