

研究生创新教育系列丛书

资源昆虫学概论

陈晓鸣 冯颖 著



科学出版社
www.sciencep.com

研究生创新教育系列丛书

资源昆虫学概论

An Introduction to Resource Entomology

陈晓鸣 冯颖 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书以大量的第一手研究资料为主,结合国内外研究的最新进展,从昆虫的资源价值、生态价值和科学价值系统地论述了资源昆虫的定义,研究范围、对象、任务和目的,建立了资源昆虫学的理论框架。

本书分为16章,包括绪论、紫胶虫、白蜡虫、五倍子蚜虫、胭脂虫、产丝昆虫、产蜜昆虫、昆虫作为药物资源、昆虫作为蛋白质资源、天敌昆虫、授粉昆虫、观赏昆虫、昆虫与环境、昆虫细胞的科学价值及应用、昆虫生物反应器和昆虫的特殊能力与仿生学等内容。每一章节都有具体昆虫种类的生物学、生态学、利用价值、研究现状、发展趋势等丰富的国内外研究资料支撑,图文并茂,并附有大量的国内外参考文献。本书是国内外较系统、资料较丰富,反映最新研究进展的资源昆虫学专著。

本书可供从事资源昆虫学研究的科技人员参考,也可以作为农林院校资源昆虫学教学的教材和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

资源昆虫学概论/陈晓鸣,冯颖著. —北京:科学出版社,2009

(研究生创新教育系列丛书)

ISBN 978-7-03-023283-0

I. 资… II. ①陈…②冯… III. 经济昆虫-概论 IV. Q969.9

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第168851号

责任编辑:张会格 李 锋 席 慧 陈 利/责任校对:包志虹

责任印制:钱玉芬/封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009年4月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2009年4月第一次印刷 印张:18 1/2

印数:1—2 000 字数:416 000

定价:56.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈双青〉)

前 言

资源昆虫学是一门古老而崭新的学科，中国对资源昆虫的研究和利用可追溯到几千年前。例如，早期的蚕、蜂、紫胶虫、白蜡虫、五倍子蚜虫、食用昆虫、药用昆虫、天敌昆虫等的利用，但全面系统的研究始于 20 世纪 50 年代，直到 90 年代才初步形成一门新兴的学科。资源昆虫学的研究逐步完善，从传统资源昆虫研究逐步扩展到授粉昆虫、观赏昆虫、环境昆虫、昆虫仿生学、昆虫细胞利用等较完整的资源昆虫学体系，形成一门完整的学科。

国家对资源昆虫学的研究十分重视，中国林业科学研究院设有资源昆虫研究所，浙江大学、中山大学、西南农业大学、福建农业大学、中国科学院、中国农业科学研究院、西北农林科技大学、华中农业大学等单位设有相应的研究机构，从事蚕桑、养蜂、蝴蝶、天敌昆虫等研究和利用。中国林业科学研究院资源昆虫研究所从 20 世纪 50 年代开始系统地研究紫胶虫、白蜡虫、五倍子蚜虫、胭脂虫、食用昆虫、药用昆虫、观赏昆虫、天敌昆虫、授粉昆虫、昆虫细胞工程等，积累了丰富的研究资料。笔者在此基础上，结合国内外研究的最新成果，写成这部专著。笔者从 2002 年开始撰写，在繁忙的科研工作之余，较系统地总结了已有的成果，广泛地收集国内外资源昆虫学研究的资料，初稿于 2005 年 3 月完成于加拿大阿尔贝塔大学（University of Alberta），回国后又进行了补充和修改，最终完稿。

在资源昆虫学概论写作的过程中，主要的资料来自于笔者所进行的研究，笔者带领的研究团队进行紫胶虫、白蜡虫、五倍子蚜虫、胭脂虫、食用昆虫、药用昆虫、观赏昆虫、天敌昆虫、昆虫细胞工程等研究。学生陈又清博士（紫胶虫）、张忠和博士（胭脂虫）、杨子祥博士（五倍子蚜虫）、陈航博士（紫胶虫）、易传辉博士（蝴蝶）、周成理博士（蝴蝶）、石雷博士（森林昆虫）、王自力博士（白蜡虫）、赵杰军博士（白蜡虫天敌）、郑华博士后（胭脂虫利用）、马李一博士后（紫胶利用）、赵敏博士（药用昆虫）、郭宝华硕士（昆虫新材料）、宋德伟硕士（昆虫细胞工程）、张欣硕士（昆虫细胞工程）、丁伟峰硕士（昆虫细胞工程）、马艳硕士（昆虫细胞工程）、孙龙硕士（药用昆虫）、何钊硕士（药用昆虫）、王健敏博士（环境昆虫）、梁军生硕士（环境昆虫）等，还有本所的史军义研究员、陈勇副研究员、叶寿德高级实验师、王绍云高级实验师等和实验人员与我们一起度过了艰苦而愉快的研究岁月，经历了成功与失败。本书是笔者与学生和同事们长期研究成果的总结。

在研究和写作的过程中，笔者得到了国内外众多学者的支持和帮助。感谢日本昆虫学会原会长、著名昆虫学家梅谷献二博士，日本昆虫学会原会长、著名昆虫细胞工程学家三桥淳教授和日本东京农业大学河合省三教授，在笔者于日本东京农业大学研修时，给予了巨大的支持和帮助。感谢加拿大皇家科学院院士、阿尔贝塔大学王家璜（Larry Wang）教授、阿尔贝塔大学农林家政学院副院长叶祖豪（Francis Yeh）教授和 Janusz

J. Zwiazek 教授为笔者在阿尔贝塔大学作高级研究学者时提供了优越的研究和实验条件，使得本书能顺利完成。

石雷博士、张忠和博士、杨子祥博士、陈航博士、易传辉博士、周成理博士提供部分图片，云南省摄影家协会张建林先生帮助拍摄和提供部分照片，中国林业科学研究院资源昆虫研究所王绍云高级实验师帮助绘制部分插图，在此一并感谢！

昆虫是地球上最大的未被充分开发利用的生物资源，是一座迷人的资源宝库，昆虫的许多资源价值、生态价值和科学价值尚未被发现，需要更多的科学家给予关注。资源昆虫学是一门博大精深的学科，笔者试图科学、系统地构建该学科的理论框架，但限于能力和水平，难以完整地反映资源昆虫学的精髓和内涵，希望资源昆虫学的同行给予批评指正。

作 者

2008年3月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 昆虫的资源价值、生态价值和科学意义	1
1.2 资源昆虫的概念	2
1.3 资源昆虫学的研究对象和任务	3
1.4 资源昆虫学研究的基本原则	4
1.4.1 具有经济价值、生态价值和科学意义	4
1.4.2 可以进行资源培育和利用	4
1.4.3 生物安全性	4
1.4.4 具有经济和生态双重效益,符合可持续发展	4
1.4.5 重视资源的保护和利用	5
1.5 资源昆虫学主要研究内容	5
1.5.1 昆虫作为工业原料资源	5
1.5.2 昆虫作为药物资源	6
1.5.3 昆虫蛋白资源	7
1.5.4 天敌昆虫	7
1.5.5 昆虫授粉	8
1.5.6 观赏昆虫培育及产业化	8
1.5.7 有益于环保的昆虫	9
1.5.8 昆虫细胞工程、基因工程的研究	9
1.5.9 奇妙的仿生学及遗传学材料	10
主要参考文献	11
第 2 章 紫胶虫	12
2.1 紫胶的经济价值	12
2.2 紫胶的主要性质	13
2.2.1 紫胶树脂的组成	13
2.2.2 紫胶的物理性质	14
2.2.3 紫胶的化学性质	14
2.3 紫胶虫的种类及其分布	15
2.3.1 紫胶虫的分类	15
2.3.2 紫胶虫的几个重要分类特征	16
2.3.3 紫胶蚧属常见种类和亚种检索表	17
2.3.4 紫胶虫的分布	18

2.4	紫胶虫的主要生物学特征	19
2.4.1	紫胶虫的生活周期	19
2.4.2	紫胶虫的主要生物学、生态学特征	20
2.4.3	紫胶生产的几种主要紫胶虫	21
2.5	主要紫胶的质量分析	26
2.6	紫胶虫的培育	26
2.7	紫胶的主要产品	27
	主要参考文献	27
第3章	白蜡虫	29
3.1	白蜡的经济价值	29
3.2	白蜡的理化性质	30
3.3	白蜡虫的基本生物学特征	30
3.3.1	分类及分布	30
3.3.2	主要生物学特征	30
3.3.3	白蜡虫泌蜡机制与生态适应性	33
3.3.4	白蜡虫自然种群适生区域	36
3.3.5	环境对白蜡虫泌蜡的影响	37
3.4	白蜡虫的培育	38
3.4.1	白蜡生产技术	38
3.4.2	白蜡加工	39
	主要参考文献	40
第4章	五倍子蚜虫	41
4.1	五倍子蚜虫的分类和分布	41
4.1.1	分类	41
4.1.2	分布	43
4.2	五倍子种类	43
4.2.1	角倍类	43
4.2.2	肚倍类	44
4.2.3	倍花类	45
4.3	五倍子的经济价值	46
4.4	五倍子的主要成分及理化性质	47
4.4.1	五倍子的主要成分	47
4.4.2	五倍子的理化性质	48
4.5	五倍子蚜虫的主要生物学特征	49
4.5.1	倍蚜虫的生物学特性	49
4.5.2	几种五倍子蚜虫的主要生物学特征	50
4.5.3	五倍子的主要寄主植物	51
4.6	五倍子的培育	53

4.6.1 基地选择	53
4.6.2 寄主植物栽培	53
4.6.3 人工养蚜	54
4.6.4 五倍子加工	54
主要参考文献	54
第 5 章 胭脂虫	55
5.1 胭脂虫与胭脂红	55
5.1.1 胭脂虫概述	55
5.1.2 胭脂虫红色素的理化特征	55
5.2 胭脂虫的分类地位及形态特征	56
5.2.1 分类地位	56
5.2.2 主要形态特征及分布	57
5.3 胭脂虫的主要生物学、生态学特征	60
5.3.1 主要生物学特征	60
5.3.2 主要生态学特征	62
5.4 胭脂虫培育	62
5.4.1 繁育基地选择	62
5.4.2 寄主植物栽培	63
5.4.3 土壤条件	64
5.4.4 仙人掌种植	64
5.4.5 抚育管理	65
5.4.6 胭脂虫养殖	66
5.5 胭脂虫红色素加工	67
主要参考文献	67
第 6 章 产丝昆虫	69
6.1 主要产丝昆虫	69
6.1.1 家蚕	69
6.1.2 柞蚕	70
6.1.3 天蚕	71
6.1.4 蓖麻蚕	71
6.1.5 橐蚕	71
6.1.6 樟蚕	72
6.1.7 乌柏蚕	72
6.1.8 栗蚕	73
6.1.9 琥珀蚕	73
6.2 蚕的综合利用	74
6.2.1 全蚕粉降血糖、降血脂等药用价值	74
6.2.2 蚕蛹的营养保健价值	75

6.2.3 蚕砂利用	76
主要参考文献	77
第7章 产蜜昆虫	78
7.1 蜜蜂的主要种类及分布	78
7.1.1 主要种类	78
7.1.2 分布	79
7.2 蜜蜂的主要生物学特征	80
7.2.1 蜂群的结构及分工	80
7.2.2 生活周期	80
7.2.3 环境因子	81
7.3 主要蜂产品	81
7.3.1 蜂蜜	81
7.3.2 蜂王浆	84
7.3.3 蜂蜡	86
7.3.4 蜂胶	86
7.3.5 蜂花粉	89
7.3.6 蜂毒	91
7.3.7 蜜蜂幼虫和蛹的营养价值	93
主要参考文献	94
第8章 昆虫作为药物资源	97
8.1 昆虫作为药物资源的价值和意义	97
8.2 昆虫的主要药用活性成分	98
8.2.1 氨基酸、多肽、蛋白质类	98
8.2.2 多糖类	102
8.2.3 醌类	103
8.2.4 甾类化合物	103
8.2.5 萜类化合物	103
8.2.6 生物碱类(或称非肽含氮化合物)	104
8.2.7 脂质及其他有机化合物	106
8.3 几种重要的常见药用昆虫	108
8.3.1 虫草	108
8.3.2 双齿多刺蚁	112
8.3.3 僵蚕	115
8.3.4 斑蝥	116
8.3.5 美洲大蠊	119
主要参考文献	119
第9章 昆虫作为蛋白质资源	123
9.1 昆虫作为蛋白质资源的价值和意义	123

9.2 昆虫的营养价值	124
9.2.1 蛋白质及氨基酸	124
9.2.2 脂类物质	125
9.2.3 碳水化合物	127
9.2.4 无机盐与微量元素	127
9.2.5 维生素	129
9.2.6 甲壳素	129
9.3 常见的食用昆虫	130
9.3.1 蜂幼虫和蛹	130
9.3.2 竹虫	132
9.3.3 蝗虫	133
9.3.4 螻象	135
9.3.5 白蚁	139
9.3.6 蝉类	146
9.3.7 甲虫类	147
9.3.8 蚂蚁	153
9.3.9 黄粉虫	161
主要参考文献	166
第 10 章 天敌昆虫	168
10.1 天敌昆虫的主要类型	168
10.1.1 捕食性昆虫	168
10.1.2 寄生性昆虫	169
10.2 天敌昆虫的生态和经济价值	170
10.3 农林业上应用的主要的天敌昆虫	172
10.3.1 草蛉	172
10.3.2 猎蝽	176
10.3.3 瓢虫	183
10.3.4 螳螂	189
10.3.5 寄生蜂	190
10.3.6 双翅目昆虫	194
主要参考文献	196
第 11 章 授粉昆虫	200
11.1 授粉昆虫的种类及特性	200
11.2 昆虫授粉的生态和经济价值	203
11.3 主要的授粉昆虫	205
11.3.1 蜜蜂	205
11.3.2 苍蝇	213
11.3.3 蝴蝶和蛾类	214

11.3.4 甲虫	215
主要参考文献	215
第 12 章 观赏昆虫	217
12.1 观赏昆虫及其美学价值	217
12.2 观赏昆虫的经济和生态价值	217
12.3 蝴蝶	219
12.3.1 具有重要观赏价值的蝴蝶科属	219
12.3.2 养殖的主要蝴蝶种类	224
12.4 蜻蜓和甲虫	247
12.4.1 蜻蜓	247
12.4.2 甲虫	247
主要参考文献	248
第 13 章 昆虫与环境	250
13.1 昆虫在环境中的作用	250
13.2 昆虫的腐食性与环境保护	251
13.3 水生昆虫作为环境评价的指示生物	254
13.4 昆虫与自然现象的预测预报	258
主要参考文献	259
第 14 章 昆虫细胞的科学价值及应用	261
14.1 昆虫细胞特性	261
14.1.1 昆虫细胞培养特性	261
14.1.2 昆虫-杆状病毒表达系统的优势	262
14.2 昆虫细胞在基础研究方面的价值	262
14.2.1 媒介昆虫细胞的应用	262
14.2.2 昆虫病理学研究	263
14.2.3 药物和生物杀虫剂的毒力检测	263
14.2.4 昆虫生理学和生物化学研究	263
14.2.5 昆虫表达系统	263
14.3 昆虫细胞在应用研究方面的作用	264
14.3.1 生物杀虫剂的研究	264
14.3.2 昆虫-杆状病毒表达系统的利用	265
14.4 昆虫细胞培养	265
14.4.1 昆虫细胞培养的条件	265
14.4.2 昆虫细胞培养的基本方法	266
主要参考文献	267
第 15 章 昆虫生物反应器	270
15.1 生物反应器的基本概念和特点	270
15.2 昆虫生物反应器	271

15.2.1 虫体病毒生物反应器	271
15.2.2 转基因昆虫生物反应器	271
15.2.3 昆虫生物反应器的开发前景	272
主要参考文献	273
第 16 章 昆虫的特殊能力与仿生学	275
16.1 昆虫的嗅觉感知能力	275
16.2 昆虫的视觉感知能力	276
16.3 昆虫的飞翔能力	277
16.4 昆虫的其他特殊能力	278
16.4.1 跳跃能力	278
16.4.2 举重能力	278
16.4.3 听觉能力	278
16.4.4 行走能力	279
16.4.5 导航能力	279
16.4.6 昆虫的色彩	279
16.4.7 昆虫与建筑	279
16.4.8 昆虫的化学合成能力	280
16.4.9 昆虫的超级感知能力	280
主要参考文献	280

第 1 章 绪 论

1.1 昆虫的资源价值、生态价值和科学意义

昆虫是地球上最大的生物类群，迄今为止，人类发现和定名的生物种类大概有 180 万~240 万种，其中植物、除昆虫外的动物、微生物等大约有 80 万种，昆虫种类有 100 万~160 万种，占已知地球上生物种类的 2/3 以上。据专家估计 (Erwin, 1982; 1997)，地球上的昆虫种类有 3000 万~5000 万种。昆虫不仅种类多，而且种群数量大，生长繁殖迅速，生态适应性广，几乎在地球的每一个角落都能发现昆虫。

在传统的观念中，昆虫令人讨厌，给人类带来疫病，与人类争夺赖以生存的粮食，毁坏森林，破坏生态环境，在地球上扮演极不光彩的角色。人类一直在与昆虫作斗争，从消灭害虫、控制害虫、管理害虫到可持续控制，人类控制昆虫的理念虽然在不断地进步，但将昆虫视为有害生物的理念基本没有发生改变。人类绞尽脑汁地与昆虫较量。为了控制虫害，人类滥用化学农药，给环境带来了巨大的污染，严重地影响了人类的生存；抗病虫的转基因作物的安全性也备受关注和质疑。为了与昆虫作斗争，人类仍然在研制一代又一代的农药，防治的方法、观念层出不穷，花样翻新。但昆虫对人类的危害似乎是越来越严重，丝毫没有减弱的迹象。近乎残酷的事实在警醒人类，人类与昆虫的关系需要重新认识，对昆虫的观念和策略要进行反思和调整。

昆虫作为一类特殊的生物群体，具有种类多、种群数量大、繁衍十分迅速等特点，同时又具有十分复杂的生命表现形式，区别于植物和其他动物，形成了自己独特的分支。昆虫的许多种类具有社会性特征，称之为社会性昆虫，如蜜蜂、蚂蚁等。昆虫存在两性生殖，也存在孤雌生殖等特殊的无性生殖现象，通过对昆虫生殖方式的研究，可以揭示生物生殖繁育的规律。昆虫的拟态、保护色等可为生物进化和演替等研究提供有益的材料。昆虫的捕食和寄生等行为、昆虫细胞结构与功能的特殊性、昆虫细胞内的活性物质等都具有很高的科学意义和经济价值，在产业化方面具有广阔的应用前景。

昆虫是经过长期进化而演变来的一类特殊的生物资源，在进化的过程中，昆虫演化出许多奇妙的行为、结构和功能。昆虫的许多行为令人惊讶，如昆虫的飞翔和导航，昆虫的视觉、嗅觉，昆虫的力量、速度、弹跳等特征都与昆虫独特的结构和功能有着密切的关系，许多昆虫的自然属性超过了人类，具有很高的科学价值，值得人类学习和借鉴。研究和认识昆虫的结构和功能，利用昆虫的某些独特的结构和功能，创造出用于特殊目的的机器人和先进的设备，服务于人类是仿生学研究的一个重要方面。人类对昆虫的了解，还处于一个十分初级的阶段。昆虫的科学价值等待人类去发现、去认识、去创造，五彩缤纷的昆虫世界是一座神秘的知识和资源宝库。资源昆虫学的首要任务就是认识、学习和研究昆虫未知的资源价值、生态价值和科学意义，了解昆虫的基础生物学规律，为合理开发利用昆虫资源奠定基础。

其实,昆虫和人类生活、人类居住的生态环境密切相关。从人类的衣、食、住、行到高新技术领域,从人类的物质文明到精神文明,无处不彰显昆虫的踪影。蚕丝、蜂蜜、紫胶、白蜡、五倍子、药用昆虫、食用和饲料昆虫、天敌昆虫、环保昆虫、观赏昆虫等这些昆虫产物或昆虫本身作为资源已广泛地在多种行业上得到利用。这方面的例子不胜枚举:蚕给人类提供绢丝;蜜蜂给人类带来蜂蜜,提供营养。昆虫授粉,使异花授粉的植物得以在地球上生存,在生态系统中扮演十分重要的角色,在农业上,促进基因交流,使农作物和果树增产,为人类提供赖以生存的粮食。昆虫作为捕食者和寄生者,可以有效地控制农林业的主要虫害,维持生态平衡。昆虫的腐食习性,使之成为一类特殊的分解者,如粪金龟可以与微生物一道分解腐败食物和粪便,促进物质循环和流动,维护自然生态平衡。昆虫的产物,如紫胶、白蜡、五倍子、昆虫色素广泛地应用于工业领域。昆虫作为药物在中国传统的医药中有着悠久的历史,世界上许多古老的土著民族都有用昆虫作为药物的记载,许多至今仍然在有效地利用,而且已经显示出巨大的开发潜力。昆虫作为食品具有许多其他生物所不能替代的优点,昆虫的营养价值已经引起科学家的高度重视,联合国粮食与农业组织对昆虫的营养也给予较高的评价。昆虫细胞的科学价值和应用前景十分诱人,昆虫细胞杆状病毒表达系统已经成为基因表达的4大表达系统之一,昆虫细胞内活性物质(抗菌蛋白/肽等)已引起广泛关注,成为昆虫药物研究的热点,前景十分广阔。在航空航天、机器人的设计和制造等方面,利用昆虫的行为和机能的例子屡见不鲜。但昆虫的资源价值与它的利用状况相比较,利用的程度和水平还有相当大的差距,昆虫的巨大的资源潜力还没有被开发出来。

人类在发展进程中面临着人口、资源、环境等问题的严峻挑战,世界人口不断增长,带来了巨大的资源承载力和环境压力,粮食短缺、资源匮乏、环境污染将威胁到人类和地球的生存。开辟新的生物资源(如海洋生物、昆虫等),将是未来农业发展的一个重要组成部分。可以预见,昆虫作为地球上还未被充分利用的最大的生物资源将是一个充满活力、前景诱人的巨大的资源宝库。

资源昆虫学的研究目的就是充分认识昆虫的资源价值、生态价值和科学意义,从昆虫是一类宝贵资源的理念出发,研究、探索、了解昆虫的自然规律、资源价值、生态价值和科学意义,通过技术手段去达到资源合理利用的目的。随着人类对自然认识的深化,人类的观念越来越接近自然规律,人与自然和谐相处、可持续发展等重要理念被人类普遍接受,为资源昆虫学的确立和发展奠定了科学基础。科学技术的进步,特别是高新技术在农业上的应用,给昆虫资源利用带来前所未有的促进和发展,资源昆虫学和资源昆虫的开发利用及产业化已成为昆虫学研究的一个热点和关键领域,可以预见,昆虫作为资源的观念将越来越会被人类普遍认同。

1.2 资源昆虫的概念

资源昆虫是指昆虫虫体(食用、药用、观赏等)、昆虫产物(分泌物、排泄物等)、昆虫行为(授粉、寄生和捕食等)、昆虫细胞及其细胞内活性物质、昆虫的结构和功能(仿生学)等可作为资源直接或间接为人类所利用,具有重大经济价值、生态价值和科

学价值的一类昆虫。狭义的资源昆虫概念主要指昆虫作为资源直接被利用的一类昆虫；广义的资源昆虫概念还包括昆虫的行为、结构、功能与仿生学的研究。

资源昆虫从广义上讲包括工业原料昆虫 [产丝昆虫 (蚕)、紫胶虫、白蜡虫、五倍子蚜虫、胭脂虫等]、产蜜昆虫 (蜜蜂类)、药用昆虫、食用昆虫和饲料用昆虫、授粉昆虫、观赏昆虫 (蝴蝶等)、天敌昆虫、有益于环境的昆虫 (粪金龟等)、昆虫细胞工程和昆虫仿生学 (昆虫的结构与机能) 等。

资源昆虫的经济价值是指昆虫具有某种重大的直接或间接的经济价值, 这类昆虫具有资源性和可培育 (野外培育或工厂化生产) 特征, 一般种群数量和生物量巨大, 能作为资源开发利用, 而且可以通过人类技术干预, 培育为新的生物资源。

生态价值是指昆虫在生态系统中扮演的重要角色或对生态系统和环境有益的行为或功能。在这方面的研究有: 利用粪金龟清除草原畜牧粪便; 利用昆虫作为环境指示生物; 利用天敌昆虫控制虫害、减少环境污染等; 传粉昆虫促进植物之间基因交流、维护生态平衡等。但昆虫在森林生态系统中的作用和维护森林生态系统稳定等方面的研究尚属空白。

科学价值是指昆虫的遗传、行为、结构和功能中蕴含的科学原理, 通过学习和借鉴, 将昆虫具有某种重要的科学价值应用于科学技术领域, 促进社会进步。如借鉴昆虫的结构和功能, 进行仿生学研究, 利用果蝇作为遗传学研究的模式材料等。

资源昆虫学是一门将昆虫作为资源研究、开发利用的学科, 强调基础科学和应用技术研究相结合, 特别重视应用技术和开发利用, 昆虫产业化是资源昆虫研究的特色。资源昆虫学是一门新兴的学科, 资源昆虫学的研究涉及生物学、生态学、生理学、遗传学、生物化学、分子生物学、细胞生物学、物理学、生物技术、医学、药学、造林学、林产化工等从基础研究、应用基础研究、应用研究到产品研制和开发等众多学科。

1.3 资源昆虫学的研究对象和任务

资源昆虫学的一个重要理念是万物皆资源, 地球上的每一种物种都具有其独特的价值, 只是人类对其资源价值没有充分认识。昆虫作为地球上一个重要的资源类群, 具有许多独特的资源价值、生态价值和科学价值, 是地球上尚未充分开发利用的、珍贵的、巨大的生物资源, 人类应该重新审视和重视昆虫的价值, 学习、借鉴、利用和开发昆虫的资源价值、生态价值和科学价值。

资源昆虫学的研究对象是具有重大经济价值、生态价值和科学价值, 可作为资源利用 (直接和间接利用) 的一类昆虫。资源昆虫学是将昆虫作为资源来研究的一门学科, 绝大多数昆虫学者研究昆虫都是从有害生物的概念出发, 研究的目的在于千方百计控制昆虫种群数量, 在人与昆虫争夺生存资源的斗争中, 采用各种手段打败昆虫。这种与昆虫为敌的理念至今在人的思维中仍占统治地位。事实上, 在地球上所发现和记载的 100 多万种昆虫中, 在农林业、医学卫生上真正有害的只有几十种, 与发现的昆虫物种相比较, “害虫” 所占比例非常小, 绝大多数昆虫对人类有益无害。昆虫能给人类提供丰富的物质资源, 昆虫在维护生态平衡上具有重要的作用, 昆虫为适应环境生存积累了许多

奇妙的科学结构和功能，可供人类学习和借鉴。所以资源昆虫学的研究目的十分明确，以资源的观念出发去研究昆虫，开发利用其潜在的经济、生态和科学价值。

资源昆虫学的主要任务是：充分认识昆虫是重要的生物资源；学习、认识昆虫特殊的经济价值、生态价值和科学价值；研究和掌握昆虫的行为、生态、生理等基本规律；多学科交叉融合，采用不断涌现的高新技术，合理地研究、开发和利用昆虫资源的潜在经济价值；认识昆虫的生态价值，发现和利用昆虫的科学价值，服务于人类。

1.4 资源昆虫学研究的基本原则

资源昆虫学主要研究昆虫的资源价值、生态价值和科学价值，在研究资源昆虫的过程中，需要注意和遵循一些基本原则。

1.4.1 具有经济价值、生态价值和科学意义

资源昆虫学主要研究具有某种重要经济价值、生态价值和科学意义的昆虫类群。这些昆虫类群的开发利用，可以为人类生存提供丰富的物质基础，或可以保护生态环境，维护生态平衡，或满足人类的精神享受需求，或为科学技术的发展有所贡献和促进。

1.4.2 可以进行资源培育和利用

产业化是资源昆虫的一个显著特征，在众多的资源昆虫中，除用于科学价值以外的昆虫研究外，大多数的资源昆虫需要通过培育而形成可利用的资源。培育的手段可以是常规方法，也可以是高新技术，可以是野外规模饲养，也可以是工厂化生产。如果某种昆虫具有某种重要的经济价值，但不能规模培育，就不能形成资源，最终无法体现其价值。

1.4.3 生物安全性

绝大多数昆虫在生态系统中是消费者，需要有植物或其他生物资源支持其生存。众所周知，昆虫历来是农林业面临的一个巨大的挑战，农业上的蝗虫、林业上的松毛虫等害虫使人类在粮食和森林上遭受巨大的损失。资源昆虫的培育一般都需要规模化（或野外或工厂化培育），才能形成经济效益。因此，在资源昆虫培育的过程中，对农林业的安全，对人类健康的安全（昆虫可以传染疾病，如药用昆虫蟑螂具有很高的经济价值，但同时又是危险的卫生害虫），以及在利用生物技术开发昆虫细胞过程中的生物安全性等，都必须充分地考虑到，其中安全性评价和安全措施尤其重要。任何一种资源昆虫对其寄主来说，通常是有害的，对资源昆虫的判断主要是这种昆虫的经济价值远远大于其有害的方面。所以，在资源昆虫的研究中，一定要注意昆虫潜在的安全问题。

1.4.4 具有经济和生态双重效益，符合可持续发展

在昆虫产业培育中，有野外培育，如蜜蜂、紫胶虫、白蜡虫、五倍子蚜虫、胭脂虫等，也有半人工培育，如家蚕。无论采用哪种方式，都必须具备植物资源的条件。蜜蜂

需要有蜜源植物,紫胶虫、白蜡虫、五倍子蚜虫、胭脂虫等需要有寄主植物,家蚕需要有桑树。工业原料昆虫一般都要种植寄主植物,寄主植物对生态环境建设、保持水土有重要意义。所以,发展资源昆虫产业,可以与农林业协调发展,建立特殊的经济生态林,在取得经济效益的同时,又具有显著的生态效益。其实,在资源昆虫中,许多种类具有经济价值,同时又具有重大的生态价值。例如,蜜蜂是产蜜昆虫,给人类提供蜂蜜,同时又是重要的授粉昆虫,促进农作物增产。紫胶虫、白蜡虫等资源昆虫一方面为人类提供工业原料;另一方面,营造寄主植物林,绿化了荒山,促进了生态建设,一旦建立了这种特殊的生态经济林体系,可以长期经营,符合可持续发展战略的要求。

1.4.5 重视资源的保护和利用

在资源昆虫的开发利用中,要特别注意资源的保护,尤其是一些具有重大经济价值的资源昆虫,目前尚未有较成熟的规模培育技术,只能靠野外采集的种类。例如,蚂蚁、蜂类等不少昆虫不仅具有重大经济价值,同时在生态系统中扮演着很重要的角色,资源的过度开发,会迅速地减少野外的自然种群数量,严重地影响生态系统的稳定。蚂蚁作为药用昆虫,对治疗一些疾病有较好的疗效,同时在生态系统中扮演着重要的角色;野生蜂类、蜂的幼虫有很高的营养价值,通常作为食用昆虫出售,一些野生蜂的蜂毒具有十分珍贵的医药价值,同时,蜂又是授粉昆虫,有的蜂是天敌昆虫,过度地从野外采集这些昆虫将对生态系统带来不可估量的损失。所以在资源昆虫开发利用中,要切实遵循资源保护与利用并重,切不可竭泽而渔。

1.5 资源昆虫学主要研究内容

昆虫作为地球上的最大的、未被开发利用的生物资源,具有巨大的潜力,随着科学技术的发展,昆虫的资源价值、生态价值和科学价值将逐渐地为人类所认知,昆虫可以作为化工材料、药物资源、优质蛋白质资源;天敌昆虫是生物防治重要手段;昆虫授粉将大幅度地提高作物产量,有利于杂交育种;昆虫在细胞工程、基因工程等高新技术方面有巨大的发展潜力(陈晓鸣,1998,1999)。可以预见,昆虫作为一类重要的资源的研究将越来越被重视。

1.5.1 昆虫作为工业原料资源

在自然界中,昆虫在长期的进化历程中,形成了许多奇特的生存方式,昆虫为适应环境产生了一些分泌物,如紫胶、白蜡;形成虫瘿,如五倍子蚜虫;分泌蜂蜜,如蜜蜂;产生色素,如胭脂虫;吐丝,如蚕类昆虫,成为一类丰富的生物材料资源。昆虫的这些特殊的产物被人类利用,作为重要的工业原料、化工原料。昆虫体本身也是一座材料宝库,昆虫的表皮是由甲壳素(chitin)组成,昆虫体内含有丰富的蛋白质、氨基酸、脂肪、微量元素,具有很高的资源价值。

紫胶作为一种化工原材料广泛地应用于化工、军工、食品、化妆品等行业。紫胶可作为果蔬保鲜剂;紫胶中提取的紫胶蜡广泛地应用于日用化工和化妆品行业;在农业

上,紫胶可以作为化肥的缓释包衣;紫胶中提取的紫胶桐酸等物质可以用于香料产业等。白蜡用于化工、医药、造纸等行业,白蜡中富含的二十六烷醇、二十七烷醇和二十八烷醇是重要的医药原材料。由五倍子可以提取单宁酸系列产品,广泛地应用于医药、化工、制革等行业。

甲壳素(chitin)及其衍生物壳聚糖(chitosan)是人类不可缺少的物质,与蛋白质、脂肪、糖类、维生素和矿物质并列誉为人体6大生命要素,具有很强的生理活性,有抗癌、抗菌等多种功效。甲壳素又称几丁质,在医学上可以作为人造皮肤,作为一种特殊的糖蛋白,甲壳素及其衍生物壳聚糖在医学上还有十分广阔的应用前景。昆虫的体表由甲壳素组成,表皮中甲壳素约占95%以上,昆虫体的甲壳素在不同种类的昆虫中含量不一样,一般为2%~15%,与其他海产品(虾、蟹等)相比,昆虫的甲壳素具有纯度高、杂质少、易提取等优点。

昆虫体内还含有丰富的脂肪,这些脂肪类物质可以作为高级化妆品、高级润滑油,甚至利用高新技术大规模地工厂化生产昆虫,提取特殊用途的工业油料已不是不可能实现的。昆虫体内含有的脂肪大量地以不饱和脂肪酸的形式存在,作为人类食用,具有很高的营养和保健价值。

1.5.2 昆虫作为药物资源

昆虫作为药物资源利用已有十分悠久的历史,据《中国中药大药典》等记载,我国大约有250多种昆虫可以入药,苗药、藏药等许多民族医药中昆虫药也十分普遍。美洲、非洲和亚洲的一些国家和地区用昆虫作药也十分普遍。昆虫体入药只是昆虫作为药物资源利用的初级阶段,随着高新技术,尤其是生物技术的应用,昆虫作为药物利用将会有重大突破。迄今为止,人类使用的药物绝大多数来自植物、动物和微生物,为了寻求新药资源,人类对植物药物的筛选做了非常大的努力,对微生物药的筛选几乎把地球上的土壤翻了一遍。昆虫种类占自然界中生物种类的4/5以上,物种种类远远超过植物和微生物。昆虫具有许多独特的性质可以用于医药,如昆虫抗菌物质、昆虫酶、昆虫毒素等,在医学上的应用十分广阔,可以预见,像18世纪发现青霉素一样,21世纪药物学上的重大革命可能发生在昆虫中,昆虫将成为未来最具活力和潜力的药物资源。

昆虫体内能诱导和产生抗菌物质(抗菌蛋白、抗菌肽、溶菌酶、防御素等),这些抗菌物质具有较强的杀菌作用和较广的抗菌范围,而且分子质量小,理化性质稳定,还可以通过转基因工程导入植物培育抗病虫品种,也可以通过基因工程、细胞工程和发酵工程工厂化生产昆虫抗菌物质,制成基因药物。

昆虫毒素在药物上也具有很广阔的前景,据统计,已发现有毒素的昆虫种类有700多种,昆虫毒素具有60多种,昆虫毒素在医药上应用已有悠久的历史,医药巨著《本草纲目》等著作有较详细的记载。蜂毒用于治疗风湿、类风湿关节炎、红斑狼疮、脉管炎、高血压等疾病具有较好的效果;斑蝥素具有明显的抗癌作用;蚂蚁、蜚蠊等都有很高的药用价值。昆虫毒素将广泛应用于医学,利用生物化学技术,研究昆虫毒素的成分、结构、药理,进而提取、人工合成或通过生物技术来生产医药昆虫毒素,并应用于临床,将对一些医学上的疑难杂症的治疗提供有效的药物。

生物技术革命将对资源昆虫学的研究产生重大影响,基因工程、酶工程、细胞工程、发酵工程在昆虫学上的应用将对昆虫产业化产生极大的推动作用,昆虫体内的一些特殊性质的酶、激素、毒素、抗菌蛋白都可能通过生物技术(如细胞离体培育、克隆技术、基因导入及表达等方式工厂化生产),应用于医学等领域。利用生物技术研究 and 开发,利用昆虫体内活性物质将成为资源昆虫学中的研究热点,可能与医药相关的昆虫细胞活性物质中取得较大的突破。

昆虫资源作为药物开发利用将成为药学研究中的一个重要组成部分,药用昆虫的研究和开发将可能导致新药研究的重大突破。昆虫种类和数量巨大,从资源潜力来看,昆虫药的开发利用比植物药和微生物药更具潜力与活力。

1.5.3 昆虫蛋白资源

昆虫作为一种重要的蛋白质资源,尚未被充分地开发利用。在人类进化过程中,食用昆虫利用有十分悠久的历史。分析研究表明:昆虫含有丰富的蛋白质(20%~70%)、氨基酸(30%~60%)、脂肪(10%~50%)及脂肪酸、一定量的糖类(2%~10%)、矿物元素、维生素,以及其他对人体有很好保健作用的活性物质。作为蛋白质资源,昆虫的营养价值可以与其他动植物资源相媲美,按联合国粮食与农业组织提供的人类营养蛋白标准,昆虫蛋白是优质蛋白源。世界上把昆虫作为食品的习俗十分普遍,据统计,全世界有食用昆虫3000余种,我国常见的有100多种食用昆虫(陈晓鸣和冯颖,1999a),其中不少为食疗兼用的营养珍品,如冬虫夏草。昆虫除可以供人类食用外,作为动物饲料也具有很高的价值,完全可以像鱼粉等饲料添加剂一样,作为饲料资源开发利用,广泛地应用于饲料业。昆虫具有物种丰富、种群数量大等特征,作为营养资源具有广阔的应用前景和巨大的开发潜力。

随着地球上人口的不断增加,资源匮乏将仍然是人类生存所面临的巨大挑战。人类对优质蛋白质的需求越来越高,昆虫蛋白与其他动物蛋白比较,具有许多不可替代的优点。昆虫蛋白的开发利用将成为资源昆虫学研究的一个热点,科学技术的进步将为食用和饲料昆虫产业化提供技术支撑,珍贵食用昆虫的培育将会以养殖场的形式出现,饲料昆虫产业化将以家畜(禽)养殖场为基础。例如,利用粪便生产蝇蛆,既能有效地利用粪便,又能产生较高的经济效益。饲料昆虫不仅可以作为饲料或饲料添加剂,而且在提取高蛋白的过程中,还可以提取甲壳素、抗菌肽等价值更高的昆虫产品。

1.5.4 天敌昆虫

昆虫在生态系统错综复杂的食物网中,既是捕食者又是被捕食者,扮演着十分重要的角色。害虫对农林业生产造成极大的危害,导致粮食等农作物减产、破坏森林、危害生态环境,给人类带来巨大的灾害。防治害虫成为粮食增产、保护森林的重要措施。化学农药防治虽然有较好的效果,但也有造成环境污染、食品残留农药等弊端,给人类健康带来危害。害虫还会产生抗药性,增加防治的难度。天敌昆虫能有效地控制害虫,而且不污染环境,不对害虫产生抗药性。天敌昆虫的研究与应用在农林业上已取得了较好的效果,天敌昆虫作为一种特殊的资源越来越受到重视,在农林业生产和环保中扮演着

重要的角色。天敌昆虫从研究、探索阶段走向天敌培育和工厂化生产是未来天敌昆虫研究和开发的趋势。

利用现代化的设备和条件大批量地生产天敌昆虫正逐步发展成一种新兴产业。中国在赤眼蜂等天敌昆虫的研究、培育、生产和应用方面已取得了成功；日本在冲绳岛进行的果蝇寄生蜂的工厂化生产和应用取得了很大的成就；欧美等一些国家，通过对昆虫天敌的研究，饲养寄生蜂并形成商品化，通过公司卖给农户，在温室作物的生物防治中取得了很好的效果。随着人类环境意识和健康意识的增强，天敌昆虫的研究与利用将会对农林业生产产生更大的影响，工厂化生产天敌昆虫将会得到更广泛的应用和普及，天敌昆虫产业化将成为昆虫产业的一个重要的组成部分。

1.5.5 昆虫授粉

昆虫在生态系统中扮演着重要的角色。在自然界中，众多的异花授粉的植物靠昆虫授粉来完成其生育和繁衍的过程；在农业生产中，许多农作物和果树借助于昆虫授粉提高产量。科学家最近的研究发现，由于自然界中授粉昆虫的减少，对农业造成了严重的威胁。昆虫对植物授粉的效果远比人工授粉好，对于一些植物来说，昆虫授粉是必不可少的，如榕小蜂与榕树。由于农业上主要靠化肥和农药来增产，而且越来越依赖化肥和农药，农药的滥用，尤其是杀虫剂的大量使用，造成授粉昆虫数量的减少。随着人类的活动范围的逐渐扩展，生物多样性锐减，授粉昆虫的种类和种群数量受到严重威胁，直接影响人类的生存。授粉昆虫与农作物增产的关系的研究将成为一个重要的研究领域和热点，在农作物主产区，将授粉昆虫纳入农作物增产的重要因素，采用培育授粉昆虫等方法，人为地提高本地区的授粉昆虫数量，将会成为农业增产的一个重要手段。蜜蜂、熊蜂等授粉昆虫将会受到重视，形成一个产业。在欧洲、美洲，日本等发达国家与地区，已经出现出售授粉昆虫的公司，特别是以塑料大棚为代表的白色农业革命的兴起，传统农业生产模式被打破，集约化经营程度大大提高，农业小生态系统发生了很大的改变，授粉昆虫的种类和数量受到新农业生产模式的控制。针对新的农业生产模式，采用人工培育授粉昆虫、花期放养授粉的方式来提高作物产量将形成一个新的资源昆虫产业，应用前景十分广阔。

1.5.6 观赏昆虫培育及产业化

昆虫世界五彩缤纷，美不胜收，以蝴蝶为代表的观赏昆虫对人类的文化、艺术产生了巨大的影响。蝴蝶被赞誉为“会飞的花朵”，成千上万的蝴蝶种类具有很高的观赏价值和经济价值，于是人工繁育蝴蝶等观赏昆虫成为资源昆虫学研究和开发的一个重要的分支和研究热点。美国、日本、南美等国家与地区纷纷对蝴蝶进行人工繁育，我国不少单位也对蝴蝶的人工培育开展研究，取得了很大的进展。一座座蝴蝶生态园的建立，向人们展示蝴蝶的美丽，介绍昆虫的基本知识，得到了美的享受和科学知识传播的社会效益，同时也给投资者带来不菲的利润。除了蝴蝶活体观赏外，蝴蝶和许多美丽的甲虫标本作成各种各样的工艺品，销往世界各地。目前蝴蝶和其他观赏昆虫的培育还只局限于一些种类，众多种类的人工繁殖技术还不成熟，不少珍贵的种类是从自然界中非法捕捉

的。蝴蝶是一类重要的授粉昆虫，这些昆虫在生态系统中扮演着十分重要的角色，大量的捕捉会对生态平衡造成不利的影 响。世界各国为保护蝴蝶资源，纷纷制定了相关的法规严禁野外滥捕蝴蝶资源。由于蝴蝶等观赏昆虫特殊的艺术价值和经济价值，观赏昆虫的培育及产业化在近年来异军突起，备受瞩目，极大地推动了资源昆虫学的发展。随着人类物质生活水平的不断提高，观赏昆虫的市场会越来越大，研究观赏昆虫的生物学、生态学特征，开发珍稀观赏昆虫的规模繁育技术已经成为资源昆虫学的一个重要研究领域，观赏昆虫培育会成为一个特殊的昆虫产业，具有巨大的经济价值和广阔的市场前景。

1.5.7 有益于环保的昆虫

昆虫作为捕食者和寄生者，在生物防治中的作用研究得较多，但昆虫对环保的作用研究得很少。一般来讲，昆虫在食物网中是一类消费者，在生态系统中具有重要的作用，但许多昆虫的另一特性，以腐食或其他物质为食物的分解者的特征被忽略了。实际上，在自然界中有一类昆虫群体的某些特征，像微生物一样，可以分解腐败的物质，被用来清洁环境，这类昆虫被称为环境卫士。例如，粪金龟能将畜牧粪便埋入地下，不仅清洁了环境，而且肥沃了土壤；有的昆虫可以取食腐烂的植物和动物、纸张、塑料、木块等，可以帮助垃圾迅速分解为有机肥料；有的水生昆虫对污染十分敏感，可以利用其作为水体污染的指示昆虫。

在森林中，不少昆虫扮演着分解者的角色，在生态系统中具有重要的作用。对这一类与环境保护相关的昆虫的研究，目前还处于初级阶段，许多昆虫对环境的重要作用没有被认识和发掘，但值得庆幸的是，不少昆虫学家已经注意到昆虫对环境的作用，澳大利亚引入粪金龟防治草原畜牧粪便污染，便是一个十分成功的例证。

1.5.8 昆虫细胞工程、基因工程的研究

昆虫细胞工程研究起源于 20 世纪 30 年代。近年来，由于重组蛋白技术的发展，昆虫细胞的重要性已逐渐被人类所认识，昆虫细胞培养已经成为分子生物学、细胞生物学等多学科研究的重要手段，引起了广泛的关注。

在基础研究方面，昆虫细胞培养为生理学、遗传学、病理学和毒理学研究提供了很好的研究手段和实验材料。医学昆虫如蚊子的细胞系，用来研究以蚊子为媒介传播的人体病毒、原生动 物等，通过在体外培养蚊虫的细胞，人为感染病毒、原生动 物，研究其在昆虫细胞的发育、发展和侵染过程。昆虫细胞系还用来测定化学药物和生物杀虫剂的毒力，这种方法具有准确、方便、快速、灵敏等优点。有的昆虫细胞系由于来源于特定的已分化的组织，如肌肉、心脏等，在培养过程中，具有其分化的组织的特点，为昆虫组织研究提供了有价值的研究手段。在昆虫生理学和生物化学研究方面，研究发现，在一种麻蝇细胞系的培养中，细胞可分泌几乎在所有虫体中发现的抗菌肽。有研究表明，有的昆虫细胞系具有与动物细胞类似或更高的对抗癌物质的敏感性，可用于人类抗癌药物的筛选和研究。由此可见，昆虫细胞培养在基础研究方面将会起到越来越大的作用。

在利用昆虫细胞病毒表达系统高效表达外源基因方面，昆虫细胞培养用于外源基因、重组蛋白的表达研究，是昆虫细胞培养研究中最具活力和价值的部分。近年来，国

内外都开展了广泛而深入的研究。通过在昆虫杆状病毒的基因中插入外源基因构建重组病毒，感染昆虫细胞系后，外源基因可在昆虫细胞中高效表达。由于昆虫细胞是一种真核细胞，昆虫细胞杆状病毒表达系统与其他表达系统相比，具有安全、高效、容量大、表达产物具有生物活性等特点，被用来开展了多种外源基因的研究。在医学上，利用昆虫细胞表达系统可以表达人 β -干扰素、乙肝病毒 S 基因、人 α 型肿瘤坏死基因、人胰岛素样生长因子、乙肝病毒 E 抗原、鸡马立克氏病病毒糖蛋白 B 抗原基因、小鼠金属硫蛋白基因、人干细胞因子、人乙酰胆碱酯酶、人胃脂肪酶、催乳素、促性腺素、人体免疫缺陷病毒（艾滋病病毒）、蛋白质水解酶等。在农业上，利用昆虫细胞表达系统表达了烟草天蛾的保幼激素环氧化水解酶；利用昆虫细胞表达系统开展了植物自交不亲和基因的研究；在昆虫细胞表达系统中获得了蛙酰胺酶的表达。随着昆虫细胞杆状病毒表达系统研究的不断深入，昆虫细胞培养在基因工程研究、人类疾病的发生和控制、基因工程疫苗和药物研究方面将会是大有作为的。

在培养昆虫细胞用于生物杀虫剂的研究方面，可利用昆虫细胞培养繁殖昆虫病毒，如棉铃虫核型多角体病毒、油桐尺蠖的核型多角体病毒、粉纹夜蛾的核型多角体病毒等；利用昆虫细胞可以培养昆虫病原微孢子虫等。尽管目前利用昆虫细胞培养增殖昆虫病毒和微孢子虫距商业化生产还有一定距离，但是，随着昆虫细胞培养技术研究的不断加强，特别是低成本培养基研究的深入和昆虫细胞大规模培养技术的改进，大规模培养系统的建立和生产工艺等研究的深入，可以预测，昆虫病毒、微孢子虫杀虫剂将会实现工厂化生产，应用于农林业害虫的防治。

1.5.9 奇妙的仿生学及遗传学材料

昆虫种类千差万别，结构与功能各异，精巧的昆虫结构为科学技术的发展起到了很大的促进作用，模仿昆虫的结构和功能而创造出奇妙的高科技产品已成为仿生学中的一个重要研究内容。目前世界上正研究昆虫信息的传递与接收，通过研究昆虫触角、眼、翅等结构与功能已研制出了机器人等产品。日本筑波大学神奇亮平博士通过对昆虫嗅觉的研究，已成功地研制出根据嗅觉寻找目标的机器人，可用嗅觉信息控制微型机器人。昆虫脑神经机能与工学应用等内容在近期可能取得重大突破，并应用于医学、军工等行业。

在遗传学研究方面，昆虫作为遗传材料，具有材料易得、种群数量大、易培养、世代周期短、染色体简单、易观察分析等特点，是作为研究遗传规律不可多得的材料，果蝇就是一个很好的例子。果蝇已成为遗传学研究的模式生物之一，以果蝇为材料解释了不少遗传现象和规律。以昆虫为材料的遗传学研究，将随着高新技术发展，对遗传学的研究做出更大的贡献。

自人类在地球上出现以来，人类发展的过程就是与自然相互适应和进化的过程。对于人类来说，万物皆资源，地球上的任何物质对人类都可能是财富，只是限于对许多物质的认识 and 了解，人类尚未发现它们的资源价值。资源的概念是相对的，是以人为中心的，对人类有益的一般都可以认为是资源，不同的阶段，不同的角度，资源的价值和意义是不完全一样的。有害和有益也是相对的。例如，砒霜（三氧化二砷）有毒，能毒死

人,但砒霜同时又是药,可以治愈重症。在昆虫类群中,昆虫的利弊也是相对的,判断昆虫是害虫还是资源昆虫,关键在于这类昆虫对人类的具体影响程度,如果这类昆虫对人类的利大于弊,就可以作为资源昆虫利用,尽管这些昆虫需要取食大量的植物;如果弊大于利,则称为害虫。其实,很多资源昆虫,需要一个生命的支撑系统——寄主植物,如紫胶虫、白蜡虫、五倍子蚜虫等。对于植物来说,这些昆虫严重地影响植物的生长发育,是害虫,但这些昆虫所产生的特殊产品的价值远远大于这些植物本身的价值,所以作为资源昆虫来培育和利用。蝗虫是农作物的大害虫,但蝗虫同时又是营养丰富的食用昆虫和饲料昆虫,具有较高的经济价值,如果蝗虫的经济价值远远高于农作物本身,人类还会去防治蝗虫吗?也许利用农作物培育蝗虫会成为一项价值很高的产业。蟑螂是卫生害虫,但同时又是经济价值很高的药用昆虫。这样的例子比比皆是,举不胜举。

由于昆虫本身具有较高的经济价值,从资源的角度出发,通过利用昆虫的价值来控制昆虫的种群数量,使之不给农林业带来严重的危害,以利用促进昆虫的管理,应该是昆虫管理中值得注意的问题。例如,我们研究昆虫的行为学和生态学,不再是为了了解昆虫的生活规律后,找到杀死昆虫的薄弱环节。而是换一种思维,研究昆虫的行为学和生态学是为了设计昆虫喜爱的环境装置,引诱其进入装置,将这些昆虫用于饲料或其他资源利用的目的,岂不是一举两得?

随着科学技术的飞速发展,人类逐渐认识到,人类不是地球的主宰和主人,人类应该学会与自然和谐相处。昆虫作为地球上一类重要的生物资源,需要人类重新审视其价值,更辩证地看待昆虫的利与弊,接受昆虫是一类有特殊价值的生物资源的概念,相信以资源利用促进昆虫控制的概念会在不久的将来为农林业工作者所接受,并在害虫管理的实践中发展。

主要参考文献

- 陈晓鸣. 1998. 21世纪资源昆虫利用与展望. 见: 中国林业科学研究院. 面向21世纪的林业. 北京: 中国农业科学技术出版社. 563~568
- 陈晓鸣. 1999. 21世纪资源昆虫研究热点及关键领域. 见: 陈晓鸣. 资源昆虫学研究进展. 昆明: 云南科技出版社. 1~7
- 陈晓鸣, 冯颖. 1999. 中国食用昆虫. 北京: 中国科学技术出版社. 1~181
- Erwin T L. 1982. Tropical forests; their richness in Coleoptera and other Arthropod species. *Coleopt Bull*, 36 (1): 74, 75
- Erwin T L. 1997. Biodiversity at Its Utmost: Tropical Forest Beetles. *In*: Reaka-Kudla M L, Wilson D E, Wilson E O. Biodiversity II: Understanding and Protecting Our Biological Resources. Washington, DC: Joseph Henry Press. 27~40

第2章 紫胶虫

昆虫有许多独特的性质，能产生多种对人类有用的物质，这些昆虫所生产的物质广泛地应用于化工等行业，通常将这类能产生特殊物质、可作为工业原料的昆虫称为工业原料昆虫。作为一种特殊的生物资源，昆虫体及昆虫的产物作为化工原料等资源具有重大的经济价值。昆虫的分泌物（如紫胶、白蜡），虫瘿（如五倍子），作为工业原料广泛地应用于化工、医药、食品、军工等行业；昆虫产丝，如家蚕，已经形成一项大的产业，在纺织工业中独树一帜；昆虫体内的红色素，如胭脂虫色素、紫胶虫色素等，广泛地应用于食品、化妆品行业；昆虫的表皮富含甲壳素，可以作为医药新材料，用于人造皮肤，同时甲壳素还广泛地应用于化工、食品、保健品、医药等行业；昆虫脂肪可以作为化妆品和化工原料等。由于昆虫的产品来自于自然，对环境无污染、对人类健康无副作用，符合人类环保和健康发展的趋势，所以备受人们关注。

2.1 紫胶的经济价值

紫胶虫是一种重要的资源昆虫，生活在寄主植物上，吸取植物汁液，雌虫通过腺体分泌出一种纯天然的树脂——紫胶（图 2.1，彩图）。紫胶是一种重要的化工原料，广泛地应用于多种行业。据考证（周尧，1980；邹树文，1982），我国对紫胶的利用，有文献记载于唐朝以前。紫胶又名紫铆，在唐显庆四年（公元 659 年）苏敬的《新修本草》（通称唐本草）中就有所记载，在中国古代，紫胶主要用于中药、粘接宝石和制作皮革。紫胶作为一种纯天然的化工原料，具有粘接、防潮、绝缘、涂膜光滑、防腐、耐酸、化学性质稳定、对人类无毒和无刺激性等优良性状，具有重要的经济价值，被广泛地应用于化工、电子、军工、医药和食品等行业。在日用化工行业，紫胶可用于家具、地板的抛光、粘接和防潮；在医药上，早在唐代李珣在《海药本草》中记载紫胶“……治湿痒疮疥，宜入膏用”，在《本草纲目》中记载紫胶主治五脏邪气、金疮、带



图 2.1 生长在寄主植物上的紫胶

下，能破积血，可治牙出血、产后血晕和月经不调等，除中医药利用外，还可以用于药片包衣，起到防潮和保存药片的作用；在军工上，紫胶可用于子弹、炮弹等武器的粘接和防潮；在电子工业上，可用于集成电路的粘接、防潮和绝缘；在印刷行业中，用于制作油墨，提高印刷质量；在食品工业上，可以用于糖果包衣。紫胶除作为天然树脂利用外，紫胶中提取的色素广泛地应用于食

品和化妆品行业，如紫胶中提取的紫胶蜡被广泛地应用于日用化工和化妆品中，紫胶的深加工产品脱蜡漂白胶被广泛地用作果蔬保鲜剂。在农业上，紫胶可以作为化肥的缓释包衣；紫胶中提取的紫胶桐酸等物质可以用于香料产业等（中国农林科学院科技情报研究所，1974）。

紫胶作为一种天然的化工原料，曾一度被飞速发展的化学工业所替代。但是随着科技进步和人类对自然的认识逐步加深，人们发现化工产品污染环境和危害人类健康的弊端，从而环保意识逐渐增强，对天然产品的需求越来越多，要求越来越高。紫胶及其深加工产品主要由昆虫分泌的天然树脂组成，对人类健康和环境无副作用，适于现代人类对纯天然产品的追求，其重要的资源价值被人类重新认识和开发。紫胶生产需要营造大量的寄主植物，紫胶虫的寄主植物有200多种，不少寄主植物具有耐干旱、耐贫瘠、速生、萌发力强的特点，适合于多种困难地带的造林。紫胶生产已经形成了一项特殊的昆虫产业，紫胶生产系统由紫胶虫、寄主植物和生态环境三个部分组成，是一个相对稳定的人工生态经济林体系。在这个系统中，紫胶作为重要的工业原料可以产生较大的经济价值，由紫胶生产带来的枝条可以解决农村薪材，寄主植物造林可以绿化荒山，较好地保持水土。紫胶生态经济林体系发挥着重要的经济效益、生态效益和社会效益，不仅能带动地方经济发展，同时对改善生态环境有很大的促进作用（陈晓鸣，1994）。

2.2 紫胶的主要性质

2.2.1 紫胶树脂的组成

紫胶主要由紫胶树脂组成，还含有紫胶色素、蜡质等物质。紫胶树脂主要由羟基羧酸内酯和交酯构成，结构非常复杂，形成一个由羟基脂肪酸、倍半萜烯酯构成的弹性网，网格空隙中含有低分子脂肪酸的混合物，其中一些低分子脂肪酸有增塑剂作用。紫胶树脂的平均相对分子质量为1000，分子式为 $C_{60}H_{90}O_5$ 。紫胶是一种酸性树脂，分子中至少含有1个游离羧基、5个羟基、3个酯基和1个醛基。

紫胶树脂中含有硬树脂和软树脂，溶于乙醚的称为软树脂，不溶于乙醚的称为硬树脂，一般在紫胶树脂中，硬树脂占70%左右，软树脂占30%左右。硬树脂和软树脂具有不同的物理和化学性质。

紫胶树脂含有多种紫胶酸，目前已分析出的有罌子桐酸（aleuritic acid）（又称为紫胶桐酸）、壳脑酸（shellolic acid）、紫柳醇酸（butolic acid）、开醇酸（kerrolic acid）等酸类。

紫胶中含有紫胶色素，从紫胶中提取的色素有两种，一种是溶于水的紫胶色素，称为紫胶色酸（laccic acid），在紫胶中占2%~5%；另一种是不溶于水的紫胶色素，称为红紫胶素（erythrolaccin），含量很少，仅占0.1%左右。紫胶色酸主要存在于紫胶虫体内的红色体液中；红紫胶素存在于紫胶树脂中，使树脂成为紫色、黄色和橙色。

紫胶色酸是一种红色染料，可以从紫胶颗粒胶加工时，通过水洗从紫胶虫体内提取，紫胶色酸为酸性物质，主要以钠盐和钾盐的形式存在，紫胶色酸中至少含有两种以上的成分。红紫胶素的分子式为 $C_{15}H_{10}O_6$ ，红紫胶素存在于紫胶树脂中，不溶于水，但溶于乙醇、乙醚、苯、甲苯、氯仿和乙酸。红紫胶素在碱液中可以用次氯酸盐和活性

炭漂白和脱色。

紫胶中还含有 6%~7% 的紫胶蜡，紫胶蜡可以分为热乙醇溶解和不溶解两部分，热乙醇溶解的部分主要为蜂蜡醇及其脂类物质、蜂蜡酸、蜡酸、油酸和棕榈酸的混合物；热乙醇不溶解的部分，主要是紫胶蜡醇蜡酸酯 (lacceryl lacceroate)、紫胶蜡酸 (lacceric acid) 等物质。在紫胶蜡中，蜡酸酯占 80%~82%、游离蜡酸占 10%~14%、游离蜡醇占 1%、碳氢化合物占 2.6%、紫胶树脂占 2.4%。

紫胶还含有少量的糖、蛋白质、盐类和有气味物质等其他成分。

2.2.2 紫胶的物理性质

紫胶主要是一种由紫胶虫分泌的天然树脂，原胶呈紫红色、金黄色或黄色，紫胶片胶比重 1.43~1.207，相对分子质量为 964~1100，紫胶具有较好的抗张强度、耐磨性和硬度。紫胶是一种典型的热塑性树脂，紫胶的熔点在 77~90℃，紫胶树脂在 40℃ 以前比热变化的特征基本保持不变，40℃ 以后比热随温度增加而增加，紫胶树脂的导热系数在 35℃ 时为 2.42，在 63℃ 时为 2.09，与石蜡、石棉等的导热系数相似。紫胶树脂具有独特的电学性质：介电常数低，有一个异常的特点，在受电弧支配后，无导电性，所以紫胶可以作为绝缘材料。紫胶溶于多种有机溶液中，不溶于水，但把紫胶的醇溶液注入水中，在加压的条件下使乙醇挥发，或将紫胶的氨水溶液通过透析，能制成水溶液，紫胶在强碱液中加热也能制成紫胶树脂水溶液。紫胶常作为清漆来利用，紫胶液的黏度与溶液中紫胶的浓度和有机溶液的浓度成正比。紫胶溶液具有胶体的特征，但又不是胶体溶液，它可以很容易地通过过滤装置，只要浓度在 20% 以下，紫胶液不会呈胶体溶液，超过 20% 浓度，过滤速度十分缓慢，溶液黏度急剧上升，黏度随温度增高而增大。紫胶产品长期保存会老化和结块，在 13~18℃ 温度下对防止紫胶老化和结块有一定的作用。

2.2.3 紫胶的化学性质

紫胶树脂是由多羟基羧酸组成，以内酯和交酯形式存在。平均相对分子质量约 1000，平均分子中至少有 1 个游离羧基、5 个羟基、3 个酯基和 1 个醛基。酸值：紫胶片胶为 65~75，漂白胶为 73~118，硬树脂为 55~60，软树脂为 103~110；皂化值：紫胶片胶为 220~230，漂白胶为 176~276，硬树脂为 218~225，软树脂为 207~229；酯值：紫胶片胶为 155~165，漂白胶为 103~158，硬树脂为 163~165，软树脂为 104~119；羟值：紫胶片胶为 250~280，硬树脂为 235~240，软树脂为 116~117。碘值：紫胶片胶为 14~18，漂白胶为 10~11，硬树脂为 11~13，软树脂为 50~55。

紫胶树脂可以进行各种化学反应，主要化学反应有酯化反应：由于紫胶树脂中含有羟基和羧基，通过两种方式进行酯化，一种是一元醇或多元醇酯化游离羧基，生成烷基酯；另一种是用羧酸或其他酸酯化羟基，生成酸酯。水解反应：紫胶树脂在苛性碱液中容易皂化，用适量的酸处理皂化液，生成一种不溶于水的黏性树脂——水解紫胶，水解紫胶用乙二醇酯化得到酯，是一种热塑性胶泥的一种组分，常用来粘结云母板。紫胶树脂还可以进行取代反应等 (Bose et al., 1963; 中国农林科学院科技情报研究所, 1974; 李金元等, 1993, 1994)。

2.3 紫胶虫的种类及其分布

2.3.1 紫胶虫的分类

紫胶虫是一种微小的昆虫，属同翅目 Homoptera 胶蚧科 Tachardiidae 紫胶蚧属 *Kerria*，是一类具有重大经济价值的资源昆虫。本书的紫胶虫分类主要依据印度紫胶虫分类专家 Varshney (1984) 的分类体系。全世界紫胶虫种类在 20 种以上，鉴定到种名的有 19 种 (表 2.1) (Varshney, 1976, 1984; 王子清等, 1982; 欧炳荣和洪广基, 1990; 陈晓鸣, 1998, 2005)，在生产上常用的紫胶虫种类有：紫胶蚧 *Kerria lacca*、中华紫胶虫 *K. chinensis*、云南紫胶虫 *K. yunnanensis*、信德紫胶虫 *K. sindica* 和缅甸紫胶虫 *K. spp.* 等。

表 2.1 紫胶虫种类

序号	拉丁名	中文名
1	<i>Kerria albizziae</i> (Green) 1911	合欢紫胶虫
2	<i>K. brancheata</i> 1966	布拉清紫胶虫
3	<i>K. chamberlini</i> 1966	张氏紫胶虫
4	<i>K. chinensis</i> (Manhdiassan) 1923	中华紫胶虫
4a	<i>K. chinensis kydia</i> (Misra, 1930)	椴紫胶虫亚种
5	<i>K. communis</i> (Manhdiassan) 1923	普通紫胶虫
6	<i>K. ebrachiata</i> (Manhdiassan, 1923)	厄布拉清紫胶虫
7	<i>K. fici</i> (Green, 1903)	榕树紫胶虫
7a	<i>K. fici jhansiensis</i> (Misra, 1930)	汉西紫胶虫亚种
8	<i>K. greeni</i> (Chamberlin, 1923) = <i>Tachardia fici</i> Misra, 1930	
9	<i>K. indicola</i> (Kapur) 1958 = <i>Laccifer indica</i> Misra	印度紫胶虫
10	<i>K. javana</i> (Chamberlin, 1925) = <i>Laccifer javana</i> Chamberlin, 1925	爪哇紫胶虫
11	<i>K. lacca lacca</i> (Kerr) 1982 = <i>Coccus gummilaccae</i> Goeze, 1787 = <i>Coccus ficus</i> Fabricius, 1787 = <i>Lakshadia indica</i> Mahdihassan, 1923	紫胶蚧
11a	<i>K. lacca ambigua</i> (Misra) 1903	拟紫胶虫亚种
11b	<i>K. lacca mysorensis</i> (Mahdihassan) 1923	迈索尔紫胶虫亚种
11c	<i>K. lacca takahashii</i> Varsheny 1977	塔卡哈西紫胶虫亚种
12	<i>K. meridionalis</i> (Chamberlin, 1923)	南方紫胶虫
13	<i>K. nagoliensis</i> (Mahdihassan) 1923	那哥里紫胶虫
14	<i>K. nepalensis</i> Varshney, 1977	尼泊尔紫胶虫
15	<i>K. pusana</i> (Misra) 1930	菩萨紫胶虫
16	<i>K. rangonliensis</i> (Chamberlin, 1925) = <i>Lakshadia chinensis</i> Mahdihassan, 1948a	仰光紫胶虫
17	<i>K. ruralis</i> Wang, 1982	田紫胶虫
18	<i>K. sindica</i> (Mahdihassan) 1923	信德紫胶虫
19	<i>K. yunnanensis</i> Ou et Hong, 1990	云南紫胶虫

2.3.2 紫胶虫的几个重要分类特征

紫胶虫分类主要依据雌成虫特征，常用的特征有膊背、肛突、背刺、前气门和后气门、触角、缘导管群、围阴孔群、腹导管群等（图 2.2；图 2.3，彩图）。

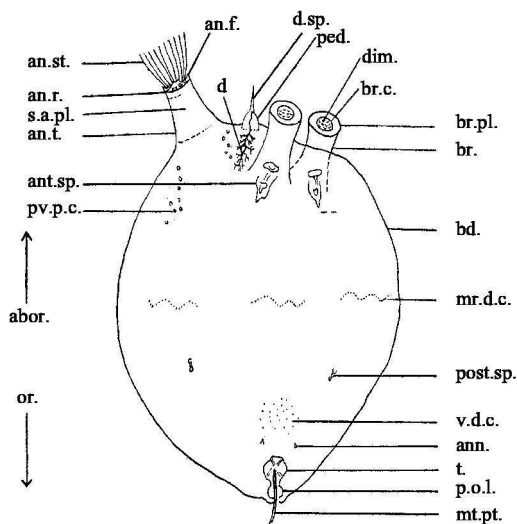


图 2.2 紫胶虫雌成虫模式图 (Varshney, 1976)

abor. —— aboral side 离口端；an. f. —— anal fringe 肛缘缨；an. r. —— anal ring 肛环；ann. —— antennae 触角；s. a. pl. —— supra-anal plate 肛上板；br. pl. —— branchial plate 膊板；dim. —— dimple 坑；bd. —— body membrane 体膜；d. —— duct of dorsal spine 背刺导管；t. —— tentorium 幕骨；post. sp. —— posterior spiracle 后气门；v. d. c. —— ventral duct cluster 腹导管群；an. st. —— anal setae 臀瓣肛毛；ant. sp. —— anterior spiracle 前气门；or. —— oral side 口端；br. —— branchia 膊背；br. c. —— branchial crater 膊陷；d. sp. —— dorsal spine 背刺；ped. —— pedicel 梗节（基节）；mr. d. c. —— marginal duct cluster 缘导管群；mt. pt. —— mouth part 口器；p. o. l. —— post oral lobe 后口突；pv. p. c. —— perivaginal pore cluster 围阴孔群

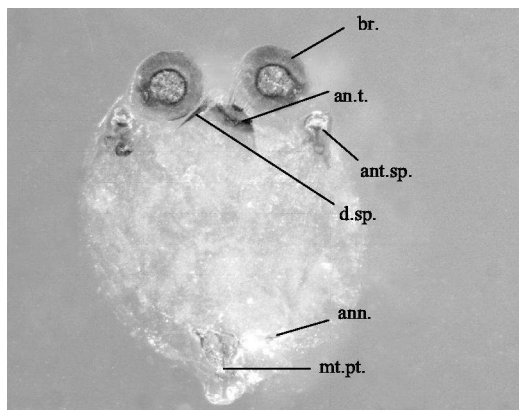


图 2.3 紫胶虫雌成虫玻片标本

ann. —— antennae 触角；an. t. —— anal tubercle 肛突；ant. sp. —— anterior spiracle 前气门；br. —— branchia 膊背；d. sp. —— dorsal spine 背刺；mt. pt. —— mouth part 口器

膊背 (branchia): 位于虫体的离口端 (aboral side, 也称尾端), 肛突和背刺前面, 一般呈棒状或筒状, 抬起或不抬起 (有柄或无柄), 膊背端部有一个扁平的、高度骨化的膊板 (branchial plate), 在膊板上有一个近圆形的凹陷, 称为膊陷 (branchial crater), 膊陷内有大量的大小不一的小坑 (dimple)。膊背的形状、大小、坑的数量是紫胶虫分类的重要指标。

肛突 (anal tubercle): 是虫体后部延长部分, 高度骨化。肛突由一个长管状的板所包被, 称为肛上板 (supra-anal plate)。肛上板平滑, 多毛, 管状。肛突顶端具有一个圈有小突起 (lobe) 构成的肛环, 在肛环上有由多根臀瓣肛毛 (anal setae) 所组成的肛环缨 (anal fringe)、肛突和肛上板的长和宽通常作为紫胶虫分类的重要特征。

背刺 (dorsal spine): 位于两个膊背和肛突的三角形区域的一个小的刺状突起称为背刺, 这是胶蚧科独一无二的特征。背刺由两个部分组成, 包括一个多毛, 高度骨化, 长的锐刺和一个短胖的基部 [或称梗节 (pedicel)], 一个腺导管从基部通过背刺开口于顶端, 背刺导管群树枝状或其他形状。

前气门 (anterior spiracle) 和后气门 (posterior spiracle): 紫胶虫有一对前气门和一对后气门。两个前气门, 位于或开口于两个膊背下方, 一般较后气门大; 两个后气门位于虫体的近口端中部, 较前气门小。前气门形状大小和距膊背的距离是紫胶虫分类常用特征。

触角 (antennae): 位于虫体近口端, 分节或不分节, 基部和顶端通常有数根刚毛。

缘导管群 (marginal duct cluster): 位于虫体中部, 通常有几十个导管群组成, 呈“S”状 (蛇形) 或其他形状, 每个导管群又由几十个导管组成, 导管群的形状和数量是紫胶虫重要的分类特征。

围阴孔群 (perivaginal pore cluster): 位于肛突基部两侧, 一般呈带状密集排列分布, 数量从每侧几个到数十个不等, 大小和分布形状不一。围阴孔群的数量和分布形状是紫胶虫常用的分类特征。

腹导管群 (ventral duct cluster): 位于虫体近口端 (口后区), 触角下方, 一般呈不规则状分布, 腹导管群的分布形状和数量可作为紫胶虫的分类特征。

2.3.3 紫胶蚧属常见种类和亚种检索表

紫胶蚧属常见种检索表 (据 Varshney, 1984 改编)

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------|
| 1. 肛突 (前肛板) 长, 延长, 长大于宽或长宽相似 | 2 |
| 肛突 (前肛板) 收缩, 宽大于长 | 10 |
| 2. 膊背明显抬起, 膊板骨化 | 3 |
| 膊板无柄 | 厄布拉清紫胶虫 <i>ebrachiata</i> |
| 3. 虫体长, 背刺较虫体的其他部分小 | 4 |
| 虫体中等, 球状, 背刺发育良好, 基部较大 | 5 |
| 4. 位于前气门下气门侧沟带或角质化痕迹很长: | |
| 前气门远离膊板 | 中华紫胶虫 <i>chinensis</i> |
| 位于前气门下气门侧沟带或角质化痕迹较短; 前气门距膊板相对较近 | 尼泊尔紫胶虫 <i>nepalensis</i> |

- 5. 刺基部轻微骨化，肛缘纓突较长 那哥里紫胶虫 *nagoliensis*
刺基部发育良好，但没有轻微骨化，肛缘纓突较短 6
- 6. 膊背抬起较低，雌虫较小 普通紫胶虫 *communis*
膊背明显抬起，雌虫较大 7
- 7. 膊板上坑的数量大于 9 个 8
膊板上坑的数量小于 9 个，通常 6 或 7 个 9
- 8. 膊板上坑的数量为 9~12 个 紫胶蚧 *lacca*
膊板上坑的数量大于 12 个 田紫胶虫 *ruralis*
- 9. 膊板凹陷直径为背刺的一半；触角末端有 4 根刚毛 印度紫胶虫 *indicola*
膊板宽为背刺的 2/3；触角末端有 3 根刚毛 张氏紫胶虫 *chamberlini*
- 10. 膊板凹陷近圆形，宽大于长，缘导管群大约 40 个 11
缘导管群 80~110 个，前气门离开膊板 云南紫胶虫 *yunnanesis*
膊板凹陷近矩形，长大于宽，缘导管群 10~15 个，前气门与膊板相连 合欢紫胶虫 *albizziae*
- 11. 膊板和肛上板的面积相近，口部附近无星状孔 12
膊板的面积小于肛上板，口部附近有星状孔 15
- 12. 膊板凹陷不在膊板中心，膊陷有开口，膊陷中的坑小而不明显 信德紫胶虫 *sindica*
膊板凹陷在大膊板中心，膊陷无开口，膊陷中的坑大而明显 13
- 13. 膊背很短（但膊板大而宽），刺的基部收缩 榕树紫胶虫 *fici*
膊背明显抬起，刺的基部不收缩 14
- 14. 膊背棒状，触角小 布拉清紫胶虫 *brancheata*
膊背圆柱形管状，膊陷中有 5 或 6 个坑，触角明显分为 3 或 4 节 普萨紫胶虫 *pusana*
- 15. 膊背几乎无柄，膊板凹陷明显，但膊陷中的坑小而不明显 爪哇紫胶虫 *javana*

紫胶蚧亚种检索表 (Varshney, 1976)

- 1. 膊背抬起较低，口部附近有孔 拟紫胶虫亚种 *ambigua*
膊背抬起较明显，口部附近无孔 2
- 2. 导管群排列紧密，围绕膊陷有较宽的角质化区域；前气门下有气门侧沟的痕迹 塔卡哈西紫胶虫亚种 *takahashii*
导管群排列紧密，有较宽的角质化区域；无气门侧沟的痕迹 3
- 3. 膊板上的坑 5~10 个；雌虫体小，13 个月完成 3 个世代 迈索尔紫胶虫亚种 *mysorensis*
膊板上的坑 9~12 个；雌虫体大，12 个月完成 2 个世代 紫胶蚧 *lacca*

2.3.4 紫胶虫的分布

记载的胶蚧科介壳虫大约有 64 种，其中胶蚧亚科有 37 种，角质蚧亚科有 27 种，主要分布于全世界的热带和南亚热带地区（表 2.2）。胶蚧科昆虫在生产上有利用价值的种类主要是胶蚧亚科、紫胶蚧属的几种紫胶虫。有生产价值的紫胶虫主要分布于印度、中国、巴基斯坦、孟加拉国、泰国、缅甸、印度尼西亚等国家的热带和南亚热带地区。