

天敌昆虫饲养 系统工程

The System Engineering for
Rearing Insect Natural Enemies

曾凡荣 陈红印 主编

Edited By Fanrong Zeng Hongyin Chen



中国农业科学技术出版社

China Agricultural Science and Technology Press

天敌昆虫饲养 系统工程

The System Engineering for
Rearing Insect Natural Enemies

曾凡荣 陈红印 主编

Edited By Fanrong Zeng Hongyin Chen

中国农业科学技术出版社
China Agricultural Science and Technology Press

图书在版编目 (CIP) 数据

天敌昆虫饲养系统工程 / 曾凡荣, 陈红印主编. —北京:
中国农业科学技术出版社, 2009. 6

ISBN 978 - 7 - 80233 - 909 - 5

I. 天… II. ①曾…②陈… III. 经济昆虫 - 饲养管理
IV. S899

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 088641 号

责任编辑 冯凌云

责任校对 贾晓红

出 版 者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010)82109704(发行部) (010)82106630(编辑室)
(010)82109703(读者服务部)

传 真 (010)82106636

网 址 <http://www.castp.cn>

经 销 者 新华书店北京发行所

印 刷 者 北京华正印刷有限公司

开 本 787 mm × 1 092 mm 1/16

印 张 19.125

字 数 450 千字

版 次 2009 年 6 月第 1 版 2009 年 6 月第 1 次印刷

定 价 100.00 元

前言

利用天敌昆虫防治害虫是生物防治的主要技术。它包括自然天敌的保护与人工增殖释放。在室内扩繁天敌昆虫种群供田间释放，是天敌昆虫商品化的重要前提，因此，天敌昆虫人工饲养繁殖技术是利用天敌昆虫必不可少的重要技术之一。我国已能成功地饲养赤眼蜂、平腹小蜂、草蛉、七星瓢虫、丽蚜小蜂、食蚜瘿蚊、小花蝽、侧沟茧蜂等捕食性和寄生性天敌昆虫，对本地优势种天敌昆虫（赤眼蜂、草蛉、平腹小蜂、瓢虫等）的规模化饲养已有一定的基础，但有关这些天敌的生物学特性、饲养技术、释放技术报道分散。目前，国际上天敌昆虫的人工繁殖技术不断革新、饲养方法不断完善。而我国天敌昆虫规范化生产还处在起步阶段，针对当前我国农业生产的精品化、无公害化发展对天敌昆虫产品有强烈的市场需求，天敌昆虫的大规模饲养和应用技术相关知识的需求也变得急迫。因此，我们邀请国内外昆虫饲养方面的专家一起编著了《天敌昆虫饲养系统工程》一书，期望对我国天敌昆虫大规模人工饲养和应用有积极的推动作用。

本书汇集了国内相关研究院所及院校相关研究人员多年的研究经验和最新研究成果。同时邀请到美国知名昆虫学家 Frank M. Davis 博士参与编著，Frank M. Davis 博士将其一生从事昆虫学研究和应用方面 40 年的知识、经验和成果毫无保留地贡献给了本书，使本书对本领域国际前沿理论与技术有较准确的把握。本书从第一章至第五章系统介绍了国内外有关昆虫大量饲养和应用的最新理论和技术，内容包括昆虫饲养关键技术、昆虫人工饲料、饲养昆虫种群质量控制、昆虫滞育和休眠在昆虫饲养中的应用以及天敌大量饲养中的遗传品质管理等；第六章至第十八章总结了天敌昆虫的大量饲养技术和成功



应用的实例，内容包括小花蝽的大量饲养与应用技术，捕食性蝽类的饲养及应用，草蛉大量饲养与应用技术，瓢虫的大量饲养与应用，赤眼蜂扩繁及应用技术，弯尾姬蜂的扩繁与应用，中华侧沟茧蜂的扩繁与应用技术，丽蚜小蜂的扩繁与应用，桨角蚜小蜂的扩繁及应用，人造卵的生产技术，平腹小蜂和小黑瓢虫的扩繁与应用技术。此书既有理论知识又有天敌昆虫饲养实例，对重要天敌昆虫的生物学特点、饲养条件、储藏、包装和运输技术、田间应用和与其他防治措施协调的技术等方面进行了系统介绍。为了增加读者饲养操作技术的直观性，本书附有大量彩图，易于技术的掌握。

由于昆虫人工饲养理论与技术发展迅速，本书编著时间仓促，书中遗漏和错误之处敬请读者批评指正。

编著者

2009年5月于北京



目 录

第一章 饲养高品质昆虫的系统工程	(1)
第一节 饲养高品质昆虫概述	(1)
一、引言	(1)
二、饲养昆虫的关键技术	(1)
三、饲养昆虫的设备	(2)
四、饲养昆虫项目规模	(2)
五、饲养昆虫项目的发展	(2)
第二节 饲养鳞翅目昆虫的关键技术和设备	(3)
一、收集昆虫卵的设备和关键技术	(3)
二、饲养幼虫的设备和关键技术	(5)
三、饲养成虫的设备和关键技术	(8)
四、昆虫病害和饲料污染管理关键技术和设备	(10)
五、质量控制	(10)
第三节 饲养赤眼蜂和草蛉的关键技术和设备	(11)
一、赤眼蜂的人工饲养	(11)
二、草蛉的人工饲养	(14)
三、结束语	(15)
参考文献	(16)
第二章 昆虫人工饲料	(18)
第一节 昆虫人工饲料研究进展	(18)
一、昆虫人工饲料研究概况	(18)
二、昆虫人工饲料研究趋势	(20)
第二节 昆虫人工饲料的分类	(23)
一、化学饲料 (Chemical diet)	(23)
二、复合饲料 (Combined diet)	(23)
三、天然饲料 (Natural diet)	(24)
第三节 昆虫人工饲料的营养要素	(24)
一、碳水化合物	(24)
二、蛋白质和氨基酸	(25)
三、脂类和固醇类	(26)
四、维生素	(26)
五、无机盐	(27)



六、天然营养物质	(27)
第四节 昆虫人工饲料的配制	(28)
一、昆虫人工饲料污染控制	(28)
二、昆虫营养平衡需求	(30)
三、人工饲料物理性状要求	(31)
四、取食刺激物质要求	(31)
参考文献	(32)
第三章 天敌昆虫饲养质量控制	(36)
第一节 天敌昆虫饲养质量控制研究进展	(36)
一、天敌昆虫饲养质量控制的意义	(36)
二、天敌昆虫饲养质量控制研究进展	(37)
第二节 天敌昆虫饲养质量控制标准	(39)
一、天敌昆虫质量控制标准制定的原则	(39)
二、天敌昆虫质量控制实例	(39)
第三节 天敌昆虫产品质量控制工作内容	(40)
一、天敌昆虫饲养质量控制相关概念	(40)
二、天敌昆虫产品质量控制考虑事项	(41)
三、天敌昆虫产品质量控制工作内容	(44)
四、天敌昆虫产品质量控制常用设备和技术	(46)
第四节 天敌昆虫产品质量控制检测技术	(46)
一、天敌昆虫产品质量检测内容和产品说明	(46)
二、天敌昆虫产品质量控制主要检测指标	(47)
三、天敌昆虫产品质量控制常规检测方法	(47)
第五节 天敌昆虫产品质量保持与种群复壮	(48)
一、天敌昆虫产品质量保持事项	(48)
二、天敌昆虫种群复壮方法	(48)
参考文献	(49)
第四章 滞育和休眠在昆虫饲养中的应用	(54)
第一节 滞育和休眠的概念及类型	(54)
一、滞育和休眠的概念	(54)
二、昆虫滞育的类型	(56)
三、昆虫滞育的阶段	(57)
第二节 休眠和滞育期间昆虫的生理生化特点	(59)
一、昆虫休眠和滞育期的生理学特点	(59)
二、昆虫滞育期的生化特点	(59)
三、滞育的机制	(61)
第三节 环境因子与昆虫的休眠和滞育	(62)
一、光周期	(62)
二、温度	(65)

三、食料对昆虫滞育诱导的影响	(68)
四、密度	(71)
五、湿度	(71)
六、昆虫休眠和滞育期水分的作用	(71)
第四节 昆虫滞育的激素调控	(72)
一、滞育激素	(73)
二、滞育进入的调控	(75)
三、滞育调控过程中的胁迫应答基因	(76)
四、滞育终止(打破滞育)的调控	(77)
第五节 昆虫滞育后生物学特性	(77)
一、滞育对昆虫活力的影响	(77)
二、昆虫滞育后生物学特性	(78)
三、影响昆虫滞育后生物学特性的因素	(78)
第六节 我国天敌昆虫生产中滞育和休眠的应用	(80)
一、捕食性天敌昆虫生产中的应用	(80)
二、寄生性天敌昆虫生产中的应用	(81)
参考文献	(82)
第五章 天敌昆虫大量饲养中的遗传品质管理	(90)
第一节 天敌品质与数量的关系	(90)
一、天敌品质与遗传的关系	(90)
二、天敌品质与数量的关系	(91)
第二节 天敌在室内饲养条件下的遗传变化	(92)
一、遗传变化的一般原理	(92)
二、室内饲养种群遗传变化的成因	(94)
三、饲养种群遗传品质变化的表现	(95)
第三节 提高天敌品质的途径和方法	(97)
一、种群建立	(97)
二、种群维持	(98)
三、种群增补或替换	(98)
四、种群改良	(99)
参考文献	(99)
第六章 小花蝽的大量饲养与应用技术	(102)
第一节 小花蝽的应用研究进展	(102)
一、小花蝽的捕食作用	(102)
二、小花蝽的人工饲养	(103)
第二节 南方小花蝽的形态特性	(105)
一、卵、若虫形态特征	(105)
二、成虫形态特征	(105)
第三节 南方小花蝽的主要生物学特征	(105)



一、南方小花蝽的年生活史	(105)
二、南方小花蝽田间发生规律	(106)
三、南方小花蝽自然种群消长的影响因子	(106)
四、南方小花蝽的生长发育影响因子	(106)
第四节 南方小花蝽人工饲养技术	(107)
一、产卵基质	(107)
二、饲养环境湿度的控制	(108)
三、饲养器具	(108)
四、饲料	(109)
参考文献	(110)
第七章 捕食性盲蝽的饲养及应用	(115)
第一节 研究进展与应用现状	(115)
一、我国捕食性盲蝽研究现状	(115)
二、国外杂食性盲蝽研究进展及现状	(116)
第二节 生物学特性	(118)
第三节 饲养、繁殖、储藏、包装和运输技术	(119)
一、饲养及繁殖技术	(119)
二、储藏、包装和运输技术	(119)
第四节 应用技术	(120)
第五节 与其他防治措施的协调	(121)
参考文献	(121)
第八章 草蛉大量饲养与应用技术	(123)
第一节 研究进展与应用现状	(123)
一、草蛉大量饲养研究概况	(123)
二、国内外应用草蛉进行生物防治概况	(124)
第二节 草蛉的生物学特性	(124)
一、形态特征	(124)
二、生物学习性	(125)
第三节 饲养条件和大量繁殖技术	(127)
一、外通草蛉的一种繁殖方法	(129)
第四节 储藏、包装和运输技术	(130)
一、储藏	(131)
二、运输	(131)
三、包装	(132)
第五节 应用技术	(132)
一、草蛉的释放	(132)
二、与释放效果有关的研究	(133)
三、释放方法的优缺点分析	(134)
第六节 与其他防治措施的协调	(135)



参考文献	(135)
第九章 瓢虫的大量饲养与应用	(138)
第一节 研究进展与应用概况	(138)
一、瓢虫生物防治应用历史	(138)
二、瓢虫的生物防治作用及潜在影响	(141)
第二节 瓢虫的生物学特性	(142)
一、基本分类学特征	(142)
二、瓢虫的生活史	(143)
三、瓢虫的取食、自残行为及天敌	(144)
第三节 瓢虫饲养条件和大量繁殖技术	(147)
一、食蚜瓢虫的饲养条件和大量繁殖技术	(148)
二、食蚧瓢虫的饲养条件和大量繁殖技术	(149)
三、食粉虱瓢虫的饲养条件和大量繁殖技术	(150)
第四节 瓢虫的储藏、包装和运输技术	(152)
一、瓢虫的储藏	(152)
二、瓢虫的收集和运送	(153)
第五节 瓢虫的应用技术	(153)
一、瓢虫的释放与定殖	(153)
二、瓢虫的主要控制对象	(154)
三、瓢虫的保护利用技术	(154)
第六节 与其他防治措施的协调	(156)
一、制约瓢虫控制害虫效果的环境因子	(156)
二、与其他措施的协调应用技术	(157)
参考文献	(157)
第十章 赤眼蜂扩繁及应用技术(大卵)	(163)
第一节 研究进展与应用现状	(163)
一、国内外利用赤眼蜂防治农林害虫的研究	(163)
二、赤眼蜂中间寄主的大规模繁殖及工厂化生产	(165)
三、赤眼蜂大规模应用	(166)
四、赤眼蜂应用前景	(166)
第二节 赤眼蜂生物学特性	(167)
一、个体发育特性	(167)
二、赤眼蜂的羽化、交尾和产卵习性	(167)
三、成虫的寿命和繁殖力与喂食蜜糖饲料的关系	(168)
第三节 饲养条件和大量繁殖技术	(168)
一、采集蜂种	(168)
二、大规模繁殖赤眼蜂的方法和技术	(169)
第四节 储藏、包装和运输技术	(172)
一、赤眼蜂储藏保存	(172)

二、赤眼蜂的包装	(174)
三、赤眼蜂的运输	(174)
第五节 赤眼蜂应用技术	(174)
一、选择优质蜂卡	(174)
二、做好虫情的预测预报	(174)
三、放蜂前的人员组织和技术培训	(174)
四、放蜂数量和放蜂点	(175)
第六节 与其他防治措施的协调	(175)
一、赤眼蜂应用注意事项	(175)
二、与其他防治措施的协调应用	(176)
参考文献	(177)
第十一章 赤眼蜂扩繁及应用技术(小卵)	(180)
第一节 概况	(180)
第二节 赤眼蜂的研究进展及应用现状	(181)
一、赤眼蜂的生物学习性	(181)
二、赤眼蜂的寄生机理	(182)
三、对寄主的寄生潜能	(183)
第三节 大量繁殖赤眼蜂的技术	(184)
一、利用米蛾卵大量繁殖赤眼蜂	(185)
二、利用麦蛾卵大量繁殖赤眼蜂	(187)
第四节 储藏、包装和运输技术	(187)
一、储藏	(189)
二、寄生卵的包装	(190)
三、寄生卵的运输	(190)
第五节 赤眼蜂的应用	(190)
第六节 与其他防治措施的协调	(191)
参考文献	(191)
第十二章 小菜蛾弯尾姬蜂标准化繁殖及其应用技术	(195)
第一节 小菜蛾及其天敌资源国内外研究进展	(195)
一、小菜蛾概述	(195)
二、小菜蛾持续治理策略	(195)
三、小菜蛾的天敌资源	(196)
第二节 小菜蛾弯尾姬蜂的主要特性	(198)
一、小菜蛾优势天敌弯尾姬蜂的经济意义	(198)
二、小菜蛾弯尾姬蜂的主要形态学	(199)
三、小菜蛾弯尾姬蜂的主要生物学	(199)
四、小菜蛾弯尾姬蜂的主要寄生行为学	(200)
第三节 小菜蛾弯尾姬蜂室内繁殖设施环境及其大量繁殖技术	(201)
一、小菜蛾弯尾姬蜂室内饲养繁殖环境设施	(201)



二、小菜蛾弯尾姬蜂室内大量繁殖技术	(202)
第四节 小菜蛾弯尾姬蜂蛹保存储藏技术	(204)
第五节 寄生蜂田间释放及应用技术	(204)
一、小菜蛾弯尾姬蜂田间释放方法	(204)
二、小菜蛾弯尾姬蜂田间应用技术	(205)
第六节 与其他防治措施的协调	(205)
一、对杀虫剂的敏感性	(205)
二、与化学农药协调应用	(206)
三、蜜源植物	(206)
参考文献	(206)
第十三章 中红侧沟茧蜂的扩繁与应用技术	(209)
第一节 概况	(209)
一、中红侧沟茧蜂的发现与命名	(209)
二、中红侧沟茧蜂的地理分布	(209)
三、中红侧沟茧蜂的寄主范围	(210)
第二节 中红侧沟茧蜂的生物学特性	(210)
一、形态特征	(210)
二、羽化、取食与交配	(211)
三、产卵与寄生	(211)
四、发育历期与成虫寿命	(212)
五、越冬与滞育	(212)
六、中红侧沟茧蜂与寄主及寄主植物关系	(213)
第三节 饲养条件和大量繁育技术	(214)
一、繁蜂寄主的选择与饲养	(214)
二、中红侧沟茧蜂蜂种的采集与室内种群建立	(215)
三、中红侧沟茧蜂群体接蜂繁育方法与工艺技术流程	(215)
第四节 中红侧沟茧蜂的储藏、包装和运输技术	(217)
一、储藏	(217)
二、包装	(217)
三、运输	(217)
第五节 中红侧沟茧蜂田间释放应用技术	(218)
一、释放时间	(218)
二、蜂茧的催化	(218)
三、释放数量及次数	(218)
四、释放的布点方式和数量	(218)
五、释放方法	(218)
六、防治效果调查	(218)
第六节 与其他技术配套	(219)
一、和赤眼蜂协作使用防治棉田棉铃虫	(219)



二、和其他措施结合防治露地辣椒田棉铃虫	(219)
参考文献	(220)
第十四章 丽蚜小蜂的扩繁与应用技术	(222)
第一节 国内外研究进展与应用现状	(222)
一、丽蚜小蜂研究现状	(222)
二、应用现状	(225)
第二节 生物学特性	(226)
一、活动与取食	(226)
二、寄生产卵	(226)
三、发育	(226)
四、寿命及生殖	(227)
第三节 饲养条件和大量繁殖技术	(227)
一、饲养条件	(227)
二、大量繁殖技术	(229)
第四节 储藏、包装和运输技术	(231)
一、储藏	(231)
二、包装	(231)
三、运输	(231)
第五节 应用技术	(231)
一、放蜂前准备工作	(231)
二、放蜂	(232)
三、防治期间的管理	(232)
第六节 与其他防治措施的协调	(232)
一、与物理防治相结合	(232)
二、与化学防治相结合	(232)
参考文献	(233)
第十五章 桨角蚜小蜂的扩繁及应用	(236)
第一节 生物学特性	(236)
一、桨角蚜小蜂寄生行为	(236)
二、温度对桨角蚜小蜂发育影响	(237)
三、寄主龄期对桨角蚜小蜂的影响	(237)
第二节 饲养条件和大量繁殖技术	(237)
一、饲养条件	(237)
二、大量繁殖技术	(239)
第三节 储藏与包装和应用技术	(241)
一、储藏与包装	(241)
二、应用技术	(241)
参考文献	(241)



第十六章 人造卵大量繁殖赤眼蜂技术	(243)
第一节 研究进展与应用现状	(243)
第二节 人造卵生产技术	(244)
一、人工饲料和配制方法	(244)
二、人造卵壳的材料	(246)
三、人造卵繁殖防止污染和连续传代繁殖技术	(246)
四、人造卵卡机的研制	(248)
第三节 储藏、包装和运输技术	(248)
一、人造卵液和人造卵蜂卡的保存技术	(248)
二、人造卵蜂卡的包装和运输	(249)
第四节 应用技术	(250)
一、机械化生产人造卵卡繁殖赤眼工艺流程示意图	(250)
二、人造卵生产赤眼蜂的技术	(250)
参考文献	(251)
第十七章 平腹小蜂的扩繁与应用	(253)
第一节 概况	(253)
第二节 生物学特性	(254)
一、平腹小蜂的形态	(254)
二、平腹小蜂的生活习性	(255)
第三节 饲养条件和大量繁殖技术	(256)
一、饲养条件	(256)
二、大量繁殖技术	(256)
第四节 储藏、包装和运输技术	(258)
一、储藏	(258)
二、包装	(258)
三、运输	(258)
第五节 应用技术	(258)
一、大田释放平腹小蜂的方法和效果调查	(258)
二、其他平腹小蜂及应用	(260)
第六节 与其他防治措施的协调	(261)
一、以农业防治为基础	(261)
二、荔枝各生长时期的病虫害协调防治	(261)
参考文献	(262)
第十八章 小黑瓢虫的扩繁与应用技术	(264)
第一节 引言	(264)
第二节 小黑瓢虫的生物学特性	(265)
一、小黑瓢虫的形态特征	(265)
二、小黑瓢虫的生物学习性	(265)
三、温度对小黑瓢虫生长发育的影响	(266)



四、湿度对小黑瓢虫生长发育的影响	(268)
第三节 小黑瓢虫的饲养条件和大量繁殖技术	(271)
一、寄主植物的培育	(271)
二、粉虱猎物的饲养	(276)
三、小黑瓢虫的大量繁育	(282)
第四节 小黑瓢虫的储藏、包装和运输技术	(283)
一、小黑瓢虫的储藏	(283)
二、小黑瓢虫成虫的耐饥能力	(284)
三、小黑瓢虫的包装和运输技术	(284)
第五节 小黑瓢虫的应用技术	(284)
一、小黑瓢虫对烟粉虱的控制作用	(284)
二、小黑瓢虫的释放应用技术	(285)
第六节 与其他防治措施的协调	(285)
参考文献	(286)



第一章 饲养高品质昆虫的系统工程

第一节 饲养高品质昆虫概述

一、引言

在饲养优质昆虫时，成功的昆虫饲养取决于每项技术的成功实施。为说明这一原则，我们把昆虫饲养比作一个“系统工程”，这个“系统工程”中9个方面或部门（图1-1）都是“系统工程”的重要部分。这个“系统工程”的中心则是“生产部门”，因为该部门直接负责生产昆虫。“系统工程”的其他部门则对生产系统是否能成功生产优质昆虫产生很大的影响。例如，“微生物管理”部门必须正常运行，以防止昆虫感染病害，或者避免由于饲料的污染而产生劣质的昆虫。当这个“系统工程”的某一个部门不能正常工作时，就必须将该部门暂时停业整顿，待问题解决后再恢复该部门在这个“系统工程”中的职责。该系统中的管理人员每年都需要抽出一定的时间仔细分析饲养流程，以保证所有部门都正常运行。如果其中的一个部门不能正常工作，解决问题的最佳时间应选择在生产不太忙的时候，这时也是生产新设备和开发新技术的最好时机。一个昆虫饲养项目的建立就是努力建立一个整体系统，以单虫的最低成本及时生产足够的优质昆虫。这就需要改进技术和创新使用设备来满足饲养不同昆虫的需要。

经验表明，解决问题的最好办法是采用团队中科学家合作的方式。团队往往包括设施的管理人员和不同领域的专家，这样有利于解决问题。例如，如果设计和制造一种特殊的设备，在团队里，一定需要拥有机械设计技能方面的人才。有时，团队也会寻求外界专家的帮助，来解决特殊的昆虫饲养问题。

二、饲养昆虫的关键技术

昆虫饲养的关键技术（标准操作方法和程序）是很多昆虫饲养项目的基础。研发关键技术需要：①明确的目标；②技术的研发；③技术的测试（试验），关键技术必须遵守制定的目标，同时对饲养的昆虫又不会造成不良的影响；④对实施这项工作的工作人员进行培训；⑤定期监测确保关键技术正确实施。昆虫饲养者需要详细资料介绍以上关键技术，以下第二和第三节将解释关键技术的重要性和目标，并且包括实施这些关键技术的具体步骤和怎样检验运用这些关键技术的办法。



三、饲养昆虫的设备

昆虫饲养需要各种不同的饲养设备。有些设备可以从公司购买，有些购买的设备应当加以改进，以提高饲养昆虫的效率，另外一些特殊的设备需要有关饲养工作人员自己设计和制造。无论是购买还是自己设计制造的设备要遵循以下原则：仔细明确该设备的用途；改进或重新设计制造来完成昆虫饲养任务；这些设备必须满足的条件是不对昆虫造成伤害或不良影响；同时以上的这些设备必须操作安全、方便、高效、经久耐用（故障率最小）、容易清洁、消毒和维修；当然，费用也要合理。

四、饲养昆虫项目规模

昆虫饲养的规模分为三类：①小规模（每周生产上百头昆虫成虫）。②中型规模（每周生产上千头昆虫成虫）。③大规模（每周生产百万头以上昆虫成虫）。此外，不同的饲养项目所饲养的昆虫种群数有差异。有的饲养项目和设施仅饲养一种昆虫，例如，家畜螺旋蝇 *Cochliomyia hominivorax* 幼虫，另外一些项目和设备需要饲养多种昆虫，例如，有些私人拥有和公有的机构饲养多种生防天敌昆虫。不论饲养项目规模的大小，饲养的关键技术即标准操作方法（SOPs）都是相同的。例如，饲养关键技术中保持设备清洁和消毒灭菌的条件大致相同。但是，不同规模的饲养项目设备的利用率差别很大。通常小型饲养项目的饲养设备，还可以用于实验室其他的用途，并且可以在当地购买。例如，准备少量人工饲料的电热板 and 小型电动搅拌机（图 1-2）。中等规模项目可以购买一些需要的设备，但有一些特殊设备必须由工作人员和团队成员设计及制造。

下面举个例子，介绍一种改进的昆虫饲养设备，其用途是专门往饲养杯里注入人工饲料，在人工饲料上撒上一层玉米碴，再加入鳞翅目的初孵幼虫，随后这种设备将饲养杯自动封口，并放置在装饲料杯的盘中（图 1-3）（Edwards 等，1996）。大规模的项目经常需要专门设计和制造有关的饲养设备。这些大的项目通常有研发团队持续不断地解决饲养问题，如研制新的设备。举例来说，在美国亚利桑那州凤凰城，棉红铃虫 *Pectinophora gossypiella* 饲养中心，用双螺杆挤压设备，持续不断地生产人工饲料用于饲养棉红铃虫的幼虫（图 1-4）。这种设备工作的过程，包括混合，蒸煮，捏合，剪切，成型，最后形成人工饲料。该设备还可以应用于食品工业。

五、饲养昆虫项目的发展

如前所述，昆虫饲养项目在不断发展。许多昆虫饲养项目开始时规模较小，逐渐发展到中等规模，有时甚至发展到大规模项目。随着时间的推移，有些项目加入一些新的饲养对象。因为这些变化的需要，新的技术和设备也逐步发展来解决饲养中的问题，以满足这些变化，达到项目制定的目标。这种优化的过程大大提高了饲养效率（例如，降低了每头昆虫饲养的成本），增加了昆虫生产能力和质量。我们应当鼓励养虫室的主管和工作人员不断提高饲养效率和生产高质量的昆虫。