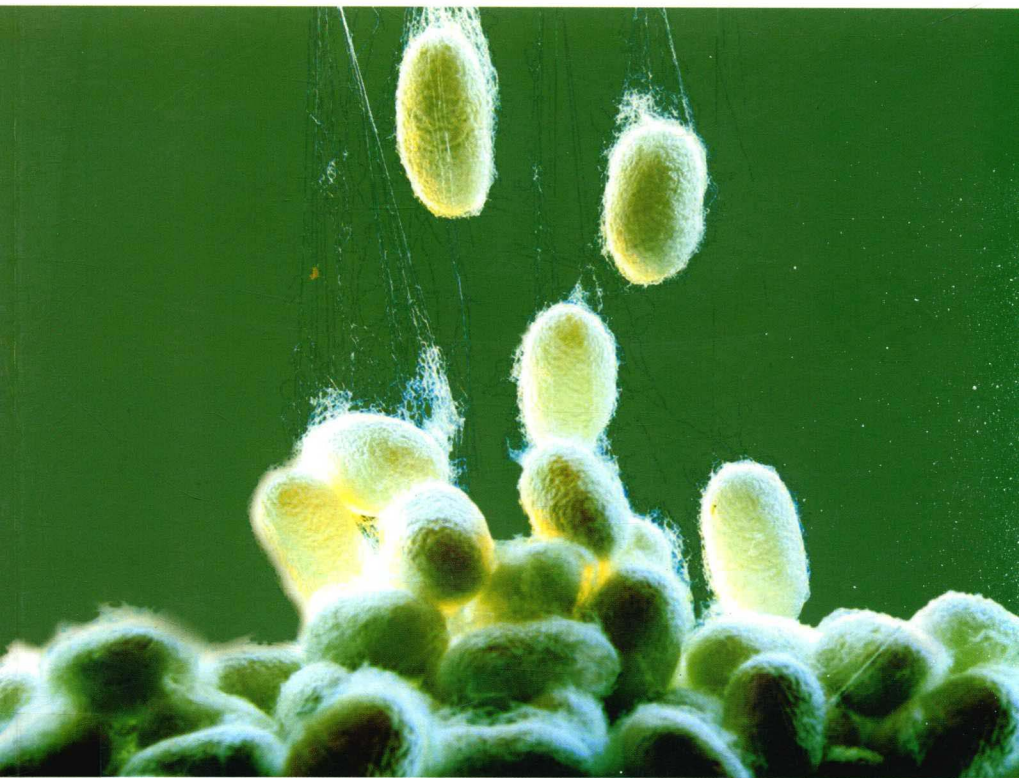


悉生蚕的培育 及其在实验动物科学中的应用

随着国民经济的迅速发展，内生转型已成为蚕业发展的必然趋势。

王荫槐 孙海源◎编著



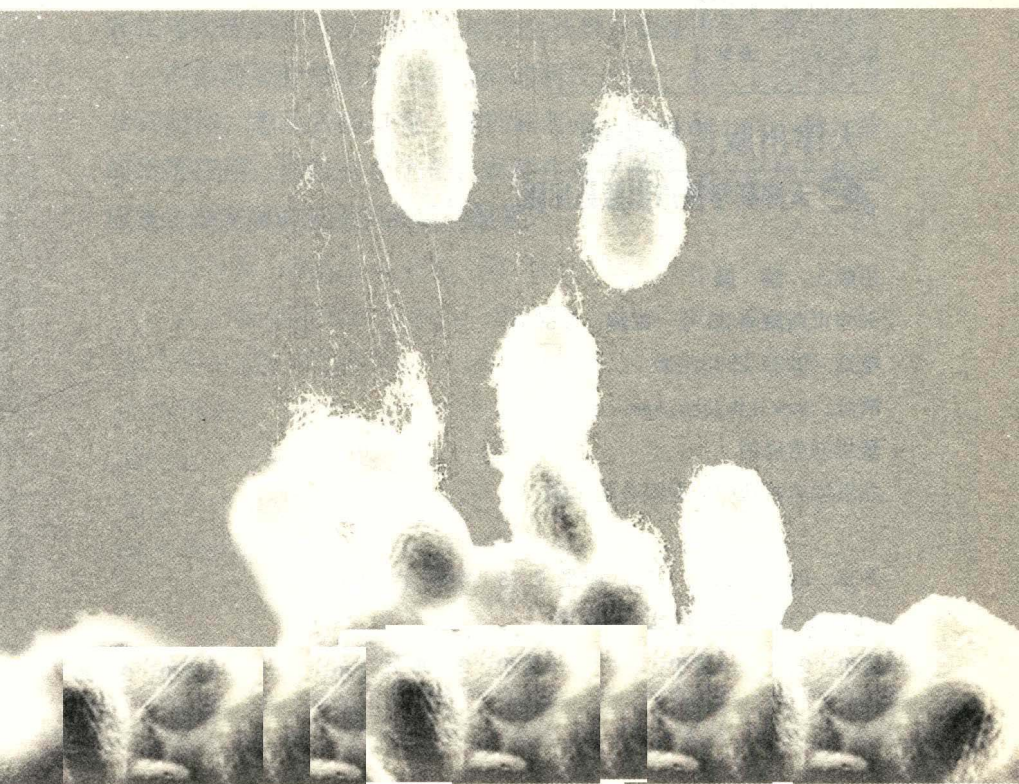
天津出版传媒集团

 天津科学技术出版社

悉生蚕的培育

及其在实验动物科学中的应用

王荫槐 孙海源◎编著



天津出版传媒集团

天津科学技术出版社

图书在版编目 (cip) 数据

悉生蚕的培育及其在实验动物科学中的应用 / 王荫槐, 孙海源编著. —
天津: 天津科学技术出版社, 2013. 8

ISBN 978-7-5308-8323-5

I. ①悉… II. ①王… ②孙… III. ①养蚕 IV. ①S883

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 222653 号

责任编辑: 刘 磊

责任印制: 张军利

版式设计: 谭紫实

天津出版传媒集团

 天津科学技术出版社出版

出版人: 蔡 颢

天津市西康路 35 号 邮编: 300051

电话 (022) 23332400

网址: www.tjkjcs.com.cn

新华书店经销

北京华忠兴业印刷有限公司印刷

开本 880×1230 1/32 印张 7.75 字数 170 000

2013 年 12 月第 1 版第 1 次印刷

定价: 26.00 元

· 内容简介 ·

唯有走全年、人工饲料、无菌化育蚕之路，才能正真正实现家蚕的实动物化。只有蚕的实验动物化才能扩大蚕的传统用途，并在现代转基因工程、生物反应发生器研发领域占有一席之地。

本书简要介绍了蚕人工饲料的研发过程，蚕人工饲料配方及其制作，悉生蚕的培育、养饲和管理，蚕、蛹、丝、蛾、沙的传统应用，而重点在于蚕、蛹等在现代转基因工程及生物反应发生器方面的应用和展现的前景。

前言!

中国具有 5000 多年育蚕和用丝的悠久历史，曾通过丝绸之路传播世界，促进了东西方文明的交融，为世界文明发展作出了巨大的贡献。时至今日，中国依旧保持着世界丝绸贸易中心的地位。但我们必须清醒地认识到此殊荣是以相对落后的生产方式获得的，中国的蚕农付出了很大的艰辛，作出了巨大的贡献。

改革开放以来，全国各领域的生产方式发生了很大的变化，取得了瞩目的成就。目前，传统的蚕业生产已不适应社会经济发展的需求，内生转型动力已成为蚕业发展的必然趋势。

要扩展蚕业的应用范围，提高蚕业的使用价值，就必须改变传统的饲育和应用模式。未来蚕的饲育模式应是科技含量高，知识密集的“全年、人工饲料、无菌、工业化的生产模式”。蚕将由产丝织绸的单一产业向饮食、化妆、保健、医药、农药、生物反应发生器、基因工程等高科技多用途扩展，以低投入、高产出换取高收益，使传统的蚕业成为名副其实的朝阳产业。

本书简要介绍蚕人工饲料的发展史；蚕人工饲料的配方与制作；悉生蚕的培育、饲养与管理；蚕、蛹、丝、蛾和蚕沙的应用，最后两章也是本书的重点，介绍生物反应发生器与转基因工程原理，以及生物反应发生器与转基因工程在农业、医药、食品等领域中的应用与展望。

本书在编写过程中曾得益于汪慧、李一浩、张阔、杨国权

等老师的大力帮助，特表衷心的感谢！

本书中的观点、论述难免有误，敬请读者提出批评指正。

编著者

2013.4.

· 目录 ·

第一章 绪论 / 1

第一节	中国蚕丝业对人类文明的贡献	1
第二节	传统育蚕方式的历史性变革	4
第三节	育蚕技术方法的进展	6
第四节	国内人工饲料育蚕的概况	8
第五节	国内人工饲料育蚕的发展趋势	10
第六节	蚕业科学与实验动物科学	11

第二章 蚕的生物学特性 / 16

第一节	蚕的生活史	16
第二节	蚕各发育阶段的外部形态结构	17
第三节	蚕的内部器官及功能	21
第四节	蚕的生活习性	29
第五节	蚕与环境	32

第三章 蚕的营养与人工饲料的研发 / 36

第一节	营养素	36
-----	-----------	----

第二节	蚕摄食机理的研究及人工饲料的问世	41
第三节	蚕人工饲料配方的设计	46
第四节	人工饲料成分检测和试育实验	50

第四章 蚕的人工饲料配方 / 52

第一节	蚕饲料原料的成分与选择	52
第二节	普通蚕的人工饲料配方	56
第三节	实验研究用蚕的人工饲料配方	67
第四节	低成本蚕的人工饲料配方	69
第五节	GF 蚕的人工饲料配方	74
第六节	其他蚕的人工饲料配方	77
第七节	目前国内研制试用推广的蚕人工饲料概况	80

第五章 无生物体 (GF) 蚕的饲育管理 / 82

第一节	对 GF 蚕饲育管理人员的要求和培训	82
第二节	蚕的药物净化准备	83
第三节	实验蚕的药物净化	91
第四节	GF 蚕的饲育	93
第五节	GF 蚕的应用	98

第六章 无特定病原体 (SPF) 蚕的饲养管理 / 101

第一节	对 SPF 蚕饲养管理人员的要求与培训	102
第二节	SPF 蚕饲育屏障设施系统	103
第三节	SPF 蚕的饲养管理	107

第四节	SPF 蚕屏障设施系统维持的限度	112
第五节	SPF 蚕及屏障的生物监测	113
第六节	GF 和 SPF 蚕饲育总结	113

第七章 实验蚕及蛹的一般开发应用 / 116

第一节	蚕的一般开发应用	116
第二节	蚕蛹的一般开发应用	131

第八章 蚕丝、蚕蛾、蚕沙的开发应用 / 139

第一节	蚕丝的性质与开发应用	139
第二节	蚕蛾的开发应用	149
第三节	蚕沙的开发应用	153

第九章 家蚕生物反应器——家蚕的基因工程 / 157

第一节	家蚕基因工程表达系统	157
第二节	家蚕转基因工程方法	158
第三节	杆状病毒表达载体系统的原理与构建	161
第四节	家蚕 BmNPV 表达载体系统存在的问题， 研究进展与展望	168

第十章 家蚕生物反应器—— 家蚕基因工程的应用与前景 / 174

第一节	在家蚕养殖业与品种改良方面的应用	174
-----	------------------------	-----

第二节	在饲料和食品加工工业生产方面的应用	177
第三节	在农药和杀虫剂方面的应用	179
第四节	在兽药方面的应用	185
第五节	在医药生产方面的应用	188

参考文献.....	209
-----------	-----

第一节 中国蚕丝业对人类文明的贡献

一、我国蚕丝业发展的简单回顾

中国有着悠久的蚕丝文化，曾给人类文明作出了巨大的贡献。据周匡明先生对浙江余姚河姆渡、钱山漾遗址发掘出的骨盅、骨针和简陋的纺织工具的研究指出：早在七千多年前的原始社会，我们的先民已掌握破茧食蛹、采茧用丝技术，至迟在五千年前蚕的家养时代就已开始，荀卿（公元前313—238）的“蚕赋”中已正确叙述了蚕的生理特性及蚕的饲养方法。这个开始不是古人推崇的传奇人物“嫫祖”的发明，而是远古先民们在长期与自然斗争求生存中智慧积累的硕果。

从殷墟出土的甲骨文中就有蚕、桑、绢丝的文字记载，形象质朴而优美，见（图1-1）。春秋战国时期已有很完备的蚕室、蚕架、蚕箔和盛桑器具等养蚕设备。汉朝马王堆一号汉墓发掘的锦被、刺绣、帛画等证明巢丝纺织和印染业已十分发达，并认识到蚕的品种对出丝率的影响，开始选育优良蚕种。

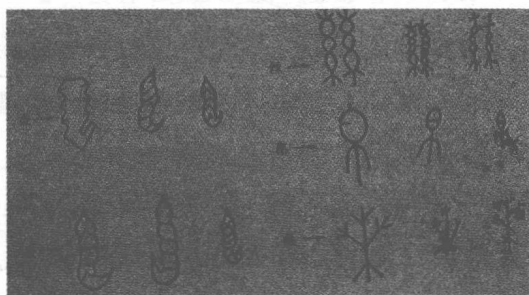


图 1-1 甲骨文

明代蚕农在养蚕过程中注意到蚕的不同品种间杂交能给茧丝带来增产，并广泛用于生产。宋应星（1637 年）总结当时的养蚕成就，在他的“天工开物”中就已描述了二化性与多化性品种间杂交后的杂种优势现象，此论点比西方学者提出的相同论述早 200 多年。

明末清初，我国的育蚕、缫丝、纺织，印染技术和丝绸的出口贸易，一直处于世界之首。17~18 世纪欧洲和 19 世纪日本资本主义的兴起，使蚕丝业技术突破了传统经验的局限，步入近代实验科学的时代。意大利和日本在蚕丝业生产和研究上相继超过中国。

新中国成立后我国蚕丝业在政府的大力扶植下，蚕业科学教育获得了长足的进步，生产得到了迅速发展，由 50 年代平均茧产量仅 6.57 吨到 1990 年平均蚕茧产量达 57.85 吨。2005 年生丝、丝绸出口量分别占国际贸易总量的 90% 和 70%。经过 100 多年曲折历程，中国又恢复了世界蚕丝生产贸易中心的地位。然而，我国的蚕丝科学技术和西方发达国家及邻国日本相比还有较大的差距，见（表 1—1）。我们必须在栽桑、育蚕上加大科技投入，在育蚕的各个环节上更科学的规范，扩大蚕在其他领域特别是高新生物技术上的应用，在巢丝、纺织、印染等工艺上不断创新，使我国的蚕丝业，均能处于世界领先地位。

表 1-1 中日两国蚕丝生产效率的比较

比较内容	中国（2002）	日本国（1980）
生产 1 Kg 茧所需劳动力	5 h	2.3~1.6 h
每合蚕种生产的蚕茧量	25~30 Kg	35~40 Kg
蚕茧出丝率	12%~13%	18%~20%

二、中国蚕丝业对世界的贡献

我国从公元前三世纪开始络绎不绝地把丝绸制品、养蚕技术、茶叶和瓷器通过陆上和海上丝绸之路传播到东西方诸国，与此同时，也把国外音乐、佛教、医药、天文学等输入中国，促进了东西方文明的交融和发展。“陆路丝绸之路”可分三条，一条北路则由西安出发经敦煌、库车、喀什、马尔罕到西亚和欧洲。另一条南路则由西安出发经敦煌、若羌、和田、莎东县、帕米尔到阿富汗、波斯、意大利、费尔干纳。第三条则由西安经咸阳、成都、大理、缅甸到印度等地。“海上丝绸之路”一条则由广东徐闻出发、经北部湾、暹罗湾南下到马来西亚、缅甸和斯里兰卡等地。另一条分别由山东登州和浙江宁波出发，东至朝鲜和日本。蚕丝业技术伴随着丝绸之路把华夏文明输送到外国，繁荣了经济，促进了当地生产力的发展。

十八、十九世纪，西方工业革命的兴起，新的科学技术成果迅速在蚕丝业方面得到推广应用，大大促进了蚕丝业的迅速发展，意大利和法国的蚕丝业一度超过中国。明治维新后的日本国积极向西方学习，至20世纪初日本在丝绸贸易和养蚕技术方面均超过西方处于世界领先地位。随着第二次世界大战爆发的影响，世界蚕丝业开始走向低谷。战后工业的迅速发展，以及化学纤维的问世，取代了部分天然纤维，发达国家的蚕丝业开始出现萎缩。与之相反，发展中国家如中国、印度和巴西却获得了较大的发展，成为世界主要蚕丝业生产国，但在蚕丝业科学技术的研究上，与发达国家相比尚有较大的差距。

第二节 传统育蚕方式的历史性变革

家蚕是以桑叶为食的窄食性昆虫，除桑田经常受干旱、水涝、病虫害的侵袭而减产外，蚕也经常面临气候变化及蚕病的威胁，这两种不确定因素严重威胁着蚕丝业生产安全，从而影响蚕农的收入，也影响蚕业和纺织业的发展。随着科学技术的发展，受相关食植物性昆虫的人工饲养成功启迪，可否也用人工饲料代替桑叶育蚕呢？蚕除了吃桑叶外，难道什么都不吃吗？人们带着这种质朴的厚望，开始了人工饲料育蚕的试验性探索。

一、日本人早期对蚕摄食机理的探索

早期人们尝试用多种植物叶饲养蚕，遭大部分蚕拒绝，小部分虽能摄取一些莴苣、蒲公英等植物叶子，结果不是营养不良便是患消化障碍消瘦死亡，勉强成活的也难完成变态结茧，结果试验未获成功。

日本人浜村保次等用冷乙醇从鲜桑叶中提取可溶性物质，把这种物质放置在滤纸上，意外发现分散的蚕溴到这种气味纷纷向可溶性物质处聚集，并仰起头左右摆动寻找食物，这种能引诱蚕聚集的物质后被称为诱导物质。当在滤纸中再添加用热甲醇从桑叶残渣中提取的可溶物时，蚕不仅聚集，并开始出现咬食动作，然而被咬食下的物质并没有咽下，这种只引起咬食动作的物质后被称为咬食物质。如果把上述两种物质与桑叶提取残渣混合，制成琼脂平板，散在周围的蚕不仅会迅速向混合物处聚集、并呈现咬食和吞咽反应。能引起蚕吞咽反应的物质被称为吞咽物质。在浜村保次领导下的科研组，终于发现蚕的三种摄食诱导物质，人类首次阐明了蚕食桑机理，揭开了蚕摄

食桑叶的千古之迷。为进一步研究开发实用型人工饲料奠定了理论基础。蚕摄食机理的解析,轰动了当时的蚕丝业界,吸引了一批又一批热衷于蚕丝业研究的专家学者,纷纷投入蚕的食性、营养需求、饲料配方、饲料的理化性状及其防腐剂等方面的研究开发。诱导物质的化学成分也陆续被确定,目前已证明诱食物质是一类挥发性物质,有使蚕趋食作用,这类物质包括 β -己烯醇、 γ -己烯醇、 α -己烯酸、 β -己烯醛、柠檬醛、里哪醇、里哪醇醋酸酯等,其中以柠檬醛和里哪醇的作用最强。咬食物质包括 β -谷甾醇、异槲皮苷和桑黄素等物质。吞咽物质主要是纤维素、蔗糖、肌醇、磷酸盐、硅酸盐、绿原酸和维生素 C 等。作为蚕人工饲料,除诱导物质外,还需要营养物质,包括蛋白质、碳水化合物、脂质、维生素混合物和无机盐;生长促进物质、包括氯化胆碱、甘油酯酸和没食子酸等。

二、完成初期蚕的人工饲料育研究

1960 年,福田纪文等首先报导用人工饲料育蚕完成一个世代;同年,伊藤也用人工饲料育蚕获得了蚕茧。1962 年福田制作了含有桑叶粉的人工饲料,而浜村和伊藤等根据蚕的摄食机理,研究配制了不含桑叶粉的人工饲料,把人工饲料育蚕技术的研究向实用化推进了一步。与此同时,浜村等将各种摄食诱起物质、营养成分和生长促进物质配制成 M0-1 号、M0-3 号和含 15% 桑叶粉的 M15-1 号人工饲料配方。使当时的人工饲料育蚕水平接近桑叶育蚕。浜村、福田和伊藤为首的三个研究组,共同奠定了蚕的人工饲料育研究基础。为以后研发各种不同的人工饲料、饲料调制工艺、人工饲育环境调控、食人工饲料蚕的生理病理、广食性蚕的培育、人工饲育蚕机械化和无

菌人工饲料育蚕铺平了道路。

1970 年前后日本完成了人工饲料育蚕的实用技术研究，完成了人工饲料的工厂化生产，并开始在农村推广稚蚕人工饲料育和大蚕桑叶育。80 年代后稚蚕人工饲料育的普及率达 45.6%。然而，饲料成本过高一直是推广人工饲料育的瓶颈，真野等人培育成功的广食性蚕新品种和低成本人工饲料的开发利用，在日本有力地推动了蚕的人工饲料育，蚕的人工饲料育由 2 龄延至 3 龄甚至 4 龄，并建立了所谓的“一周养蚕法”技术体系。

第三节 育蚕技术方法的进展

蚕的饲育史，基本可分成三个阶段。第一阶是用桑叶饲育的时代，这一阶段经历了数千年之久。第二阶段是蚕的人工饲料的时代，是一次育蚕的历史性变革，有力的推动着蚕业的发展。第三阶段是在蚕体生物栖息体实行严格控制下，屏障设施内进行的全年、无菌、全年、工业化育蚕。这种已知生物栖息体的蚕，在实验动物科学领域被称作悉生蚕，它在药品、生物制品、生物农药和高新生物技术方面有着广泛的用途。

一、传统的桑叶育蚕

传统的一家一户、季节性、地域性蚕业生产历经数千年历史，为人类文明发展作出了巨大的贡献。二次世界大战后，传统的蚕业生产，因其抗风险能力薄弱、生产水平低下，蚕农生活难于改善，相反，随着战后工业经济的迅速复苏，蚕农弃蚕从工从商，传统的养蚕业逐渐走向萎缩。

二、蚕的人工饲料育

经济科学技术的发展催生了人工饲料育蚕技术的诞生，它克服了地域性、季节性蚕业生产力的不足，以人工饲料替代桑叶育蚕，有力地推动着蚕业向现代化迈进。但在人工饲料配比中，桑叶粉仍占有 30%~40%，在桑叶干燥粉碎等处理过程中，某些有效成分特别是一些活性酶遭到破坏或失去活性，引发蚕、蛹、蛾体内生物栖息体失去平衡，蚕体抗病力下降，产丝量减少威胁着蚕业生产的持续健康发展。防腐剂或抗菌素的添加虽能缓解蚕病的发生，但无法挽救蚕体抗病力下降，人们面临着寻找新的育蚕技术以替代现有育蚕技术。

三、蚕的全年、无菌、人工饲料、工厂化育蚕的出现

松原藤好等为防止疫病给蚕业造成的危害、提高饲料利用率、减轻劳动强度、减少育蚕对环境的污染、提高育蚕质量。从上世纪 60 年代开始从事人工饲料无菌育蚕技术研究。历经 30 余年的潜心研究改进，无菌饲料育蚕技术已走出实验室迈向实用化。松原藤好等开创的全年、无菌、人工饲料、工厂化育蚕技术，真正完成了高效、循环、省力化蚕业生产。饲育 10 盒种蚕，全部劳动时间只需 57 h，全年循环育蚕可达 36 批次，且无需防疫也不会受病虫害侵袭，不受季节性和地域性限制，可在任何地方，任何季节进行工厂化生产。无菌育蚕有利于集约化，机械化生产，有利于环境保护和蚕品的综合利用。无菌育蚕产生的蚕丝具有纤细、结白、有光泽和易染色等优点。由于蚕的无菌饲育，应用机械化生产，降低了蚕业生产的劳动强度，还大大提升生产力，也扩大了蚕作为实验动物的应用范围。不仅可用于一般的科学实验，