

全国高等农业院校教学参考书



蚕学专业用

蚕桑综合利用

黄自然 主编

农业出版社

全国高等农业院校教学参考书

蚕桑综合利用

黄自然 主编

蚕学专业用

农业出版社

内 容 提 要

在种桑养蚕、制种和缫丝、织绸过程中有大量的蚕沙、蚕蛹、蚕蛾、废茧丝及桑枝、桑椹等副产物可供进一步加工利用。本书对蚕桑副产物的成分、加工原理和方法、产品质量标准及用途等进行了翔实的介绍，并对蚕沙提取叶绿素、果胶，蚕蛹生产蛹油、蛋白质及氨基酸，蚕蛾制酒，废茧丝加工长吐、滞头及丝棉，桑枝（皮）造纸及纤维板，以及桑椹饮料的加工工艺及生产的关键技术作了重点介绍。

本书总结建国以来我国蚕桑综合利用的科研成果、生产经验，探讨了产品开发前景。可作蚕学专业的参考教材。对从事蚕桑及农副产品加工、化工、医药等行业的工人、技术人员也有参考价值。

编 著 者 名 单

主编 黄自然 (华南农业大学)
编者 朱祥瑞 (浙江农业大学)
纪平雄 (华南农业大学)
主审 吴载德 (浙江农业大学)
审稿 谭智达 (山东省蚕业科学研究所)



前 言

建国40年来,我国蚕丝业生产有很大发展,蚕茧产量跃居世界首位。在种桑、养蚕、制种和缫丝过程有大量的蚕沙、蚕蛹、蚕蛾、废丝及桑枝、桑椹等副产物可供进一步加工利用。由于发展生产的需要,多年来我国的科研、教学及生产部门以及广大群众为发展蚕桑综合利用开展了一系列的科学实验和生产实践,积累了丰富的经验,在蚕沙生产叶绿素及其衍生物,蚕蛹提取蛹油、蛹蛋白及氨基酸,蚕蛾制酒及桑皮纸、桑椹饮料等方面已形成一定规模的生产力,取得较好的经济效益和社会效益。

蚕桑综合利用的发展除本身的经济效益外又可降低蚕业生产成本,促进城乡集体和个体企业的生产,增加劳动就业机会,提供出口创汇的产品,有广阔的开发前景。

《蚕桑综合利用》是一门应用技术学科,是蚕学专业的必选课程之一。因此,要求在讲授本课程时要努力学习马列主义和毛泽东思想,运用唯物辩证的观点,注重理论联系实际的原则,总结国内外的先进科技成果,特别是我国发展蚕桑综合利用中具有社会主义特色的宝贵经验,以期取得良好的教学效果。

本教材是根据农业部全国高等农业院校教材指导委员会1988年下达任务编写的。由华南农业大学黄自然教授主编,浙江农业大学朱祥瑞及华南农业大学纪平雄参加编写工作。主要分工是由纪平雄编写第一章蚕沙综合利用;朱祥瑞编写第三章蚕蛹综合利用及第五章茧丝综合利用。其余由黄自然编写并对全书进行统稿整理。

本教材由浙江农业大学蚕学系吴载德教授主审,山东省蚕业研究所所长谭智达高级农艺师参加审稿。1990年3月在杭州召开审稿会议审定通过。在本书编审过程中先后将教学大纲及部分章节送给农业部农业局刘峤副处长,西南农业大学向仲怀教授,沈阳农业大学冯绳祖副教授,山东农学院刘理训讲师及中国农业科学院蚕业研究所钟建武同志征求意见并得到他们热诚的帮助和指点。对此表示衷心的感谢。在书稿修改过程中予以充分的重视和作了必要的更改或补充。

本书还得到许多工厂及研究单位的同志们的支持和关怀,热诚地提供宝贵的经验和资料,在此再次表示谢意!

由于我们的水平所限,书中的错误在所难免,竭诚地欢迎读者批评指正。

编著者谨识

1990年11月

目 录

绪论	1
第一章 蚕沙综合利用	4
第一节 蚕沙综合利用概述	4
第二节 蚕沙提取糊状叶绿素	5
第三节 蚕沙制备叶绿素铜(铁、钴)钠盐	12
第四节 蚕沙提取果胶	15
第五节 蚕沙分离胡萝卜素、植物醇和三十烷醇	18
第二章 蚕蛹综合利用	25
第一节 蚕蛹综合利用概述	25
第二节 蚕蛹油的生产	26
第三节 蛹油的加工和利用	30
第四节 蚕蛹蛋白的提取	38
第五节 蚕蛹制备氨基酸	44
第六节 蚕蛹蛋白在发酵工业上的应用	55
第七节 蚕蛹核酸的提取	60
第八节 蚕蛹甲壳质的提取	64
第三章 蚕蛾综合利用	67
第一节 蚕蛾综合利用概述	67
第二节 雄蚕蛾酒的生产	67
第三节 蚕蛹、蛾的药用价值	71
第四章 茧丝综合利用	73
第一节 茧丝综合利用概述	73
第二节 丝胶的加工和氨基酸制备	75
第三节 缫丝厂下脚料的加工	78
第四节 绢纺厂废水处理及废料的利用	84
第五章 桑的综合利用	88
第一节 桑的综合利用概述	88
第二节 桑皮制人造棉	90
第三节 桑枝制造粘胶丝	93
第四节 桑皮纸的生产	96
第五节 桑枝制纤维板	99
第六节 桑枝木屑栽培食用菌	101
第六章 桑椹综合利用	105
第一节 桑椹综合利用概述	105
第二节 桑椹制果酱	107
第三节 桑椹酒的生产	109
第四节 桑椹饮料	111

结 论

工农业生产的发展，迫切要求农产品加工和资源综合利用工作迅速地发展起来，满足轻纺工业需要的原料和城乡人民生活 and 对外贸易的需要，要求从农副产品综合利用中开辟新的资源，逐步实现科学化管理，提高劳动生产率，节约活化劳动和物化劳动，用最少劳动取得最多的物质财富。

发展农副产品加工一条龙和各种资源综合利用，有利于实现改革开放政策的实施。应该认识到这决不是一般的业务技术问题，是人们在更大程度上控制自然和征服自然的问题，要解决这个问题，人们对资源综合利用就必须具有深刻的认识和高度的自觉，就必须展开一系列的紧张劳动，积极工作，艰苦奋斗。要在这方面积极改善生产关系和上层建筑，调动一切积极因素，实现生产力和经济持续、稳定、协调地发展的要求。

所谓综合利用就是通过一条龙的加工，对家生、野生植物的籽、皮、壳、叶、茎、根、花、果、汁，对家生、野生动物的肉、皮、毛、骨、角、血、脏、杂进行有效的、合理的综合利用，变无用为有用，变小用为大用，变一用为多用，提高副产品的经济价值，增加社会财富。

蚕业资源的综合利用是在大力发展蚕桑生产的基础上发展起来的，蚕桑生产过程中，桑叶喂蚕，蚕茧缂丝，生丝织造绸缎及衣物才能成为商品。在这一过程中尚有大宗的下脚物如蚕沙、蚕蛹、蚕蛾、桑枝（皮）及桑椹，还有废丝等，如加以综合利用，可以取得经济利益和社会效益，从而降低蚕桑茧丝的生产成本，对促进蚕桑生产有一定的作用。从全国产茧300kt的水平推算，理论上应有1Mt蚕沙，200kt蚕蛹，4800kt桑枝可供利用，资源是丰富的。此外，柞蚕、蓖麻蚕的副产物的综合利用已日益受到重视。因此，蚕业资源的综合利用是建立在丰富资源的基础上的，它的产值可以和生丝媲美。

目前，我国蚕桑生产劳动效率较低，生产成本较高，但生产上仍未能满足人们生活及出口的需要。发展蚕业资源综合利用既可合理地、有效地利用大宗的资源，创造更多的财富，降低蚕桑生产成本，增加社会效益。我国是社会主义国家，要实行技术革命，要在资源综合利用方面发挥社会主义的优越性，对开展综合利用给予一定的优惠政策，要贯彻执行依靠科学技术，推广综合利用的科技成果，动员和组织科技人员到生产第一线，加强对农民的科技培训，对农用工业所需的物资、资金、能源和动力，优先予以保证。虽然，我国目前在蚕桑综合利用方面的水平尚有待提高，但亦积累了许多行之有效具有中国特色的经验。应该在自力更生的基础上，加强研究与开发，吸取国内外各行业的成果，引入消化新兴科技成果。如生物技术的发展，利用蚕作为生物化工厂，生产干扰素等珍稀产品，将会推动和扩大蚕业科技的发展。一些资本主义国家对蚕业资源综合利用有过一系列的研究，但由于未能满足垄断资本家攫取高额利润的要求而得不到长足发展。同时又掠夺剥削发展中国家的资源，利用其工业发达的优势，以图垄断国际市场，获取更大的利益。但是资本主义的争夺必然会越演越烈。

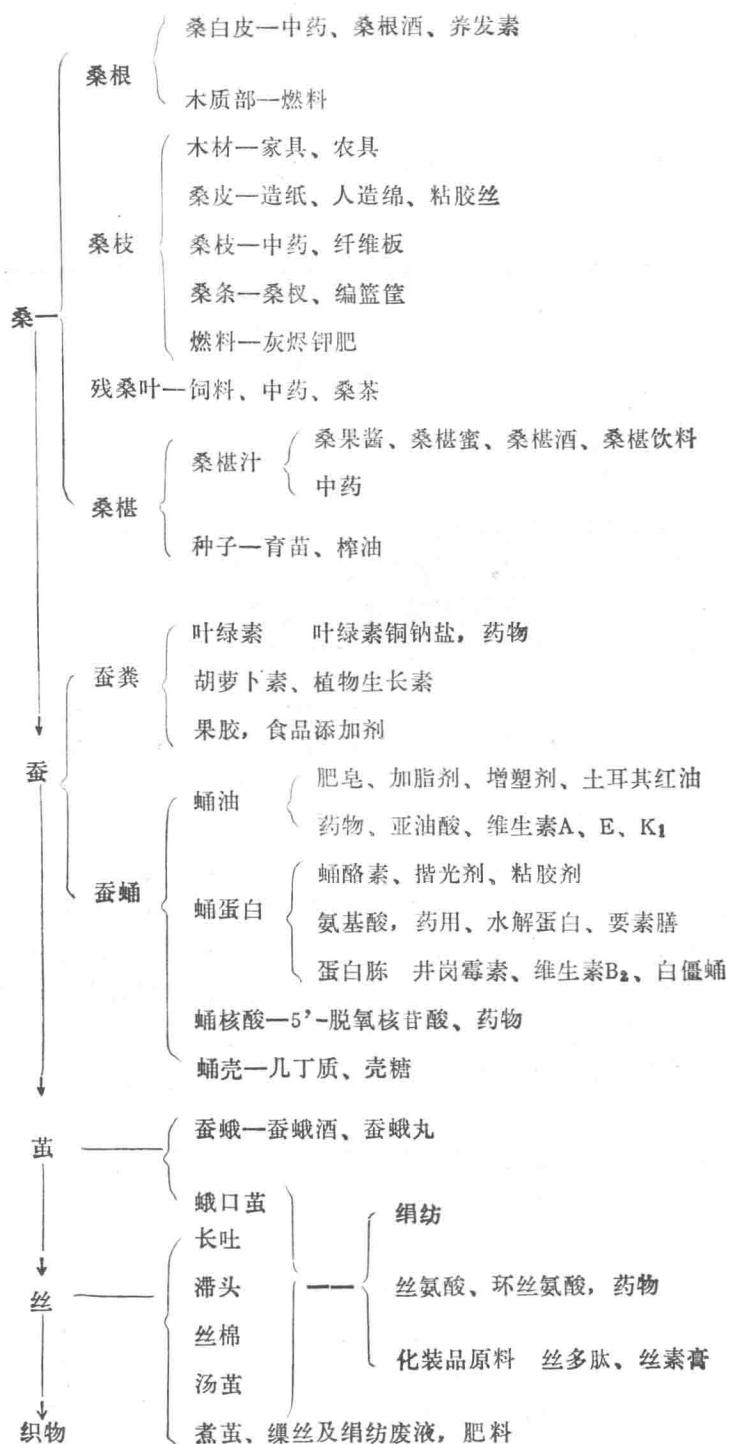


图 0-1 蚕桑综合利用概况

发展蚕桑综合利用是我国社会主义建设的长远的技术方针，决不是权宜之计。只有坚持社会主义的大方向，才能不断提高现代化工农业的水平。

发展蚕桑资源综合利用是最合理、最节约地利用资源的途径。广东珠江三角洲多年来有一套完整的生态良性循环的蚕桑生产体系。在低洼地挖塘筑基，以四水六基的形式，基地种桑，桑叶养蚕，蚕沙养鱼，塘泥又作桑树的肥料。一亩桑基产桑叶1500kg，养蚕可生产100kg蚕茧。蚕沙及蚕蛹是塘鱼的饲料，有谓“十担蚕沙一担鱼”，可生产鲜鱼50—60kg。当前，蚕沙综合利用可生产叶绿素、果胶、植物醇、类胡萝卜素等，由于深入加工其产值将较作饲料提高10倍以上。如将叶绿素铜钠盐等进一步加工成药物肝宝、肝血宝等，在产值及税收方面会进一步的提高。实现资源综合利用可以变废为宝，变少用为多用，真正做到物尽其用，根本上克服对资源的浪费。

现代农业的发展，将划分为产前、产中及产后三个重要领域，彼此有密切的联系又相互制约。在今后的发展将会逐步缩小产中部门，而产后部门将会相应增加。蚕业副产物的初加工和深加工都能创造财富，能增加产后加工的产值，又能扩大农村的就业机会，对农村剩余劳动力提供出路，对发展农村经济有好处。

蚕桑综合利用是一门应用学科。通过学习了解蚕业资源综合利用的意义和开发前景，熟悉蚕沙、蚕蛹、茧丝、桑枝及桑椹等副产物的成分和特性，掌握综合利用加工的原理和生产方法。熟悉一些主要实验技术为进一步研究和生产打下基础。因此需要运用基础课，如化学、生物化学的理论知识，努力做到理论联系实际。注意与边缘科学的联系，将新理论、新方法运用到蚕桑综合利用，以提高其广度和深度。只有逐步掌握和运用蚕桑综合利用的规律，才能提高学习的自觉性。

蚕桑综合利用有着广阔的前景和巨大的潜力。现将近年来发展的概况列于图0-1供参考。

第一章 蚕沙综合利用

第一节 蚕沙综合利用概述

一、蚕沙的主要成分

我国蚕茧生产跃居世界首位，桑叶产量达5400kt，蚕沙是养蚕的下脚物，年内预计可收集400kt（干物）以上，是一宗丰富的资源，历来农村利用蚕沙作肥料及饲料。珠江三角洲一带长期以桑基鱼塘的模式综合经营，改造低洼水网地区，挖塘筑基，种桑养蚕，蚕沙喂鱼，塘泥又作桑基肥料，形成良性的生态平衡。随着科技进步，特别50年代末掀起蚕沙综合利用的热潮，利用蚕沙作原料，提取糊状叶绿素，制备叶绿素铜钠盐，以叶绿素铜钠盐为主要原料生产治疗肝炎等药物的系列产品，开拓了蚕沙综合利用的新途径。80年代，蚕沙综合利用初步形成一个新的产业部门，除大批生产色素外，残余蚕沙的果胶亦得到利用并获得国家的专利，三十烷醇、植物醇及类胡萝卜素等亦先后投产或试制成功，这类产品在医药、食品及轻工业方面有广泛的用途。目前，在广东、浙江、山东、江苏、四川等省已建立了蚕沙综合利用工厂，产品除供应国内市场外还可以出口创汇，改变了过去出口原料的落后局面。

当前，蚕沙综合利用的研究仍有待深入发展，如叶绿素衍生物的深加工，生产叶绿素铁（钴、锌）钠盐，类胡萝卜素工艺的完善，以及蚕沙果胶品质的改进等尚有很大的潜力。因此，发展蚕沙综合利用具有广阔的前景。

桑叶养蚕，每100kg鲜叶养蚕后可收集35kg鲜蚕沙，风干后约10kg干蚕沙。按每张蚕

表 1-1 蚕沙的主要成分

蚕 沙		桑 蚕 沙	蓖 麻 蚕 沙	木 薯 蚕 沙
成 分				
水分 (%)		62—65	72.9168	70.4050
干物 (%)		38—35	27.0832	29.5950
干物百分率 (%)	粗蛋白	13.47—14.45	22.3108	25.9983
	粗脂肪	2.18—2.29	10.9300	10.5274
	粗纤维	15.79—16.24	16.7635	20.5784
	粗灰分	9.85—9.95	9.9054	7.1177
	可溶无氮物	56.92—57.44	23.3259	17.9010
转化糖			16.7635	17.8772
无机物 (%)	氮 (N)	2.97	3.5697	4.1597
	磷 (P_2O_5)	1.03	1.4724	2.3463
	钾 (K_2O)	3.52	4.3199	4.1473

华南农业大学资料(1986)。

种用桑量500kg计，可得干蚕沙50kg，每亩桑园产叶2000kg计，可得蚕沙200kg，但在收集和晒干过程会有损失。

蚕沙中含有丰富的碳水化合物及蛋白质，还有果胶及色素等。除桑蚕外，蓖麻蚕、木薯蚕等的蚕沙也可综合利用，它们的主要成分列于表1-1。

蚕沙是优质有机肥，其中氮素主要是蛋白质，分解后容易为作物吸收，腐熟过程能产生高温，属热性肥料。蚕沙作为牲畜的精饲料，主要营养成分与米糠、麸皮相若，见表1-2。

表1-2 蚕沙与其它饲料的营养成分比较(%)

种 类	水 分	粗蛋白	粗脂肪	粗纤维	可溶无氮物
蚕 沙	12.2	15.4	2.6	19.6	36.2
青草粉	8.5	5.7	1.5	31.5	38.8
麸 皮	11.2	18.3	3.4	9.9	51.0
米 糠	9.3	13.2	16.1	8.1	33.3

华南农学院资料(1989)。

二、蚕沙综合利用的经济效益

发展蚕沙综合利用，有显著的经济效益及社会效益，又可以加速蚕业的发展，促进农工贸综合经营，对发展商品经济有重要意义。

建立一个年处理1000t蚕沙的综合利用加工厂，需要2万亩桑园生产的桑叶养蚕后收集的蚕沙，才能保证供应。收购蚕沙按每吨300元，则给蚕农增加30万元收入。如用1000t蚕沙养鱼，按100kg塘鱼消耗1t蚕沙计，可收获100t鱼，产值约50万元。

蚕沙综合利用可分几个层次，如以生产糊状叶绿素，供出口创汇，可得糊状叶绿素50t，产值60万元，创汇20万美元，残余的蚕沙仍可作饲料。

蚕沙可生产叶绿素铜钠盐2t，每吨60万元，产值120万元。将叶绿素铜钠盐加工成肝宝等药物，产值达700万元，残余的蚕沙作为果胶的原料，可生产果胶100t，每吨4万元，产值达400万元。此外，还可以提取植物醇、三十烷醇及类胡萝卜素，预计产值达1000万元之巨。由此可见蚕沙综合利用的发展是有明显经济效益的产业，但从一个省或一个地区发展时则要认真考虑产品的销路相适应，决不能盲目发展而造成资金及人力物力的浪费。

第二节 蚕沙提取糊状叶绿素

叶绿素是一种天然色素，国外多用苜蓿、麻、针叶树叶作为原料。我国蚕沙资源丰富，生产叶绿素工艺简单，成本低廉。

一、叶绿素的特性

(一) 化学结构 叶绿素分子由四个吡咯环构成分子骨架，称卟啉，再与戊酮环结合成卟啉，中心原子镁与吡咯中的氮形成四配位络合键，C₂为乙烯基，C₃有甲基者叫叶绿素a，有甲醛基者叫叶绿素b，C₇、C₁₀各有一酯键，C₁₀与甲醇成乙酸甲酯，C₇与植物

醇成丙酸植物醇酯（图 1 - 1）。蚕沙叶绿素以叶绿素a和b为主，两者的比例为3：1。

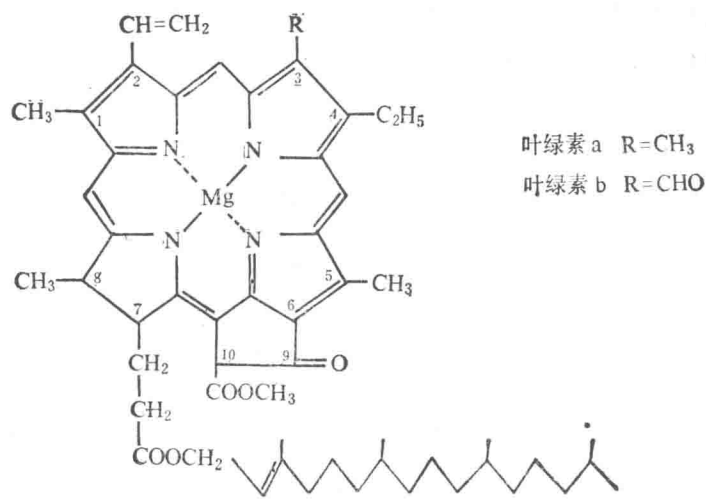


图 1 - 1 叶绿素结构图

（二）物理性质 叶绿素的主要性状见表 1 - 3 和图 1 - 2 。

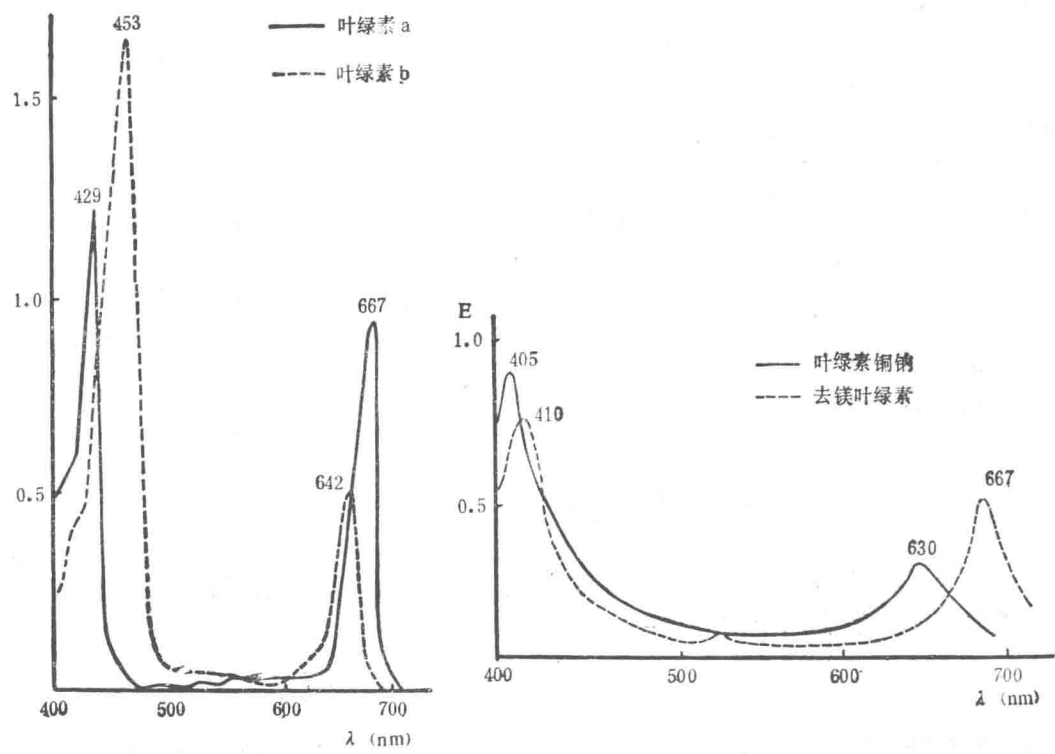


图 1 - 2 叶绿素及其衍生物的吸收光谱图（华南农业大学）

表 1-3 叶绿素的主要性状

项 目	叶 绿 素 a	叶 绿 素 b
分子式	$C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$	$C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$
分子量	893.4	907.5
结 晶	蓝黑色, 针状	蓝绿色带黄, 片状
溶解性	易溶于乙醇、丙酮、乙醚	易溶于乙醇、丙酮、乙醚
荧光 (nm)	668 723	649 708
吸收极大 (nm)	662 429	642 453
特殊消光值		
E 1 % 1 cm	$E_{429nm} = 135$	$E_{453nm} = 171$

华南农业大学资料 (1964)。

(三) 化学性质

1. 与酸反应 叶绿素在溶剂中与稀酸作用, 镁原子被氢置换, 生成去镁叶绿素, 使红色荧光消失, 呈黄褐色, 强酸还使酯键水解成叶绿酸。

2. 与碱反应 叶绿素的酯键与碱作用而水解, 游离出甲醇和植物醇。稀碱作用生成叶绿素二酸盐, 强碱作用则戊酮环打开生成叶绿素三酸盐, 叶绿素醚溶液与30%氢氧化钠接触时两液界面出现绿→黄→绿的颜色变化, 就是戊酮环破坏过程引起的。

3. 与金属离子反应 叶绿素的中心镁原子可以被金属离子如钡、锌、铜、镍、钴、铁等置换, 生成对光和热较稳定的衍生物, 同时也失去荧光。

二、生产原理

蚕沙生产叶绿素的工艺主要为溶剂抽提和溶剂回收两部分。

提取蚕沙中叶绿素常用的溶剂为丙酮、乙醇和汽油。当蚕沙与溶剂接触时, 叶绿素按一定比例分配于液相溶剂及固相蚕沙中, 在一定条件下, 两相间分配的叶绿素浓度达成平衡:

$$C_{\text{液}} \xrightleftharpoons{K_D} C_{\text{固}}$$

两相浓度之比称分配系数:

$$K_D = \frac{C_{\text{液}}}{C_{\text{固}}}$$

丙酮、乙醇、汽油对蚕沙叶绿素的分配系数为1。此外, 叶绿素的提取还与蚕沙的投料量(W)、溶剂用量(W_s)、连续提取的次数(n)有关, 这些因素是决定生产过程的提取效率(E)的主要因素:

$$E = \left[1 - \left(\frac{W}{K_D W_s + W} \right)^n \right] \times 100\%$$

工业生产上, 用2倍蚕沙量的溶剂, 连续抽提3次, 理论抽提效率96.3%, 实际效率在95%左右。

叶绿素抽提液回收溶剂是根据蒸馏分离的原理, 利用混合液中各组分不同的挥发性,

易挥发组分具有较大的挥发性，蒸馏时相对更多地进入气相，而难挥发组分进入气相的量相对较少。挥发性的差别越大，越易分离，这取决于混合液中各组分的性质。提取叶绿素常用溶剂丙酮和乙醇的浓度在80—88%之间，蒸馏过程混合液的共沸点随液相溶质浓度加大而逐步上升，表1-4和表1-5列出了不同温度气液两相中溶剂浓度分配的关系。

表 1-4 丙酮—水的气液平衡数据

温 度 (℃)	丙酮的mol (%)		温 度 (℃)	丙酮的mol (%)	
	液 相	气 相		液 相	气 相
100	0.0	0.0	60.0	40.0	84.9
92.7	1.0	25.3	59.7	60.0	85.9
86.5	2.0	42.5	59.0	70.0	87.4
75.8	5.0	62.4	58.2	80.0	89.8
66.5	10.0	75.5	57.0	95.0	96.3
61.0	30.0	83.0	56.13	100	100

引自《化工原理》天津科技出版社。

表 1-5 乙醇—水的气液平衡数据

温 度 (℃)	乙醇的mol (%)		温 度 (℃)	乙醇的mol (%)	
	液 相	气 相		液 相	气 相
100	0.0	0.0	79.8	50.79	65.64
95.5	1.9	17.00	79.5	56.70	68.40
89.0	7.21	38.91	78.74	67.63	73.85
86.7	9.66	43.75	78.41	74.72	78.15
84.1	16.61	50.89	78.3	100	100
80.7	39.65	61.22	78.15	89.43	89.43

引自 Perry, 《化工手册》。

三、生产工艺

(一) 生产流程 提取叶绿素的工艺流程如图1-3所示。

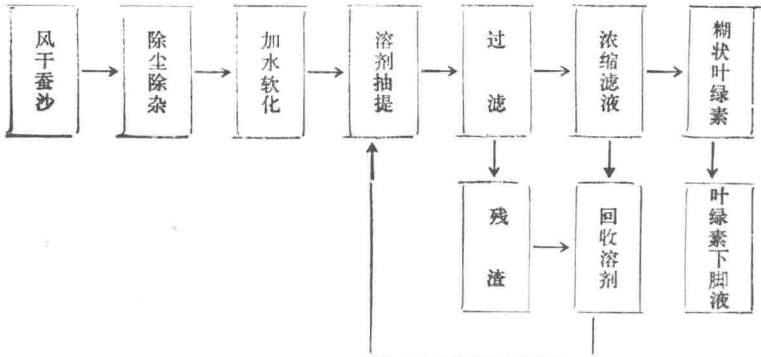


图 1-3 蚕沙提取糊状叶绿素工艺流程图（华南农业大学）

(二) 工艺要点

1. 蚕沙的收集与处理 从农村收集的蚕沙常夹有石灰、泥沙、残桑叶及枝梗,应先筛除,然后堆成小堆,使其适当发酵,蒸发去部分水分。同时利用微生物使蚕沙中部分蛋白质分解,有利于叶绿素的抽提,但切忌发霉使叶绿素受破坏。堆放后的蚕沙摊开在阳光下晒两三天可达到风干。风干蚕沙的含水量应在10%以下,用麻袋盛装置通风干燥的仓库保藏,时间一般不超过一年,最好在半年内处理。投料前,先测定叶绿素的含量,质量好的蚕沙叶绿素含量在0.8—1.2%,低于0.5%者不宜应用,可高低掺和,以确保得率和品质。

2. 软化 蚕沙由于含有脂类和蛋白质,在晒干过程会变硬,提取时有机溶剂难以渗入。软化的目的在于通过水分使蚕沙松散软化,加水量视蚕沙含水量及溶剂浓度而定,一般情况下,软化用水以蚕沙重量的30—40%。操作时先计算用水量,然后均匀洒到蚕沙上,边洒边翻动,次将其堆成30cm的小堆,堆放4—6小时,其间可翻动几次。软化后的蚕沙以手捏之即散,又挤不出水为度。亦可用热蒸汽直接软化,能缩短时间,但用气量要掌握得当。

3. 抽提

(1) 抽提设备 抽提设备有单罐式和连续式两种。

图1-4 (单罐式)是蚕沙叶绿素抽提罐的示意图,该设备用4—6mm厚钢板焊接而成,容积4.5—5.0m³,可投料800—1000kg。单罐式指的是用单一抽提罐进行提取,靠增加抽提次数和溶剂用量来提高抽提效率。设备和操作简单,但生产周期长,溶剂消耗多,而且每次抽提液叶绿素的含量悬殊很大。

连续式是运用逆流提取原理,连续不停地进行抽提,其特点是溶剂可套用,较单罐式节约溶剂1/3,回收溶剂的能源消耗大为降低,叶绿素抽提液浓度比较均衡,生产时间安排紧凑,但设备投资较大。连续逆流抽提的设备分立罐法和平转法。

立罐法实际上是通过管道把几个抽提罐串联起来,抽提过程由防爆泵控制溶剂的循环和流向,溶剂运行方向与蚕沙中叶绿素浓度梯度由低而高地进行。一般用4个抽提罐组成1个抽提组合,其中3个罐进行抽提的时候,1个罐进行卸装蚕沙,每罐蚕沙连续提取3次。下面是溶剂运行方向的顺序,①、②、③、④表示抽提罐的顺序,箭头表示溶剂运行方向:

第一流程 ①卸装蚕沙②→③→④→蒸发罐

第二流程 ②卸装蚕沙③→④→①→蒸发罐

第三流程 ③卸装蚕沙④→①→②→蒸发罐

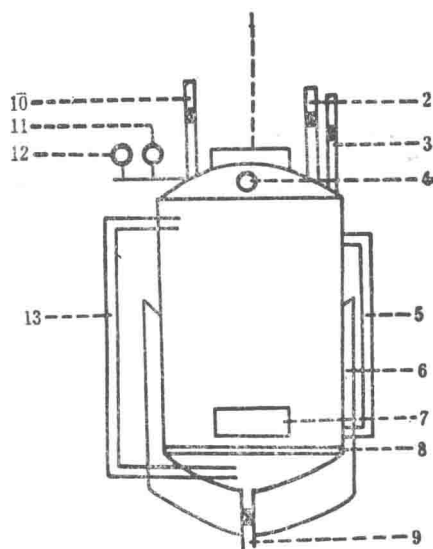


图1-4 蚕沙叶绿素抽提罐示意图(华南农业大学)

- 1. 进料口 2. 丙酮导管 3. 空气管
- 4. 观察孔 5. 连通管 6. 加热夹套
- 7. 排料口 8. 钢筛板 9. 叶绿素抽提液出口
- 10. 丙酮蒸汽管 11. 气压计 12. 温度计
- 13. 循环回流管

第四流程 ④卸装蚕沙①→②→③→蒸发罐

第五流程 ①卸装蚕沙②→③→④→蒸发罐

平转法是以一个直径30m,内装8个篮式(蚕沙)容器,配置一个同轴八联系的提取设备,每个容器可容80—100kg蚕沙。提取时溶剂按叶绿素浓度梯度由稀而浓顺时针方向淋洒容器中的蚕沙,而蚕沙则在平转台中与叶绿素液浓度梯度相反的方向逆时针转动,转一周完成一个抽提过程,约3—3.5小时。抽提完后蚕沙自动卸入斗车,由螺旋推进器送到溶剂回收装置,以回收蚕沙中的溶剂。平转法速度快,自动化程度高,但蚕沙吞吐量,常因原料不足,影响人力安排和设备运转。

(2) 操作方法及生产条件 操作方法基本上以单罐为例加以叙述。投料前在抽提罐底的钢筛板上垫上滤布及铜丝筛,试气后确认装置各部分均无故障。将软化的蚕沙自投料口倾入,以七成满为适,然后泵入丙酮,以浸过蚕沙面约10cm为度,抽提4小时,每隔半小时用防爆泵将抽提液循环回流1次,每抽提1次,打开罐底阀门使叶绿素抽提液从管道中流出,流尽后再加入溶剂,连续3次。抽提完成后,通热蒸汽入夹套加热回收残留溶剂,溶剂蒸汽由罐顶导管导向冷凝器冷凝下来再用。最后通入直接蒸汽驱尽溶剂,稍冷后自出料口排出蚕沙,用水洗净抽提罐后再次投料。连续式只是溶剂的流动由总泵房控制,最后一次抽提液套用作为另一罐蚕沙第一次提取时的溶剂。

抽提条件控制是促使蚕沙中的叶绿素尽可能被溶剂提取完全,溶剂浓度、抽提时间和温度、提取过程pH值的变化等,均直接影响抽提效率和产品质量,必须严格控制。

出口规格糊状叶绿素以丙酮为提取溶剂,丙酮渗透力强,对蜡质、脂类溶解较少,回收温度低;国内则多用乙醇,价廉易得,但回收较难,而使叶绿素受到损坏。下面介绍丙酮为溶剂生产叶绿素的条件。

1) 丙酮浓度 丙酮浓度在一定范围内有利于叶绿素的溶解,85—90%丙酮对叶绿素的溶解度远较70%丙酮高,如80%以下的丙酮提取时,不但叶绿素不易浸出,反而一些脂肪、蜡等脂溶性杂质增加;浓度太高则使蚕沙中蛋白质凝固变硬,溶剂不能渗透。经验是第一次抽提液丙酮浓度在83%,第二、三次在85—88%为宜。溶剂浓度控制是受蚕沙软化时加水量,工业丙酮浓度(一般92—95%),加入丙酮的溶比与抽提时的温度相制约。

2) 时间和温度 生产上既要求提高抽提效率,又要求尽量缩短抽提的时间,以充分发挥设备的作用,抽提时间长短取决于叶绿素在固、液两相中的平衡,如果已达到平衡,再延长时间是没有意义的。缩短到达平衡的时间可通过加热、回流和增加丙酮用量来实现,经验证明,温度在40℃,溶比1:2—2.5,一次抽提3.5—4小时连续3次即可达到目的。

3) pH值的调节 蚕沙中含有氨,且常混有石灰等杂物。因此,抽提液往往呈弱碱性,有利于保持叶绿素的稳定,避免设备腐蚀。若碱性太强时会使叶绿素形成不溶于丙酮的叶绿素钙而损失。另一方面,丙酮反复使用易氧化变酸,使叶绿素脱镁。一般生产过程pH应控制在6.5—8.5为佳,一些工厂的经验是在桑蚕沙中掺入10—15%蓖麻蚕沙来稳定提取过程酸度的变化。

4. 溶剂回收

(1) 蒸发设备 叶绿素丙酮抽提液含叶绿素0.1—0.15%,须回收溶剂,加以浓缩,回收设备有夹套式蒸发器和升膜式蒸发器两种(图1-5)。

1) 夹套式蒸发器 用薄钢板焊成, 容积1—1.5m³, 直径大于高度, 以利扩大蒸发面积。加热层为半夹套, 热通过夹套传递入罐内, 使叶绿素抽提液沸腾, 丙酮汽化, 由罐顶的蒸汽导管导入冷凝器冷凝, 该设备生产条件较稳定。

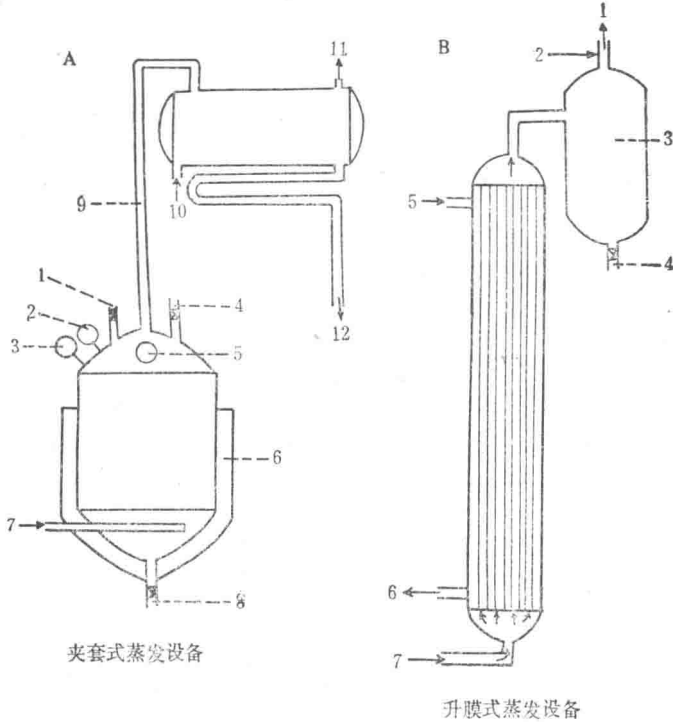


图 1-5 叶绿素抽提液蒸发设备示意图

- A. 夹套式蒸发设备 1. 抽提液导管 2. 气压计 3. 温度计 4. 空气管 5. 观察孔 6. 夹套 7. 蒸汽 8. 出料管 9. 丙酮蒸汽导管 10. 冷水 11. 热水 12. 乙醇出口
- B. 升膜式蒸发设备 1. 丙酮蒸汽 2. 接冷凝器 3. 气液分离器 4. 出料管 5. 热蒸汽 6. 冷却水出口 7. 叶绿素丙酮液入口

2) 升膜式蒸发器 在一个钢筒内竖直装有许多平行铜管或不锈钢管, 热蒸汽自上而下流动, 叶绿素抽提液则从下端进入钢管, 受热沸腾, 形成快速上升的液膜。由于不断受热汽化产生多次蒸汽及大量泡沫, 气液两相接触面猛增, 丙酮在管内迅速蒸发, 与叶绿素滴液在分离器中分道, 丙酮蒸汽进入冷凝器冷凝, 仅数秒钟即可完成蒸发浓缩过程。由于多效利用热能, 减少叶绿素受热破坏, 生产效率高。

(2) 操作方法及条件 将叶绿素抽提液通过流量计注入蒸发罐, 以罐容的2/3为度, 因浓缩过程会产生泡沫, 通蒸汽于夹套加热时, 要注意气压的变化, 以防温度突然升高。当叶绿素抽提液浓缩到一定程度后, 可升高温度, 以便将丙酮回收完全, 趁热放料。冷却到常温时, 叶绿素呈糊状浮于表面, 放去下层黑褐色下脚液, 即为成品。若丙酮回收不彻底, 则难以分层。制品可移入真空蒸发器, 用射流泵减压至600mmHg的真空度, 温度70℃浓缩至符合规格。最后, 将多批成品搅拌混合装桶, 每吨蚕沙可得50kg糊状叶绿素。

叶绿素对热不稳定, 回收丙酮要控制适当温度, 力求在尽可能短的时间内蒸发完毕。纯的丙酮沸点为56.5℃, 而叶绿素抽提液的沸点是随蒸发过程液体中溶质浓度的增大而逐步上升的, 一般回收温度控制在60—70℃, 后期可达85℃, 但处于85℃的时间不能超过20