

- 推动绿色农业无公害发展
- 促进农业标准化生产
- 提高产量 20% 以上

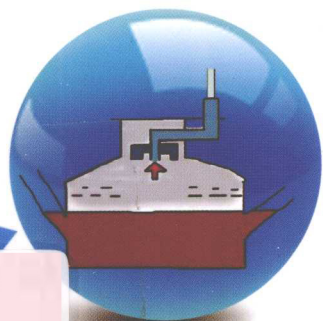


“猪—沼—果(菜粮)”

生态农业模式及配套技术

董晓光 孙国梅 主编

以养殖业为主干，开展沼气、沼液、沼渣的综合利用，发展种植业和养殖业联为一体的“猪—沼—果(菜粮)”生态农业模式。





“猪—沼—果 (菜粮)”

● 生态农业模式及配套技术 ●

主 编 董晓光 孙国梅
副主编 陈宗刚 张文香
编 委 杨 红 李 欣 白大伟
何 涛 蒋 玲 熊驰宇
宋玉光 项 建 王 青
孙 波 魏 彪 李勇进
黄晓燕

图书在版编目(CIP)数据

“猪—沼—果(菜粮)”生态农业模式及配套技术/董晓光,孙国梅主编.
—北京:科学技术文献出版社,2013.4
ISBN 978-7-5023-7631-4

I. ①猪… II. ①董… ②孙… III. ①农村—沼气利用—研究 IV. ①S216.4
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 256766 号

“猪—沼—果(菜粮)”生态农业模式及配套技术

策划编辑:孙江莉 责任编辑:孙江莉 责任校对:梁桂芬 责任出版:张志平

出版者 科学技术文献出版社
地 址 北京市复兴路 15 号 邮编 100038
编 务 部 (010)58882938,58882087(传真)
发 行 部 (010)58882868,58882866(传真)
邮 购 部 (010)58882873
官方网址 <http://www.stdp.com.cn>
发 行 者 科学技术文献出版社发行 全国各地新华书店经销
印 刷 者 北京金其乐彩色印刷有限公司
版 次 2013 年 4 月第 1 版 2013 年 4 月第 1 次印刷
开 本 850×1168 1/32 开
·字 数 150 千
印 张 6.25
书 号 ISBN 978-7-5023-7631-4
定 价 16.00 元



版权所有 违法必究

购买本社图书,凡字迹不清、缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换

前 言

2001—2002年，国家实施了农村小型公益沼气项目，从2003年开始至今，已连续数年实施了农村沼气国债项目，且项目遍布全国27个省（区），各省（区）相继涌现出了一批生态户、生态村和生态乡，它们的共同特点是以农户为生产主体，以种植业为基础，以养殖业为主干，以沼气为纽带，以庭院为依托，开展沼气、沼液、沼渣的综合利用，发展种植业和养殖业联为一体的“猪—沼—果、猪—沼—菜和猪—沼—粮”等生态农业模式。沼气池的建设不仅开发了农村能源，改善了农村环境，还促进了农业标准化生产，推动了绿色无公害农业的发展。沼气除用于日常炊事、照明外，沼气原料经过发酵，变为有机肥料，利用沼液浇灌的果树、蔬菜、粮食作物，产量可提高20%以上，给农民带来了巨大的经济效益。

在多年的沼气推广过程中，农业科技工作者根据各地地域资源条件的不同，通过反复实践，逐渐形成了具有代表意义的“三位一体”和“四位一体”等模式。然而，在推广应用过程中，技术应用的不精、不妥、甚至走样的现象十分普遍，极大地降低了模式应用的综合效益。

本书是根据“三位一体”和“四位一体”等模式在生产中的实际利用情况，全面系统、深入浅出地对生产中存在的实际问题进行了详细的说明，反映了我国沼气生态农业开发研究的新成

果、技术水平和先进经验，并且本书包括了户用沼气池标准施工图，省去了读者另购其他图书的麻烦，使读者购买本书，沼气全部技术都在手中，是农村能源工作者修建沼气、沼气技术工作者和广大农民正确使用、日常维护沼气正常运行必不可少的理想参考书。

由于编者水平所限，编写过程中的疏漏和不当之处敬请业内人士和广大读者批评指正，并在此对参考资料的原作者表示衷心的感谢。

编 者

目 录

第一章 “猪—沼—果（菜、粮）”生态模式概述	1
第一节 “猪—沼—果（菜、粮）”生态模式的基本原理	2
第二节 沼气的概念及性质	4
第三节 沼气发酵的原理	7
第四节 发展沼气的意义	12
第五节 农村建沼气池的补助申报	15
第二章 户用沼气池池型的选择与材料准备	16
第一节 户用沼气池的池型及工作原理	16
第二节 池型选择与布局	23
第三节 户用沼气池的配套设备	29
一、沼气生产设备的准备	29
二、沼气用具	38
三、沼气输配设备	45
四、施工工具	46
第三章 沼气池的建造与猪舍的建造	47
第一节 沼气池的建造与验收	47
一、建池地址与时间的选择	48
二、沼气池施工安全	49
三、沼气池的施工	51
四、沼气池渗漏检查及维修	94

第二节 猪舍的建造	96
第三节 沼气配套系统的安装	98
第四章 沼气池的启动与日常管理	104
第一节 沼气池的启动	104
一、发酵原料的准备和预处理	104
二、投料启动	106
第二节 日常管理技术	109
一、安全使用沼气	109
二、沼气池的季节管理	117
三、提高户用沼气池产气量及节约用气措施	121
第三节 沼气产品的正确使用与维护	123
第四节 沼气中毒及烧伤的抢救	128
一、沼气中毒的抢救	129
二、沼气烧伤的处理	133
第五章 农村沼气设施故障检测与排除	134
第一节 沼气池的故障诊断与解决	134
一、沼气池的故障诊断与解决	134
二、“病态池”的故障诊断与维修	137
三、地震毁坏沼气池的故障诊断与维修	139
第二节 沼气灶的故障诊断与解决	141
第三节 沼气灯的故障诊断与解决	145
第四节 沼气输气设备的故障诊断与解决	147
第五节 沼气调控净化器的故障诊断与解决	149
一、沼气脱硫器的故障诊断与解决	149
二、沼气压力表的故障诊断与解决	150

第六章 沼气发酵残留物的综合利用	155
第一节 沼液、沼渣在果树上的应用	155
一、沼液在果树上的应用	155
二、沼渣在果树上的应用	157
三、沼肥使用中的注意事项	161
第二节 沼气、沼液、沼渣在其他方面的综合利用	162
一、沼气的综合利用	162
二、沼液的综合利用	165
三、沼渣的综合利用	170
附录 户用沼气池质量检查验收规范	181
1 范围	181
2 规范性引用文件	182
3 建池材料	182
4 土方工程	182
5 模板工程	183
6 混凝土工程	185
7 砖砌体与预制板工程	186
8 水泥密封检验	188
9 涂料密封层检验	188
10 沼气池整体施工质量和密封性能验收及 检验方法	188
11 沼气池整体工程竣工验收	189
参考文献	191

第一章 “猪—沼—果（菜、粮）” 生态模式概述

“猪—沼—果（菜、粮）”生态模式是国家农业部近年来推广的新型生态农业模式。

“猪—沼—果（菜、粮）”生态模式就是把植物生产、动物消化和微生物还原三者有机结合而形成的一种模式，该模式是以农户为生产主体，以种植业为基础，以养殖业为主干，以沼气为纽带，以庭院为依托，采用“沼气池、猪舍、厕所”三结合工程，因地制宜地开展“三沼（沼气、沼渣、沼液）”的综合利用，从而实现对农业资源的高效利用和生态环境建设、提高农产品产量和质量、增加农民收入等效果。该模式利用猪粪、人粪尿、秸秆进入沼气池，经过厌氧发酵，产生沼气用于生产、生活用能；沼气原料发酵后，杀灭了绝大多数有害虫卵、病菌，成为优质的有机肥。沼液可作为添加剂用于喂猪，节约饲料，加快出栏；沼肥施于果园可培肥地力，强壮树势，减少病虫害的发生。沼液用于喷施，不仅起到叶面追肥作用，还可直接杀灭或抑制部分病虫害。

“猪—沼—果（菜、粮）”生态模式不仅可获取新能源，节约养猪饲料，加快生猪出栏，减少农产品农药化肥使用量，而且生产的农产品个大、色鲜、口感好，优质安全，实现了能源、生态、经济效益的协调统一，是值得现代农村大力发展的好项目之一。

第一节 “猪—沼—果（菜、粮）”生态模式的基本原理

我国是研究、开发人工制取沼气技术较早的国家之一。早在19世纪末我国广东沿海一带就出现了适合农村的简易沼气池，1958年在全国掀起了“大办沼气”的群众运动。由于当时生产力水平低下，缺乏相应的科学技术支持，致使数十万个沼气池“昙花一现”。虽然如此，在推广沼气的过程中，水压式沼气池雏形和沼气池的“气、肥、卫三结合”综合功能均表现出强大的生命力，为后来农村沼气技术的研究与开发指明了方向。

20世纪90年代在政府的大力支持下，农村沼气建设事业得到了空前的发展，成立了全国沼气领导小组和农业部成都沼气科学研究所，并于1984年编制了《农村户用水压式沼气池标准图集》等国家标准，大力推广“圆、小、浅”、“猪—沼—果（菜、粮）生态模式”（图1-1）的水压式沼气池，为我国农村户用沼气池的进一步发展奠定了宝贵的技术基础。

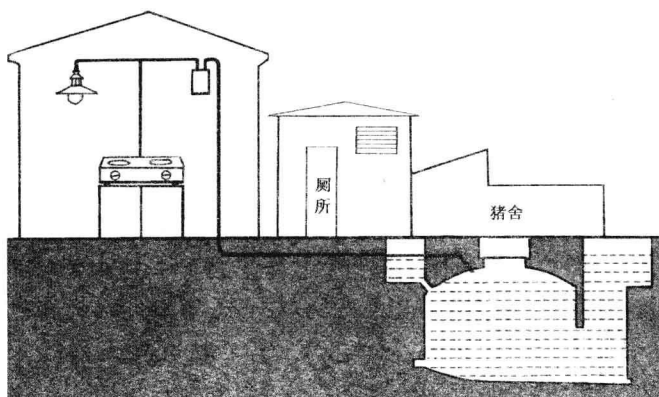


图1-1 “猪—沼—果（菜、粮）”生态模式沼气池示意图

多年来，农业部推广的模式有南方的“三位一体”、北方的“四位一体”、西北“五配套”和近年来国债项目推行的“一池三改”模式。这些建设模式是根据不同地区的生产需要和地理、气候条件总结出来的，通过实践证明，可以获得能源、卫生、废物利用的效益。

1. “南方的三位一体”模式的基本原理

“南方的三位一体”模式是在我国南方丘陵地区的农户和果园场综合利用沼气经验的基础上总结出来的一种成熟的生态农业模式。沼气用于农户日常做饭点灯，沼肥用于果树或其他农作物，沼液用于鱼塘和拌饲料喂养生猪，果园套种蔬菜和饲料作物，满足育肥猪的饲料要求。其具体内容是广泛的，除养猪外，还包括养牛、养鸡等养殖业；除果业外，还包括粮食、蔬菜、经济作物等。该模式突出以山林、大田、水面、庭院为依托，与农业主导产业相结合，延长产业链，促进农村各业发展。

2. “北方的四位一体”模式的基本原理

“北方的四位一体”模式是农业科技工作者在北纬 32° 以北地区及低纬度高寒山区，在实践基础上研制出的高产、优质、高效农业生产模式。它以土地资源为基础，以太阳能为动力，以沼气建设为纽带，通过生物质能转换技术，在农户庭院或田园，将沼气池、畜（禽）舍、厕所、农作物栽培室都在日光温室内，形成一个封闭的体系。日光温室的作用就是为沼气池、畜禽、温室内的农作物提供适宜的温、湿度条件，从而一改过去北方沼气池半年使用半年闲，且冬季极易冻坏的弊病，达到全年正常运行产气；改变北方冬季畜禽由于御寒导致能量损失过大，光吃食不长膘的状况，缩短出栏时间，降低生产成本。从而在同一块土地上，实现产气、积肥同步，种植、养殖并举，成为发展生态农业的重要技术措施。

3. 西北“五配套”模式的基本原理

旱区“五配套”沼气生态模式是从我国旱区的实际出发，依据生态学、经济学、系统工程学原理，以农户土地资源为基础，以太阳能为动力，以新型高效沼气池为纽带，形成以农带牧、以牧促沼、以沼促果、果牧结合配套发展的良性循环体系。模式要素是以5亩左右的成龄果园为基本生产单元，在果园或农户住宅前后配套一口8~10立方米的新型沼气池，一座12~20平方米的太阳能猪圈，一套60立方米的水窖及配套的集雨场，一套果园节水滴灌系统。模式实行厕所、沼气池、太阳能猪舍、水窖、果园五配套，地下建沼气池，地上搞养殖，效果倍增。

4. “一池三改”模式

“一池三改”的一池指农户沼气池建设，三改指改厕、改圈、改厨，即在开展农村户用沼气池建设的同时，同步新建或改建畜禽舍、厕所和厨房。

“一池三改”的主要任务就是在合理规划和布局的基础上，将农村户用沼气池的建设与畜禽舍、厕所、厨房的配套建设或改造同步实施，使得农户用上干净方便的能源。通过“一池三改”消灭疾病传染源，切断疫病传播渠道，改善庭院卫生，使广大农民从根本上转变传统的生活方式，走上健康与文明的生活之路。

第二节 沼气的概念及性质

沼气发酵是一个复杂的微生物学过程，参加发酵的微生物数量巨大，种类繁多，只有了解参加沼气发酵的多种微生物活动规律、生存条件及作用，并按照微生物的生存条件、活动规律要求，去修建沼气池，收集发酵原料，进行日常管理，使参加发酵的各种微生物得到最佳的生长条件，才能获得较多的产气量和沼肥，

满足生产、生活的需要。

1. 沼气的概念

沼气是有机物质在厌氧环境中，在一定的温度、湿度、酸碱度的条件下，通过微生物发酵作用，产生的一种可燃气体。由于这种气体最初是在沼泽、湖泊、池塘中被发现的，所以人们叫它“沼气”。在日常生活中，特别是在气温较高的夏、秋季节，人们经常可以看到，从死水塘、污水沟、储粪池中，“咕嘟咕嘟”地向表面冒出许多小气泡，如果把这些小气泡收集起来，用火去点，便可产生蓝色的火苗，这种可以燃烧的气体就是沼气，又称作生物气。但是这些地方产生的沼气的量较少，人们很难收集和利用。要想让沼气为人类生产和生活服务，就要用人工的方法制取。沼气发酵便是有意识地利用人畜粪便、秸秆、污水等各种有机物在密闭的容器内，在厌氧（没有氧气）条件下发酵，从而产生沼气。

沼气是一种混合气体，它的主要成分是甲烷（ CH_4 ），其次有二氧化碳（ CO_2 ）、硫化氢（ H_2S ）、氮（ N_2 ）及其他一些成分。沼气的组成中，可燃成分包括甲烷、硫化氢、一氧化碳（ CO ）和重烃等气体；不可燃成分包括二氧化碳、氮和氨等气体。在沼气成分中甲烷含量为 50%~70%、二氧化碳含量为 30%~40%、硫化氢平均含量为 0.034%。沼气中的甲烷、一氧化碳等是可以燃烧的气体，人类主要利用这一部分气体的燃烧来获得能量用于炊事、供暖、照明等。经沼气装置发酵后剩余的料液和沉渣，含有较丰富的营养物质，可用作肥料和饲料。

在自然界里，有一种“天然气”，它的主要成分也是甲烷，只是比沼气中甲烷含量多，一般在 90%以上；还有两种常用的人工制成的“管道煤气”和“液化气”。管道煤气是以煤为原料制成的，以一氧化碳为主的可燃气体；液化气是炼油厂的副产品，是一种以丙烷、乙烷为主的可燃气体。可见它们与沼气虽然都是可燃气体，但成分和制取方法是不一样的。

2. 沼气的性质

沼气是一种无色、有味、有毒、有臭的气体，它的主要成分甲烷在常温下是一种无色、无味、无臭、无毒的气体。

(1) 热值：甲烷是简单的有机化合物，是优质的气体燃料。燃烧时呈蓝色火焰，最高温度可达 1400℃ 左右。从热效率分析，每立方米沼气所能利用的热量约 23.4 千焦，相当于 0.55 千克柴油、0.8 千克煤炭或 3.03 千克煤充分燃烧后放出的热量。

(2) 比重：与空气相比，甲烷的比重为 0.55，比空气轻，分布在上层；二氧化碳较重，分布于下层。另外，沼气在空气中也容易扩散，扩散速度比空气快 3 倍。

(3) 溶解度：甲烷在水中的溶解度很小，在 20℃ 一个标准大气压下，100 个单位体积的水只能溶解 3 个单位体积的甲烷，所以，沼气不但能在淹水条件下生成，还可用排水法进行收集。

(4) 临界温度和压力：气体从气态变成液态时，所需要的温度和压力称为临界温度和临界压力。标准沼气的平均临界温度为 -37℃，平均临界压力为 56.64×10^5 帕（即 56.64 个大气压力）。所以，沼气一般只能以管道输气，不能液化装罐作为商品能源交易。

(5) 燃烧特性：一个体积的沼气需要 6~7 个体积的空气才能充分燃烧。

(6) 着火温度：可燃气体在空气中能引起自燃的最低温度称着火温度。沼气是一种易燃易爆的气体，着火温度为 537℃；一氧化碳的着火温度为 605℃。当标准沼气在空气中的浓度达到 8%~25%（即甲烷在空气中的浓度达到 5%~15%）时，如沼气温度达到 537℃，即使没有明火也会产生自燃，即产生爆炸燃烧。

(7) 窒息中毒：当沼气在空气中的浓度达到 42%~50%（即甲烷在空气中的含量达到 25%~30%）时，对人、畜有一定的麻醉作用，又称沼气中毒。

人们呼吸的空气中，二氧化碳含量一般为 0.03%~0.1%，氧气含量为 20.9%。当空气中的二氧化碳含量增加到 1.74%时，人的呼吸就会加快、加深；二氧化碳含量增加到 10.4%时，人的忍受力就只能坚持 30 秒钟；二氧化碳含量增加到 30%左右，人的呼吸就会受到抑制，以致麻木死亡。

(8) 燃烧不完全中毒：如果沼气的燃烧不完全就会产生一氧化碳气体，当室内空气一氧化碳含量为 0.02%时，人体吸入 6 小时后有轻微影响；当空气中一氧化碳含量为 0.04%时，3 小时后可感觉头痛；当空气中一氧化碳含量为 0.09%，1 小时后可感觉头痛和恶心；当空气中一氧化碳含量为 0.15%，1 小时后死亡；当空气中一氧化碳含量为 1%时，人吸入后会立即中毒、昏迷、甚至死亡。所以使用沼气时，一定要保证室内通风良好。

(9) 爆炸极限：当沼气在空气中的浓度达到 8%~25%（即甲烷在空气中的浓度达到 5%~15%）时，如遇明火或微小的火星就会产生爆炸燃烧。

第三节 沼气发酵的原理

1. 沼气发酵的过程

沼气的发酵过程，实质上是微生物的物质代谢和能量转换过程，在分解代谢过程中沼气微生物获得能量和物质，以满足自身生长繁殖，同时大部分物质转化为甲烷和二氧化碳。这样各种各样的有机物质不断地被分解代谢，就构成了自然界物质和能量循环的重要环节。科学测定表明：有机物约有 90%被转化为沼气，10%被沼气微生物用于自身的消耗。所以说，发酵原料生成沼气是通过一系列复杂的生物化学反应来实现的。一般认为这个过程大体上分为水解发酵、产酸和产甲烷三个阶段。

(1) 水解发酵阶段：各种固体有机物通常不能进入微生物体

内被微生物利用，必须在好氧和厌氧微生物分泌的胞外酶、表面酶（纤维素酶、蛋白酶、脂肪酶）的作用下，将固体有机质水解成分子量较小的可溶性单糖、氨基酸、甘油、脂肪酸。这些分子量较小的可溶性物质就可以进入微生物细胞之内被进一步分解利用。

(2) 产酸阶段：各种可溶性物质（单糖、氨基酸、脂肪酸），在纤维素细菌、蛋白质细菌、脂肪细菌、果胶细菌胞内酶作用下继续分解转化成低分子物质，如丁酸、丙酸、乙酸以及醇、酮、醛等简单有机物质；同时也有部分氢（ H_2 ）、二氧化碳（ CO_2 ）和氨（ NH_3 ）等无机物的释放。但在这个阶段中，主要的产物是乙酸，约占70%以上，所以称为产酸阶段，参加这一阶段的细菌称之为产酸菌。

(3) 产甲烷阶段：产甲烷菌将第二阶段分解出来的乙酸等简单有机物分解成甲烷和二氧化碳，其中二氧化碳在氢气的作用下还原成甲烷。这一阶段叫产气阶段，或叫产甲烷阶段。

总之，沼气发酵的各个阶段是相互依赖的，它们之间保持着动态的平衡。在正常发酵情况下，水解、产酸和产甲烷的速度相对稳定，水解和产酸速度过慢或过快，都将影响到产生甲烷的正常进行。若水解和产酸速度太慢，原料分解速度低，发酵时间（周期）就会变长，产气速率下降；若水解和产酸速度太快，超过了产生甲烷的速度，就会积累大量的酸，致使pH值下降，出现酸化现象，抑制产甲烷作用，也会降低产气速率。

2. 沼气发酵的基本条件

沼气发酵是由多种细菌群参加完成的，它们在沼气池中进行新陈代谢和生长繁殖过程中，需要一定的生活条件，只有为其创造适宜的生长条件，使大量的微生物迅速的繁殖，才能加快沼气池内的有机物分解。另一方面控制沼气池内发酵过程的正常运行也需要一定的条件。因此，人工制取沼气必须具有发酵原料（有

机物质)、沼气菌种、发酵浓度、酸碱度、严格的厌氧环境和适宜的温度。这些条件有一项对沼气细菌不适应,也产生不了沼气。

(1) 碳氮比适宜的发酵原料:沼气发酵原料是产生沼气的物质基础,又是沼气发酵细菌赖以生存的养料来源。沼气发酵原料按物理形态分为固态原料和液态原料两类,按营养成分又有富氮原料和富碳原料之分。

富氮原料通常指富含氮元素的人、畜和家禽的粪便,这类原料经过了人和动物肠胃系统的充分消化,一般颗粒细小,含有大量人和动物未吸收消化的中间产物,含水量较高。因此,在进行沼气发酵时,它们不必进行预处理,就容易分解,产气很快,发酵时间较短。

富碳原料通常是指富含碳元素的秸秆和秕壳等,这类原料富含纤维素、半纤维素、果胶以及难降解的木质素和植物蜡质。干物质含量比富氮的粪便原料高,且质地疏松,比重小,进沼气池后容易飘浮形成浮壳层,发酵前一般需经预处理。富碳原料厌氧分解比富氮原料慢,产气周期较长。

氮素是构成沼气微生物躯体细胞质的重要原料,碳素不仅构成微生物细胞质,而且提供生命活动的能量。发酵原料的碳氮比不同,其发酵产气情况差异也很大。从营养学和代谢作用角度看,沼气发酵细菌消耗碳的速度比消耗氮要快25~30倍。因此,在其他条件都具备的情况下,碳氮比例配成(25~30):1可以使沼气发酵在合适的速度下进行。如果比例失调,就会使产气和微生物的生命活动受到影响。因此,人工制取沼气必须向沼气池里投入各种发酵原料,以满足沼气菌的需要。这对提高产气量,保证持久产气是非常重要的。

(2) 沼气菌种:如同发面要有酵母菌一样,制取沼气必须有沼气菌种才行。

沼气菌种都是从自然界来的,而沼气发酵的核心微生物菌落