

ZhaoQi Fajiao Canliuwu Liyong Jichu

沼气发酵残留物利用基础

张无敌 著 / 云南科技出版社

沼气发酵残留物利用基础

沼气发酵残留 物利用基础

张无敌 著

云南科技出版社
·昆明·

图书在版编目(CIP)数据

沼气发酵残留物利用基础/张无敌著. —昆明:云南
科技出版社, 2002

ISBN 7-5416-1654-0

I. 沼... II. 张... III. 甲烷-发酵-废物综合利用
IV. X71

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 024708 号

云南科技出版社出版发行

昆明市环城西路 609 号云南新闻出版大楼 邮政编码:650034

出版人:杨新书

昆明市五华区教育委员会印刷厂印刷 全国新华书店经销
开本:850mm×1168mm 1/32 印张:4.75 字数:125 千字

2002 年 5 月第 1 版 2002 年 5 月第 1 次印刷

印数:1~1000 册 定价:15.00 元

内容简介

本书全面系统地阐述了沼气发酵过程中的各种代谢产物,从理论角度和实际分析测定结果报道了沼气发酵残留物中的各种营养成分、生物活性成分和微量元素;详细总结了沼气发酵残留物的各种利用途径和产品开发的可能性,结合云南的实际,论述了云南农村大力发展沼气及其综合利用的可能性、可行性和必要性,估算了我国农村有机废弃物的资源量及沼气潜力。本书是推广沼气发酵残留物综合利用的基础读物,是开展沼气综合利用技术的重要参考书,可作为农村实用技术的培训教材,也可作为相关农业院校的参考用书,适宜中专以上文化程度的农业和农村能源专业技术人员阅读,可供相关专业科技人员、教师阅读和参考。

前 言

沼气的人工制取和利用已有 100 年的历史,沼气在我国农村的推广利用已经获得了显著的社会、生态、经济和能源效益。自 20 世纪 80 年代以来,沼气及其残留物的综合利用发展十分迅速,以沼气为纽带的生态农业建设正好体现了可持续发展的理念。沼气的制取不但能够获得高效清洁能源,而且有效治理了环境污染和恢复了自然生态。沼气及其残留物的综合利用与农业生产有机结合,内容涉及利用沼气加工农副产品、保鲜水果和贮藏粮食,效果好,无污染;利用沼液浸种、喂猪、养鱼,能提高产量,节约饲料;利用沼肥替代化肥,可减少农产品污染,改良农田土质;利用沼液喷施不但可以做为叶面增施有机肥,同时还可有效杀灭和防治病虫害,有利于发展绿色无公害农产品;利用沼气发酵残留物还可栽种食用菌,沼液可用做无土栽培营养液,利用沼液可进一步开发为商品液肥、病虫害防治剂等。诚然,沼气发酵系统在农业发展中的作用十分明显,沼气生态农业发展模式可以因地制宜地进行合理取舍与组合,北方典型的“四位一体”模式和南方“猪—沼—果”模式均成为了农民致富的有效途径。

进入新世纪以来,农村沼气的推广速度大大加快。“十五”期间,云南省每年将新建农村户用沼气池 20 万口,广西壮族自治区每年将新建沼气池 26 万口,湖南省每年将新建沼气池 36 万口……沼气替代传统生活燃料不但清洁、方便、卫生,而且对天然林的保护和生态环境的恢复有着直接的作用;沼气及其残留物的综合利用则有利于农村经济和农业的可持续发展。为了规范沼气综合利用技术,使沼气发酵残留物的综合利用取得更好的效益,增加

科技在农业发展中的含量,使农民确实得到实惠,这便是写作此书的目的。

本书共分为六个部分:第一章“我国农村有机废弃物资源及沼气潜力”,估算了我国农村的农作物秸秆、禽畜粪便和人粪尿资源量及其沼气潜力;第二章“沼气发酵残留物的品质”,分析了沼气发酵残留物中的营养成分、生物活性成分和微量元素的产生与含量;第三章“沼气发酵残留物综合利用途径”,论述了沼气发酵残留物做肥料与改良土壤、沼气发酵残留物作饲料养猪和养鱼、沼液浸种与防治农作物病虫害、沼气发酵残留物栽种食用菌以及沼液用做无土栽培营养液等;第四章“沼气发酵系统与生态农业建设”,述及沼气发酵系统以及沼气生态系统的作用、效益与种种模式;第五章“沼气发酵液的产品开发”,主要涉及沼气发酵液开发“高效有机花卉液肥”产品;第六章“云南省沼气建设与可持续农业发展”,结合云南省的特点,提出大力发展沼气及开展综合利用的可行性与必要性。

本书是作者从事沼气研究、利用和实践 16 年的工作总结。在这其间,入门恩师江蕴华先生带我走进了沼气研究领域,在许多同事如赵政鸿教授、宋洪川先生、刘士清先生等的帮助下,我才得以顺利完成一个又一个的实验与推广工作。本书的完成与云南大学微生物研究所彭谦先生的指点分不开;同时,我的妻子丁琨女士始终帮助、鼓励和支持我,没有她的关心难成此书。现借此书出版之际,均深表谢忱。

但终究限于水平,书中错讹疏漏之处在所难免,衷心欢迎广大读者提出批评意见,恳请有关专家学者不吝赐教。

作者于云南师范大学

目 录

前言

第一章 我国农村有机废弃物资源及沼气潜力	1
第一节 我国农作物秸秆的资源量	2
一、谷草比	2
二、农作物秸秆的资源量估计	4
第二节 我国牲畜粪便的资源量	5
一、各种牲畜排泄量计算参考值	5
二、我国各种牲畜粪便的年排放量估算	6
第三节 我国农村人粪便的资源量	8
第四节 我国的沼气潜力估计	8
一、秸秆的沼气潜力	9
二、牲畜粪便的沼气潜力	9
三、人粪便的沼气潜力	10
第二章 沼气发酵残留物的成分	13
第一节 沼气发酵的复杂性与多样性	13
一、发酵原料的多样化	14
二、沼气发酵系统在农业中的综合功能	14
三、代谢产物的多样性	15
四、实现工业化应用的前景	17
第二节 沼气发酵残留物的营养成分	18
第三节 沼气发酵残留物的生物活性物质	21
一、各种水解酶类	22
二、B 族维生素	22

三、氨基酸·····	23
四、植物激素·····	26
五、抗生素·····	26
六、腐植酸·····	26
第四节 沼气发酵残留物的矿物质元素分布·····	27
第三章 沼气发酵残留物综合利用途径·····	33
第一节 沼气发酵残留物的肥效·····	33
一、沼肥与堆沤肥的肥效比较·····	33
二、沼肥与堆沤肥的增产效果·····	35
三、沼肥对种植业的作用·····	36
第二节 沼气发酵残留物改良土壤的作用·····	38
一、改良土壤的意义·····	38
二、沼气发酵残留物改良土壤的效果·····	38
三、沼气发酵残留物培肥土力及其增产效果·····	41
第三节 沼气发酵残留物养猪·····	41
一、添加沼气发酵残留物养猪的效果·····	42
二、沼气发酵残留物养猪的作用机理分析·····	45
第四节 沼气发酵残留物养鱼·····	46
一、沼气发酵残留物养鱼效果·····	47
二、沼气发酵残留物对水体的改善·····	49
三、沼气发酵残留物稻田养鱼·····	51
第五节 沼气发酵液浸种·····	51
一、沼气发酵液浸种的效果·····	51
二、沼气发酵液浸种机理分析·····	55
第六节 沼气发酵液防治农作物病虫害·····	56
一、防治病虫害的问题·····	56
二、沼气发酵液防治农作物病虫害的种类·····	57
三、沼气发酵液防治农作物病虫害的效果·····	59

四、沼气发酵液对病原微生物的抑制	62
五、沼气发酵液防治病虫害的机理	64
六、沼气发酵液作为农药使用的前景	65
第七节 沼气发酵残留物栽培食用菌	65
一、沼气发酵残留物栽种食用菌能明显提高品质	66
二、沼气发酵残留物栽种食用菌的效益	66
三、菇渣仍是理想的有机肥	67
第八节 沼气发酵液用做无土栽培营养液	68
一、化学合成无土栽培营养液	68
二、沼气发酵液营养成分	69
三、沼气发酵液水培蔬菜效果	71
第九节 沼气发酵残留物综合利用与农村经济	72
第四章 沼气发酵系统与生态农业建设	77
第一节 沼气发酵系统	78
一、什么是沼气发酵系统	78
二、沼气发酵系统的输入物质	78
三、沼气及其综合利用	80
四、沼气发酵系统的功能	80
第二节 生态农业的基本概念	82
一、什么是生态农业	82
二、生态农业的基本特征	83
第三节 沼气发酵系统在生态农业中的地位和作用	84
一、生态农业建设的原则	84
二、沼气发酵系统的效益	85
三、沼气发酵系统在生态农业中的作用	86
四、沼气生态系统模式	87
第四节 以沼气为中心的生态农业模式	87

第五章 沼气发酵液的产品开发	94
第一节 沼气发酵液的营养平衡及调配	94
一、抑制因素的消除	95
二、营养物质的确定	95
三、营养物质的调配	96
第二节 高效有机花卉液肥生产工艺及流程	96
一、生产工艺	96
二、工艺流程	97
第三节 高效有机花卉液肥营养成分	98
一、常规营养成分	98
二、活性有机成分	98
三、微量元素	99
四、产品性能及使用说明	100
第四节 花卉栽培实验	101
一、水仙花栽培实验	101
二、文竹栽培实验	102
三、芦荟栽培实验	102
四、一串红栽培实验	104
五、紫茉莉栽培实验	106
六、其他花卉应用统计	109
第五节 鲜切花保鲜实验	109
一、石竹	110
二、玫瑰	110
三、菊花	111
第六节 沼气发酵液对蔬菜种子发芽的影响	112
第六章 云南省沼气建设与可持续农业发展	119
第一节 农村能源建设的意义	121
第二节 沼气及其综合利用在农业发展中的效益分析	122

一、我国的沼气发展现状	122
二、沼气及其残留物综合利用的途径	123
三、沼气及其残留物综合利用对农业发展已取得的 效益	123
第三节 云南省开展沼气及其残留物综合利用的潜力评估和 分析	126
一、气候条件分析	126
二、发酵原料的评估分析	126
三、云南省开展沼气及其综合利用的可行性分析	127
第四节 沼气及其残留物综合利用对农业发展的效益 预测	128
一、经济效益预测	128
二、生态效益预测	129
三、优化农业发展的预测	130
四、对改善扶贫工作的积极作用	130
五、对发展绿色食品的重要意义	131
第五节 问题与前景	131
一、亟待解决的问题	131
二、云南省沼气工作的现状	132
三、结束语	133

第一章 我国农村有机废弃物资源及沼气潜力

我国是一个农业大国,广阔的农村因生活和农业生产的发展,其有机废弃物——农作物秸秆、牲畜粪便和人粪尿的排放量日益增加,构成了农村最主要的有机垃圾资源。法国空想社会主义者傅立叶曾说:“垃圾是放错了地方的财富。”实现农村有机废弃物的资源化,变废为宝,将对农业的发展起到举足轻重的作用,同时对协调农村环境与农业发展具有重要的意义。

沼气发酵系统能有效地回收农村有机废弃物的能源,并且是非常理想的有机废弃物能源回收系统。农作物秸秆的热值较高,约为 $14\ 000 \sim 16\ 000\text{kJ/kg}$, 相当于普通煤的热值,直接燃烧秸秆,热效率低,浪费大。通过沼气发酵,其能源回收率高,而且是秸秆还田的理想途径。对于人畜粪便,含水量大,非常容易滋生病菌和虫卵,是蚊、蝇繁殖的最好场所。通过沼气发酵,能有效地为农户提供优质、清洁和高效的生活燃料,而且对于改善农村环境卫生和村落、庭院的面貌有着积极的作用。就地取材,变废为能,何乐而不为之!

农村有机废弃物数量虽然很多,但到底有多少?充分利用有机废弃物资源,能否解决农户的生活用能?其沼气潜力有多大?所有这些问题,本章将进行全面地分析、估算和评价。

在评价和估算中,需涉及的概念“总固体”说明如下:

总固体(即 Total Solids,以下简称 TS),又称干物质含量,是指

农村有机废弃物除去水分以后剩下的物质。测定方法为：把样品放在 105 ℃ 的烘箱中烘干至恒重，此时物质的重量就是该样品的总固体重量。

计算式为：

$$TS = \frac{\text{样品中 TS 的重量}}{\text{样品重量}} \times 100\% \text{ 或 } TS = \frac{W_1}{W_2} \times 100\%$$

式中： W_1 - 样品放在 105 ℃ 的烘箱中烘干的重量(g)； W_2 - 所取样品重量(g)。

第一节 我国农作物秸秆的资源量

不能食用的农作物根、茎、叶统称为秸秆。粮食作物产生的秸秆有麦秸、玉米秆、高粱秆、稻草等，经济作物产生的秸秆如棉花秆、豆秆、油料秆、蔗叶等。秸秆是作物通过光合作用而生成的生物物质，它虽然是农业生产中所产生的剩余物，但作物在生长过程中从土壤中获取的氮、磷、钾等营养元素却大量残存在秸秆中。秸秆的元素组成主要为碳、氢、氮、磷、钾等，各种农作物秸秆的成分和热值统计参见表 1-1。

一、草谷比

农作物秸秆的发生量，可根据农作物的产量进行计算：

$$\text{草谷比} = \frac{\text{农作物秸秆的产量}}{\text{农作物产量}}$$

$$\text{秸秆的资源量} = \text{农作物产量} \times \text{草谷比}$$

$$\text{秸秆的可开发量} = \text{秸秆的资源量} \times \text{收集系数}$$

草谷比和收集系数值，因各地农作物的品种、割茬的高度不同而有区别。为了全国统一计算，我们参照有关资料，给出了几种主要农作物的草谷比参考值，参见表 1-2。为了便于理解，我们依据草谷比换算为粮食作物籽粒与秸秆的比例，参见表 1-3。

表 1-1 各种秸秆的成分及其发热量(%,kJ/kg)

秸秆	水分	灰分	挥发分	碳	氢	氮	磷	钾	热值
杂 草	5.45	9.40	68.17	41.00	5.24	1.59	1.63	13.60	16 177
豆 秸	5.10	3.13	74.65	48.79	5.81	0.85	2.86	16.33	16 131
稻 草	4.97	19.86	65.11	38.32	5.06	0.63	0.146	11.28	13 957
玉米秆	4.87	5.93	71.45	42.17	5.45	0.74	2.60	13.80	15 525
谷 草	5.33	8.95	66.93	41.92	5.17	1.04	1.24	18.28	14 997
麦 草	4.39	8.90	67.36	41.28	5.31	0.61	0.33	20.40	15 349
棉花秆	6.78	3.99	68.50	43.50	5.35	0.91	2.10	24.70	15 968
高粱秆	4.71	8.91	68.90	41.93	5.25	0.59	1.12	13.60	15 052

表 1-2 几种主要农作物的草谷比参考值

农作物	麦类	稻谷	玉米	大豆	薯类	杂粮	油料	蔗叶	棉花
草谷比	1	1	2	1.5	1	1	2	0.1	3

表 1-3 几种主要粮食作物与秸秆比例概数

农作物名称	水稻	玉米	小麦	葫豆	碗豆	油料	大豆	棉花
籽:秸秆重	1:0.8-1.0	1:1.5-2.0	1:1	1:1	1:1	1:2	1:1.5	1:3

以上讨论的秸秆重量均是以风干值进行计算和比较的。通常情况下,因秸秆的种类不同而含水量不同,其范围在 10% ~ 20% 之间,参见表 1-4。

表 1-4 几种风干农作物秸秆的干物质与水分含量

农作物秸秆	麦草	稻草	玉米秆	油茅秆	蚕豆壳
干物质含量	85	80	85	80	80
水分含量	15	20	15	10	10

二、农作物秸秆的资源量估计

农作物秸秆包括粮食作物、棉花、油料、麻类、糖料、烟叶等的秸秆,其每年的发生量可依据作物的年产量进行估算,其量以风干样计,即 $TS = 80\%$ 。

1. 粮食作物的秸秆

据 1994 年中国农业年鉴报道(以下同):1993 年,我国粮食总产量为 45 648.8 万吨。综合我国的各种粮食作物,大约每年全国产生的秸秆量比粮食产量高,约为 5.65 亿吨,参见表 1-5。

表 1-5 我国粮食作物的秸秆估计量(万吨)

粮食作物	稻谷	小麦	玉米	谷子	高粱	其它	豆类	薯类
粮食产量	17 770.2	10 639.0	10 270.4	399.9	551.1	886.9	1 950.4	3 181.1
谷草比	1	1	2	1	1	1	1.5	1
秸秆量	17 770.2	10 639.0	20 540.8	399.9	551.1	886.9	2 925.6	3 181.1
粮食作物秸秆年发生量:56 494.6								

2. 棉花

1993 年,我国棉花产量为 3 739 325 吨,棉花的草谷比为 3,因此,每年因生产棉花产生的秸秆量为 1 122 万吨。

3. 油料

1993 年,我国油料产量为 18 047 744 吨,其中,花生 8 421 094

吨,油茶籽6 939 381吨,芝麻 563 970 吨,胡麻籽 496 026.0 吨,向日葵籽 1 282 261 吨。油料作物的草谷比以 2 计,则每年因此产生的秸秆为 3 609 万吨。

4. 麻 类

1993 年,我国各种麻类的总产量为 960 027 吨,其中,黄红麻为 671 589 吨,苧麻67 574吨,大麻 27 254 吨,亚麻 187 698 吨。因此而产生的秸秆约有 100 万吨。

5. 糖 料

1993 年,我国甘蔗总产量为 64 193 756 吨。平均种植 10 吨甘蔗可产生 1 吨蔗叶,因此每年产生的蔗叶量为 642 万吨。

6. 烟 叶

1993 年,我国烟叶产量为 3 451 492 吨,因此可产生烟草秸秆 173 万吨。

以上六项合计,我国每年所产生的农作物秸秆总量为 6.2 亿吨。

第二节 我国牲畜粪便的资源量

我国农村牲畜饲养总数较多,每年排出的牲畜粪尿量相当大。这些有机废弃物的含水量一般都比较大(参见表 1-6),是沼气发酵的理想原料。在本节里,所估算的我国每年排放的各种牲畜粪尿中,包含牛、马、骡、驴等大牲畜以及生猪、羊、鸡等动物的粪便量,为了便于统计分析,其资源量估算值均折算为原料 TS 是 20% 的粪便量。

一、各种粪便排泄量计算参考值

(1)体重 500 千克的牛,平均每天每头排泄粪 34 千克、尿 34 千克,年产牛粪量为 12 410 千克、牛尿 12 410 千克。

表 1-6 各种粪便的干物质与水分含量(%)

粪便	人粪	猪粪	牛粪	马粪	羊粪	鸡粪	人尿	猪尿	牛尿
干物质	20	20	20	20	75	80	0.4	0.4	0.6
水分	80	80	80	80	25	20	99.6	99.6	99.4

(2)体重 500 千克的马,平均每天每匹排泄粪 10 千克、尿 15 千克,年产马粪量为 3 650 千克、马尿 5 475 千克。

(3)体重 50 千克的猪,平均每天每头排泄粪 6 千克、尿 15 千克,年产猪粪量为 2 190 千克,猪尿 5 475 千克。

(4)体重 15 千克的羊,平均每天每只排泄粪 1.5 千克、尿 2 千克,年产羊粪量为 548 千克,羊尿 730 千克。

(5)体重 1.5 千克的鸡,平均每天每只排泄粪 0.1 千克,年产鸡粪 36.5 千克。

二、我国各种牲畜粪便的年排放量估算

1. 大牲畜粪便量

1993 年末,我国大牲畜存栏总数为 13 964.9 万头,其中:

(1)牛 11 291.8 万头,即每年排放的牛粪尿为:

牛粪 11 291.8 万头 $\times$ 12 410 千克/头 = 14.013 亿吨;

牛尿 11 291.8 万头 $\times$ 12 410 千克/头 = 14.013 亿吨。

牛尿的 TS 以 0.6% 计,牛粪 TS 为 20%,则 14.013 亿吨牛尿相当于 4 204 万吨牛粪,计算方法为:

$14.013 \text{ 亿吨} \times 0.6\% \div 20\% = 4 204 \text{ 万吨}$ (以下同)

因此牛每年排放的排泄物总量为 14.433 亿吨(TS = 20%)。

(2)马 996.7 万头,即每年排放的马粪尿为:

马粪 996.7 万匹 $\times$ 3 650 千克/头 = 3 638 万吨;

马尿 996.7 万匹 $\times$ 5 475 千克/头 = 5 457 万吨。