

高等学校教材

养殖业固体废弃物 快速堆肥化处理

► 王 岩 主编
庄 森 任广志 副主编



化学工业出版社
教材出版中心

高等学校教材

养殖业固体废弃物快速 堆肥化处理

王 岩 主编

庄 森 任广志 副主编



化学工业出版社
教材出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

养殖业固体废弃物快速堆肥化处理/王岩主编. —北京: 化学工业出版社, 2004. 10
(高等学校教材)
ISBN 7-5025-6191-9

I. 养… II. 王… III. 畜禽-养殖-固体废物-堆肥-废物处理 IV. ①S141.4②X713

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 106224 号

高等学校教材
养殖业固体废弃物快速堆肥化处理

王 岩 主编
庄 森 任广志 副主编
责任编辑: 杨 菁
文字编辑: 周 侗
责任校对: 宋 玮
封面设计: 于剑凝

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)
发行电话: (010) 64982530
[http:// www. cip. com. cn](http://www.cip.com.cn)

*

新华书店北京发行所经销
北京市彩桥印刷厂印装

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 8 $\frac{1}{4}$ 字数 205 千字

2005 年 1 月第 1 版 2005 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6191-9/G · 1607

定 价: 19.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

内 容 提 要

本书是全面、系统阐述养殖业畜禽粪便快速、高效堆肥化处理及应用方面的专著。全书共分六章，第一章主要介绍了我国畜禽养殖业的发展和畜禽粪便处理现状；第二章论述了利用畜禽粪便进行高温堆肥的基本原理、畜禽粪便高温堆肥的优越性、堆肥发酵的条件与调控、堆肥的腐熟和堆肥处理周期等；第三章和第四章介绍了堆肥处理方式、设施及其相关的机械，堆肥处理规模计算所需的基本参数和堆肥建设规模计算举例；第五章介绍了臭气除臭原理、基本方法和基本设施；第六章分析了堆肥的品质与特性和堆肥在农业中的合理施用等内容。

本书理论结合实际，理论论述深入浅出，实例典型生动，图文并茂，可作为农业大专院校的教材和参考读物，亦适合具有大专以上文化水平的农业技术人员、从事养殖和生态农业建设以及农村环境保护科技工作者阅读。

前 言

随着农村产业结构调整的逐步深入,我国畜禽养殖业的规模化、专业化趋势得到了巨大的发展。但是伴随着我国畜禽养殖业发展规模的日益扩大,大量畜禽排泄物的处理已成为当务之急。

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》和控制畜禽养殖业产生的废水、废渣和恶臭对环境的污染,促进养殖业生产工艺和技术进步,国家环境保护总局与国家质量监督检验检疫总局于2003年1月1日联合颁布了《畜禽养殖业污染物排放标准》,随着该标准的严格实施,一些大中型养殖场排泄物的排放将受到严格的监督与限制。

畜禽粪便富氮、磷和有机营养,是制作有机肥的优质原料。但在处理方法的选择、工艺流程设计、处理规模等方面考虑不周,不仅花费了大量投资、增加了畜粪处理成本,而且在处理中还产生了大量的二次污染。除此之外,在畜禽粪便处理中由于还存在很多技术误区,常导致一些中小型养殖业主陷入困惑。因此,在我国畜禽养殖业的粪便处理中,除需要大力开展畜禽排泄物快速、高效化处理技术的研究外,更需要普及和推广这方面的基本知识和技术,扶持养殖业主积极开展畜禽废弃物的处理工作,以改善农村生态环境。

正是从这一目的出发,本书针对我国养殖业废弃物处理和利用现状,重点介绍了如何利用畜禽粪便进行快速和高效堆肥化处理的基本原理、与堆肥相关的机械设施、堆肥处理规模的计算、堆肥场臭气的消除以及堆肥合理施用等方面的内容,希望能为广大的养殖业主和农村环境保护工作者提供有益的参考和借鉴。

本书是全面、系统阐述养殖业畜禽粪便快速、高效堆肥化处理及应用方面的专著,由王岩、庄森、任广志、江传杰和任心俊共同编写完成。

本书理论结合实际,理论论述深入浅出,实例典型生动,图文并茂,可作为农业大专院校的教材和参考读物,亦适合具有大专以上文化水平的农业技术人员、从事养殖和生态农业建设以及农村环境保护科技工作者阅读。针对书中内容,读者如有不详之处可通过电子邮件与作者进行联系和商榷,作者电子邮箱:wangyan371@yahoo.com.cn; zhuangsh-en680@yahoo.com.cn。

王岩 庄森

2004年6月于郑州大学

目 录

第一章 我国养殖业的发展及畜禽粪便处理现状	1
第一节 我国畜禽养殖业的发展现状.....	1
一、我国畜禽养殖业的发展概况.....	1
二、我国畜禽养殖规模化发展及其特点.....	2
三、目前我国畜禽养殖业的规模.....	4
第二节 我国的畜禽粪便资源及处理技术.....	4
一、我国畜禽粪便资源量.....	4
二、畜禽粪便的环境污染.....	5
三、我国畜禽粪便处理现状及存在的问题.....	6
第二章 堆肥处理	8
第一节 堆肥的基本原理及工艺流程.....	8
一、堆肥的基本原理.....	8
二、堆肥工艺流程及参数.....	9
第二节 畜禽粪便高温堆肥的优越性	10
第三节 堆肥发酵的条件与调控	11
一、堆肥材料的特性	11
二、堆肥材料的水分含量	14
三、充足的氧气供应	18
四、堆肥过程中的微生物	20
五、温度	20
第四节 堆肥的腐熟	22
一、腐熟的定义	22
二、腐熟的目的	23
三、堆肥腐熟与有害物质含量之间的关系	23
四、腐熟过程中的成分变化	26
五、腐熟度的判定方法	28
第五节 堆肥处理周期	30
一、堆肥处理周期的定义	30
二、堆肥处理周期的确定	30
第六节 堆肥原料及堆肥水分的测定	32
一、水分含量与畜禽粪便的形状	32
二、水分测定法	33
三、水分表示方法	33

第三章 堆肥处理设施与机械	34
第一节 堆肥方式及其概要	34
一、堆肥方式的种类及其特点	34
二、主要堆肥设施及其特征	36
第二节 堆肥的造粒设备	44
第四章 堆肥设施建设规模的计算	47
第一节 计算堆肥设施建设规模时应注意的问题及必需的基础数据	47
一、计算堆肥设施建设规模时应注意的问题	47
二、计算堆肥设施建设规模时必需的基础数据	47
三、堆肥基本设施的必要容积及面积	53
第二节 堆肥设施建设规模计算举例	55
第三节 堆肥设施建设面积的计算	84
一、堆肥处理所必需的区间	85
二、场房建设所必需的区间	85
三、建设面积的计算	86
第四节 堆肥设施建设时应注意的问题及构造的基本要求	87
一、堆肥设施建设时应注意的问题	87
二、堆肥设施构造的基本要求	88
第五章 堆肥处理场的除臭	90
第一节 堆肥过程中臭气发生特征	90
第二节 除臭方法及其特征	94
一、除臭方法及其种类	95
二、生物除臭法及其特征	96
三、适于养殖及畜禽粪便处理场的代表性生物除臭方法	100
第三节 除臭装置规模的计算	104
一、臭气的捕捉与换气方法	104
二、除臭装置的必要容积及面积的计算	105
第六章 堆肥的合理施用	108
第一节 堆肥的品质与特性	108
第二节 施用畜禽粪便堆肥的作用	111
一、施用堆肥可以提供作物各时期生长所需要的养分	111
二、土壤的改良效果	113
三、过量施用畜禽粪便堆肥的不良影响	114
四、畜禽粪便堆肥的施用量	116
附录一 畜禽养殖污染防治管理办法	118
附录二 畜禽养殖业污染防治技术规范	120
附录三 畜禽养殖业污染物排放标准	124
附录四 无公害农产品管理办法	128
主要参考文献	132

第一章 我国养殖业的发展及畜禽粪便处理现状

第一节 我国畜禽养殖业的发展现状

一、我国畜禽养殖业的发展概况

1949年以后，特别是改革开放以来，我国的畜牧业保持了较高的发展速度，实现了持续增长，畜产品产量在世界上占有重要的地位，已成为名副其实的畜牧业生产大国。肉类产量以每年10%以上递增，奶类和禽蛋递增率也在10%以上。1986年我国的禽蛋产量首次超过美国，1991年肉类产量首次超过美国，以后连续几年保持世界第一。肉类产量占世界的比重从1962年的3.61%提高到2002年的26.91%（图1-1）。据统计，1983年末全国各种畜禽存栏达到5.7亿头（牲畜）；1997年各种畜禽出栏数达到7亿多头（大牲畜）；1998年我国肉、蛋、奶总产量分别高达5514万吨、2220万吨和1106万吨；2002年我国肉类总产量高达6594.6万吨，禽蛋总产量为2380万吨，与1962年相比分别增加

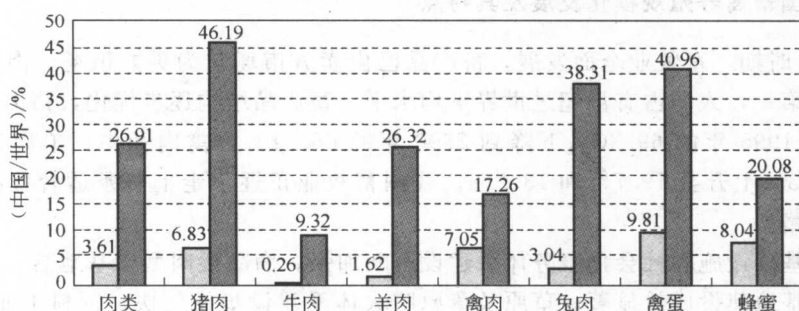


图 1-1 1962 年和 2002 年中国畜产品产量占世界畜产品产量比重

□ 1962 年；■ 2002 年

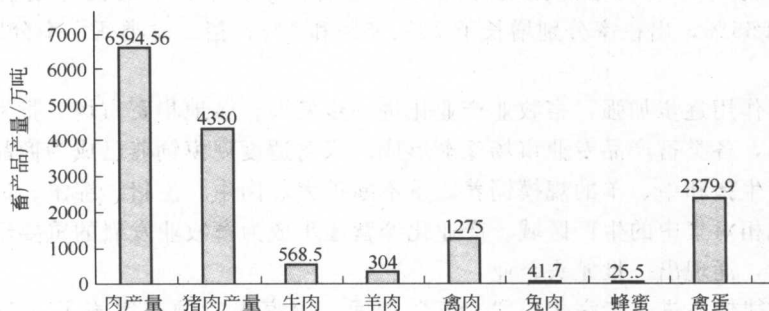


图 1-2 我国 2002 年畜产品产量统计

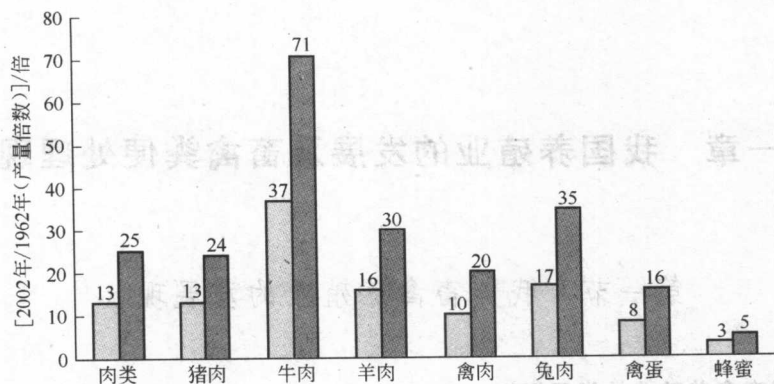


图 1-3 2002 年与 1962 年的畜产品产量比较

□ 人均产量；■ 总产量

了 25 倍和 16 倍 (图 1-2 和图 1-3)。

目前,世界人口平均每人每日蛋白质供给水平约为 70g 左右,其中动物蛋白质为 25g 左右,发达国家的平均蛋白质供给量和动物蛋白质分别为 100g 和 60g。我国城乡居民的蛋白质供给总量已基本接近世界平均水平,但动物蛋白质仅为 20g 左右,与世界平均水平仍有一定差距。随着城乡居民收入的不断增长,居民生活质量将进一步提高,居民畜产品消费需求仍将呈现不断增长的趋势。

二、我国畜禽养殖规模化发展及其特点

“九五”时期,畜牧业全面发展,畜产品已由卖方市场转为买方市场。肉类、禽蛋产量仍居世界第一,人均占有量超过世界平均水平。畜产品结构逐步优化,猪肉在肉类总量中的比重由 1995 年的 69.36% 下降到 2000 年的 65.81%,禽肉和牛、羊肉比重分别由 18% 和 11.73% 上升至 19.7% 和 13.2%。我国畜牧业正逐步走上一条适合我国资源状况的节粮型道路。

畜牧业基础设施和社会化服务体系建设不断加强。商品瘦肉型猪基地县、秸秆养畜示范县等商品基地建设成效显著;草原及草原防火体系建设步伐加快;饲料工业发展迅速,初步形成了结构完整的饲料工业体系;畜牧业社会化服务体系得到进一步加强。

科技进步对畜牧业经济增长的贡献进一步提高。科技进步对畜牧业经济增长的贡献率已由“九五”初期的 45% 增加到现在的 48% 左右。猪、牛、羊的良种覆盖率分别达到 90%、30% 和 55%,出栏率分别增长了 7%、5% 和 1%;猪、禽类死亡率分别下降到 8% 和 18%。

市场机制作用逐步加强,畜牧业产业化进一步发展。各地集贸市场、批发市场、零售市场快速发展,各类畜产品专业市场逐渐形成。家禽适度规模饲养已成为商品禽蛋、禽肉的主要方式,生猪和牛、羊的规模饲养比重不断扩大。肉牛、生猪、绵羊、肉鸡、蛋鸡等在全国已形成相对集中的生产区域。产业化经营逐步成为畜牧业发展的重要经营方式,形成了多种模式,涌现出一批龙头企业。

畜牧业法律体系进一步完善。“九五”期间,国家先后颁布实施了《动物防疫法》、《饲料和饲料添加剂管理条例》,出台了一系列畜牧业法规的配套细则和管理办法,进一步

健全和完善了畜牧业生产与经营的法律体系,使畜牧业管理方式逐步走向法制化管理的轨道。

总体来看,畜牧业已由农村家庭副业发展成为农村经济中的支柱产业。畜牧业开始由偏重产量增长向质量和产量并重的方向转变,增强国际竞争能力和保护生态环境已逐步摆上行业发展的议事日程,我国畜牧业进入了一个新的发展时期,并具有了以下明显特点。

1. 畜牧业已成为农村经济中的重要支柱产业

畜牧业产值占农业总产值的比重稳步上升。据统计,1949年我国畜牧业总产值仅为33.7亿元(按1957年不变价格计算),占农业总产值的12.4%,发展到1988年才突破20%。但是,到了1993年我国畜牧业总产值已达到2686.77亿元(按1991年不变价格计算),占农业总产值的27.7%;2000年畜牧业总产值达7393.1亿元,占农业总产值24915.8亿元的29.67%,2001年已占农业总产值的30%(图1-4)。目前,全国从事畜牧业生产的劳动力有8000多万;畜牧业发达地区畜牧业现金收入约占农业现金收入的一半,畜牧业纯收入约占农民纯收入的30%左右。例如,河南省1998年畜牧业产值占农业总产值的比重达到了36.1%(按1990年不变价)。畜牧业已成为河南省农业产业化突破口和承农启工的中轴产业,成为河南省农业和农村经济的重要支柱产业和农村经济新的增长点。

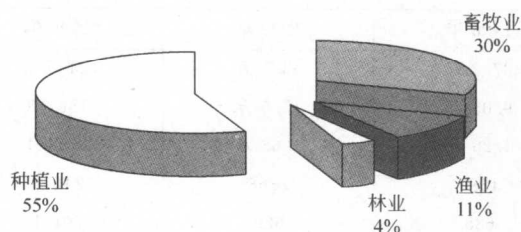


图 1-4 2001 年农业产值结构

2. 畜牧养殖规模越来越大和集约化程度越来越高

我国畜禽养殖业以往多为分散经营,在农村仅作为副业生产,由于畜禽饲养数量少、规模小,畜禽废弃物可及时处理,对环境的污染不严重。近十多年来,畜禽业大力发展,已由农村副业发展成为独立的行业,集约化程度越来越高。据统计,1990年全国20万只以上的蛋鸡场超过200个,年产100万~1000万只肉鸡的大型肉鸡场在北京、上海、吉林和辽宁等地也相继建成投产。从20世纪80年代开始,养猪由散养开始变为集约化饲养,并在许多大中城市(如北京、上海、南京、广州、杭州、深圳等地)已相继建成万头规模的养猪场。

3. 畜禽养殖场逐渐成为城镇的一部分

为了搞好“菜篮子工程”,各级政府都高度重视畜牧业的发展。发展初期养殖场多建在交通方便但人口较少的地区。近几年,随着城市化进程的加快和人口的增加,许多养殖场已与周边村镇居民区日益接近甚至已成为城镇的一部分。这些集约化养殖企业向城市近郊和人口密集的地区转移,一方面极大地改善了城镇居民的生活水平,但是另一方面由于城市周围没有充足的土地利用养殖场产生的畜禽粪污,不仅造成资源的极大浪费,也产生了严重的污染。

三、目前我国畜禽养殖业的规模

进入 20 世纪 90 年代以来,在引进国外先进技术设备和种质资源的基础上,我国畜禽养殖业得到了迅速发展,畜禽业的集约化程度也越来越明显。其中在养猪和养鸡业中这种集约化趋势更加明显。据统计资料表明,1999 年全国出栏在 50 头以上的商品猪专业户和猪场已发展到 81.2 万个(户),出栏肉猪 11121.8 万头,占全年全国生猪出栏总数的 21.4%;养殖规模在 3000~9999 头的养殖场已达 2368 个(表 1-1)。另据报道,广东省的集约化养猪业已占全省生猪总量的 90%以上;江苏规模饲养肉猪占全省 19%以上,苏州、无锡两市规模养猪占 55%,肉鸡规模饲养量已占全省 50%以上。1998 年河南省各类养殖专业场(户)已达到 55 万个,所出栏的生猪、羊、牛和家禽分别占各自出栏总量的 24%、16%、12.5%和 40%,存栏猪、肉牛和肉羊分别占各自存栏总量的 17.5%、8.2%和 12.4%。在规模养殖蓬勃发展的基础上,一些地方的畜牧业已步入产业化的轨道,我国大部分城市都在城市郊区建立起了自己的副食品生产基地,出现了一大批大型规模化畜禽养殖场,农村集体化养殖和个体私营养殖场点也开始向规模化发展。

表 1-1 1996 年和 1999 年养猪规模对比

范围/头	场(户)数		出栏/万头	
	1996 年	1999 年	1996 年	1999 年
50~99	37.2 万	63.7 万	2466.1	4336.6
100~499	9.05 万	15.5 万	1861.8	2975.3
500~2999	1.25 万	1.68 万	1258.4	1746.3
3000~9999	1591	2368	746.9	1085.9
1 万~5 万	635	629	791.1	898.8
5 万	6	12	37.8	78.9
合 计	47.7 万	81.2 万	7162.1	11121.8

第二节 我国的畜禽粪便资源及处理技术

一、我国畜禽粪便资源量

1. 畜禽粪尿的排泄系数

目前,我国有关畜禽排泄量等方面的资料还比较少,并且不同资料中所列出的数据也相差较大,因此今后还应加强这方面的调查与研究。畜禽粪尿排泄量与动物种类、品种、性别、生长期、饲料甚至天气等多方面因素有关。表 1-2 和表 1-3 列出了畜禽粪尿的日排泄量和年排泄量。

2. 畜禽养殖业的粪便资源量

规模化畜禽养殖场所产生的最主要污染物是粪尿和大量臭气。一个年产万头生猪的大型集约化养猪场,每天排放的粪污可达 100~150t, BOD_5 高达 400~6000mg/L。在许多省份和地区(特别是城郊和工矿区)畜禽排污量已大大超过了人生活排污量,按排泄量计,

表 1-2 畜禽粪尿日排泄量及其中氮、磷的含量

畜 种		排泄量/[kg/(头·日)]			氮量/[g/(头·日)]			磷量/[g/(头·日)]		
		粪	尿	合计	粪	尿	合计	粪	尿	合计
奶牛	挤奶牛	45.5	13.4	58.9	152.8	152.7	305.5	42.9	1.3	44.2
	未经产	29.7	6.1	35.8	38.5	57.8	96.3	16.0	3.8	19.8
	成牛	17.9	6.7	24.6	85.3	73.3	158.6	14.7	1.4	16.1
肉牛	2岁未滿	17.8	6.5	24.3	67.8	62.0	129.8	14.3	0.7	15.0
	2岁以上	20.0	6.7	26.7	62.7	83.3	146.0	15.8	0.7	16.5
	乳用种牛	18.0	7.2	25.2	64.7	76.4	141.1	13.5	0.7	14.2
猪	育肥猪	2.1	3.8	5.9	8.3	25.9	34.2	6.5	2.2	8.7
	繁殖猪	3.3	7.0	10.3	11.0	40.0	51.0	9.9	5.7	15.6
蛋鸡	仔鸡	0.059		0.059	1.54		1.54	0.21		0.21
	成鸡	0.136		0.136	3.28		3.28	0.58		0.58
肉用鸡		0.130		0.130	2.62		2.62	0.29		0.29

表 1-3 畜禽粪尿年排泄量

污 染 物	生猪	蛋禽	肉禽	牛
粪/[kg/(头·a)]	396	27.38	8.25	10950
尿/[kg/(头·a)]	522	—	—	6570
BOD ₅ /(g/L)	36.54	2.46	0.74	293.83
氮氮/(g/L)	6.75	0.33	0.099	4.38

一头奶牛相当于 16 个人的排泄量，一头猪相当于 2 个人的排泄量。据统计 1995 年我国仅规模化养殖场畜禽粪便排泄总量在 173216 万吨/a（表 1-4）。

表 1-4 1995 年我国仅规模化养殖场畜禽粪便 N、P 含量及粪便总量 万吨/a

项 目	牛	猪	羊粪	家禽粪	总量
全 P	146.1	115.9	16.18	83.49	362.9
全 N	900.0	307.5	81.97	199.64	1597.6
粪便量	107533	27141	34156	18875	173216

二、畜禽粪便的环境污染

畜禽粪便既是宝贵的有机肥资源，又是严重的污染源。畜禽粪便中含有大量的 N、P 等营养物（表 1-5），是营养非常丰富的有机肥。长期以来，我国农民一直把畜禽粪便作为提高土壤肥力的主要来源，畜禽粪便是保证我国农业可持续发展的宝贵资源。

表 1-5 每只（头）畜禽每年排泄粪便中 N 和 P 含量 kg/(只·a)

项 目	牛		猪		羊粪	家禽粪
	粪	尿	粪	尿		
全 P	8.61	1.46	1.36	0.34	0.45	0.115
全 N	31.90	29.20	2.34	2.14	2.28	0.275

由表 1-4 可见，我国畜禽粪便产生量很大，每年产生的量约为 17.3 亿吨，其中牛粪

10.7 亿吨、猪粪 2.7 亿吨、羊粪 3.4 亿吨、家禽粪 1.8 亿吨, 畜禽粪便中总 N 含量为 1597 万吨、P 为 363 万吨。1995 年我国化肥施用量折合成 N、P 分别为 2021.9 万吨和 632.4 万吨, 畜禽粪便中的 N、P 含量则相当于同期施用化肥量的 78.9% 和 57.4%。

畜禽粪便既是一种宝贵的资源, 又是一个严重的污染源, 如不经妥善处理即排入环境, 将会对地表水、地下水、土壤和空气造成严重的污染, 并危及畜禽本身和人体健康。特别是大城市郊区的集约化大型畜禽养殖场, 畜禽粪便由于没有出路, 长期堆放致使空气恶臭、蚊蝇滋生、污染周围水环境, 因此成为环境的重要污染源。

在畜牧业生产中, 因采用冲水方式清洗场地, 每天都有大量污水排出, 这些污水中含有大量的有机质、消毒剂、病原菌微生物和寄生虫卵等。有资料表明, 一个年产 10.8 万头肥猪的养猪场, 每小时可向大气排放 15 亿个菌体、159kg 氨、14.5kg 硫化氢、25.9kg 饲料粉尘, 这些物质对大气的污染半径可达 4.5~5.0km, 在距猪场不同方向的 3.5km 处, 空气中氨含量多数超过 0.2mg/L 的卫生标准。猪粪任意排放的污水经降水淋洗进入自然水体后, 使水中悬浮物 (SS)、化学耗氧量 (COD) 和五日生物化学需氧量 (BOD_5) 提高, 这些有机质迅速分解, 大量消耗了水中的溶解氧, 影响了水生生物的生存并导致严重的水体富营养化。

对于畜牧业造成的污染, 国外发达国家早有认识, 并且对养殖业的粪便及污水排放量都有严格的规定。如日本早在 20 世纪 60 年代就提出了“畜产公害”问题, 1999 年又在以往相关法律基础上制定了《家畜排泄物的正确管理及促进利用的相关法律》(1999 年 7 月 8 日, 法律第 112 号)。欧洲一些养殖发达国家也都有严格的规定和管理规则以防止环境污染。我国养殖业发展起步晚, 但是发展迅速, 再加上长期以来人们的环境保护意识不强等原因, 致使养殖业造成的环境污染现象越来越严重。

三、我国畜禽粪便处理现状及存在的问题

畜牧业的迅速发展, 已使我国猪、鸡、鸭、羊、驴的存栏头/只数均位居世界之首。但是, 与养殖业发达国家相比, 我国在畜禽粪污处理和利用方面才刚刚起步, 差距还很大, 问题的解决已刻不容缓。

为贯彻《环境保护法》和控制畜禽养殖业产生的废水、废渣和恶臭对环境的污染, 促进养殖业生产工艺和技术进步, 2003 年 1 月 1 日国家环境保护总局与国家质量监督检验检疫局联合颁布了《畜禽养殖业污染物排放标准》, 将来一些大中型养殖场排泄物的排放将受到严格的监督与限制。

1. 我国畜禽粪便的处理现状

在较大规模的养殖场中常常采用冲水方式清理养殖场, 因此每天都有大量的污水和畜禽粪便产生。例如, 一座年出栏万头的养猪场, 每天排出近 100t 的污水和 2.1~3.3t 之多的猪粪便。由于这些废弃物的处理投资大、效益差, 因此有的养殖业主不加任何处理就把污水直接放入河流、湖泊或农田, 从而导致了河水、湖泊和地下水的污染。大量的畜禽粪便由于没有合适的出路有时则随地堆放, 这不仅会滋生蚊蝇, 在堆放中也产生大量恶臭 (NH_3 、 H_2S 、 CH_4 等) 污染空气, 如遇雨天则因污水四溢常常引起附近居民的极大不满。即使将这些畜禽粪便卖给农民作为有机肥施用, 如不善加处理也容易造成人、畜禽传染疾病的发生与流行。

近年来,在环保及畜产管理部门的督促下,部分资金相对雄厚的大型养殖场也相继开展了畜禽粪便处理工作,但在处理方法的选择、工艺流程设计、处理规模等方面仍存在很多问题。例如,一些养鸡场通常采用烘干法来处理鸡粪,因处理中需消耗大量的煤或电,所以处理成本很高;同时加热处理不仅导致大量臭气散发污染空气,而且易损害工人身体健康;由于处理中加热不均匀常使鸡粪产品中存活的病原菌超标;另外,除产品本身仍有恶臭外,产品返潮后散发的恶臭更大。因此,有些省份已下令禁止采用烘干法处理鸡粪。尽管有一些养殖场采用了堆肥发酵的方法处理畜禽粪便,但由于处理中堆肥条件(如含水量、通气性等)调控不当,常使堆肥周期过长而影响粪便处理能力;处理中产生恶臭污染空气;添加作物秸秆类物质过多或处理时间短等原因使堆肥腐熟度差等。除此之外,畜禽粪便处理中还存在很多技术误区常导致一些中小型养殖场在建设投资等方面陷入困境。由此可见,在我国畜禽养殖业的粪便处理中,除需要大力开展畜禽排泄物快速、高效化处理技术的研究外,更需要普及和推广这方面的基本知识和技术,扶持他们积极开展畜禽废弃物的处理工作,以改善农村生态环境。

2. 畜禽粪便最佳处理方式

目前,国内外在畜禽排泄物的处理中以好氧处理(高温堆肥)、厌氧处理(沼气)和焚烧处理(灰化)为主。畜禽粪便的厌氧处理在国内外非常流行,这种方式不仅部分解决了养殖企业的能源问题又解决了畜禽粪便污染环境的问题。但是,在北方由于冬季气候寒冷,致使沼气产生量不足甚至不产气,因此这种方式的推广受地区限制很大,一般只适合于我国南方。由于在饲料中(尤其是猪饲料)常添加较多的金属元素作为添加剂,如Cu、Zn元素等。高浓度的金属元素尤其是Cu的存在,易使厌氧发酵细菌失活,从而强烈地抑制沼气发酵。另外,由于经处理后的沼渣仍为液体状或稀糊状,不仅在运输和农田施用中不方便,而且更不利于长距离运输。畜禽粪便的焚烧处理在一些国家也常被采用,但一般是用来处理那些不能进行资源化的材料,如流行疫病发生期间或含有害物质(如重金属超标)的畜禽粪便材料等。在一些国土面积狭小的地区和国家,如日本常采用此法。由于我国资源相对缺乏,目前我国土地畜禽粪便平均施用量仍非常低,因此更应该将这些畜禽粪便进行资源化处理后归还于土壤,以促进生态农业的持续发展。

在众多的畜禽粪便处理方式中,因好氧堆肥化处理成本最低、无害化程度高、处理能力强、处理后的产品方便运输和在农田施用,并且也符合持续农业发展的观点因而备受人们欢迎。畜禽排泄物的堆肥化处理,是在好氧条件下利用微生物快速地把排泄物中易分解和较易分解部分分解转化,起到杀灭病原菌和杂草种子、除臭、减少水分含量、降低体积和重量并提高速效养分含量的作用。因此,本书将从第二章开始,专门论述利用畜禽粪便进行堆肥化处理的技术体系,向广大养殖业技术人员、专业户等普及推广堆肥化的基本知识和技术,以解决我国养殖业中粪便污染环境的问题。

第二章 堆肥处理

第一节 堆肥的基本原理及工艺流程

一、堆肥的基本原理

自然界中有很多微生物具有氧化、分解有机物的能力。利用微生物在一定的温度、湿度和 pH 值条件下，将有机性废弃物进行生物化学降解，使其形成一种类似腐殖质土壤的有机物质用作肥料和改良土壤。这种利用微生物降解有机性废弃物的方法称为生物处理法，一般又称堆肥化处理。好氧堆肥过程中一些物质成分的变化如图 2-1 所示。

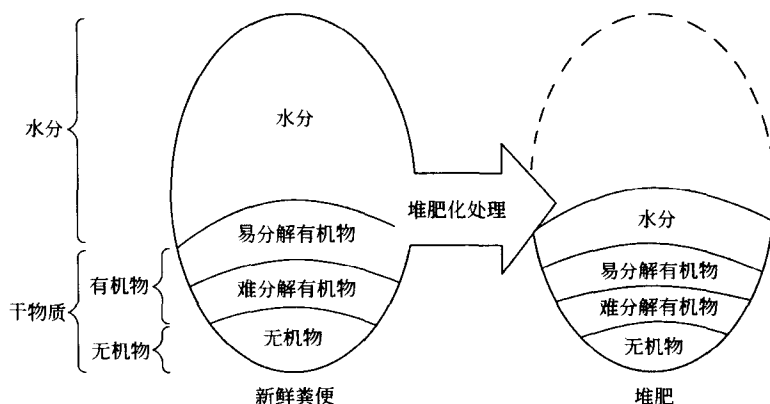


图 2-1 堆肥化处理中畜禽粪便成分的变化

有机性废弃物是堆肥中微生物赖以生存、繁殖的物质条件，由于微生物生活时有的需要氧气，有的不需要氧气，因此，根据处理过程中起作用的微生物对氧气要求不同，有机性废弃物堆肥化处理可分为好氧堆肥法（高温堆肥法）和厌氧堆肥法两种。前者是在通气条件下借助好氧微生物活动使有机物得到降解，由于好氧堆肥温度一般在 $50\sim 60^{\circ}\text{C}$ ，最高时可达 $70\sim 80^{\circ}\text{C}$ ，故也称为高温堆肥。后者是利用厌氧微生物发酵进行肥料制作的过程。

1. 好氧堆肥

好氧堆肥是在有氧的条件下，借助好氧微生物的作用来进行的。在堆肥过程中，有机性废弃物中的溶解性有机物质透过微生物的细胞壁和细胞膜为微生物吸收，固体和胶体的有机物先附着在微生物体外，由微生物所分泌的胞外酶分解为溶解性物质后再渗入细胞。微生物通过自身的生命活动——氧化、还原和合成过程，把一部分有机物氧化成简单的无机物，释放出生命活动所需的能量，并把一部分有机物转化为生物体所必需的营养物质以合成新的细胞物质，于是微生物逐渐生长繁殖产生更多的生物体。

一般情况下利用堆肥温度变化作为堆肥过程的评价指标。一个完整的堆肥过程由四个堆肥阶段组成，即低温阶段、中温阶段、高温阶段和降温阶段。每个阶段都拥有不同的细菌、放线菌、真菌和原生动物，这些微生物就利用废弃物中的有机物质作为食物和能量来源直至形成稳定的腐殖质物质为止。

2. 厌氧堆肥

厌氧堆肥是在无氧条件下借助厌氧微生物的作用来进行的，图 2-2 是厌氧发酵过程示意。

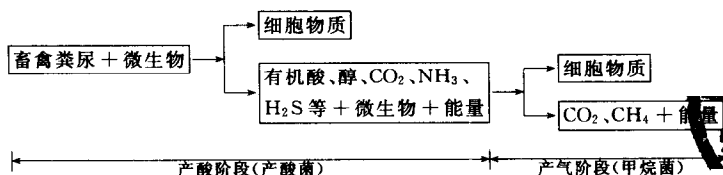
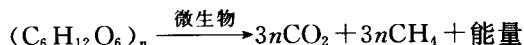


图 2-2 厌氧发酵过程示意

当有机物厌氧分解时，主要经历酸性发酵和碱性发酵两个阶段。分解初期微生物活动中的分解产物主要是有机酸、醇、二氧化碳、氨、硫化氢、磷化氢等。在这一阶段，因有机酸大量积累，发酵材料中 pH 值逐渐下降。随着易分解性有机物质的减少和氧化还原电位的下降，另一群统称为甲烷细菌的微生物开始分解有机酸和醇类等物质，主要产物是甲烷和二氧化碳。随着甲烷细菌的繁殖，有机酸迅速分解、pH 值迅速上升，这一阶段叫碱性发酵阶段。以纤维素分解为例，堆肥的厌氧分解反应表示为：



由于厌氧发酵后的产物呈液体状，有时仍含少量病原菌和散发臭气，所以在农田施用时必须经过灭菌并用专门的沼液散布机械进行喷洒，施肥田块的土地面积也要大，所以该方法比较适合于大农场使用。此外，由于沼气的产生受外界温度变化影响大，在北方寒冷的冬季产气量低，因而比较适合我国南方。有关沼气发酵方面的专门书籍已有很多，故本书在此不作专门介绍，而主要介绍利用畜禽粪便进行好氧堆肥的方法与技术。

二、堆肥工艺流程及参数

传统的堆肥化技术采用厌氧的野外堆积法，这种方法不仅占地面积大、堆制时间长，而且无害化程度也低。现代化的堆肥生产一般采用好氧堆肥工艺，具有机械化程度高、处理量大、堆肥发酵速度快、无害化程度高和便于进行清洁化生产等优点。畜禽粪便的好氧堆肥通常由前处理、一次发酵（主处理或主发酵）、二次发酵（后熟发酵）以及后续加工、贮藏等工序组成。

1. 前处理

因为畜禽粪便中水分含量大（含水量通常在 70%~90%），如果不进行水分调节就会出现通气不良而出现堆肥温度上升慢、臭气产生量大，并且搬运搅拌也不方便等。因此前处理的主要任务是进行水分含量、材料通气性和 C/N 调节。同时也可以顺便除去那些较大而不适合堆肥的物质如铁丝、砖瓦、石块、塑料膜、绳索等杂质，否则会影响以后的搅拌、通气等过程。

2. 一次发酵

畜禽粪便的一次发酵通常在特定的发酵场所（槽、池等）或装置内进行，在堆肥过程中通过搅拌和强制通风向堆肥内部通入氧气，促进好氧性微生物活动。由于堆肥原料、空气和土壤中存在着大量的各种微生物，所以堆肥原料投入后很快就进入发酵阶段。首先微生物利用易分解性有机物进行繁殖，产生二氧化碳和水，同时产生热量使堆肥升温。发酵初期有机物质的分解主要是靠中温型微生物（30~40℃）进行的，随着温度的升高，最适宜生活在45~65℃的高温菌逐渐取代了中温型微生物。在此温度下，各种病原菌、寄生虫卵、杂草种子等均可被杀灭。一般由温度开始上升到温度开始下降的阶段称为一次发酵阶段。为了提高无害化效果，这一阶段至少应保持10天以上。一般情况下，该阶段牛粪为4~5周、猪粪为3~4周、鸡粪为2~3周左右。

3. 二次发酵

将经过一次发酵后的堆肥送到二次发酵场地继续堆腐，使一次发酵中尚未完全分解的易分解的、~~易分解的~~与难分解的有机物质继续分解，并将其逐渐转化为比较稳定和腐熟的堆肥。一般二次发酵的要求不如一次发酵条件严格，堆积高度可以在1~2m，只要有防雨、通风措施即可。在堆积过程中每1~2周要进行一次翻堆。二次发酵的时间长短视畜禽粪便种类和添加的水分调节材料性质而定，一般堆肥内部温度降至40℃以下时就表明二次发酵结束，即可以进行堆肥风干和后续加工了。通常，纯畜禽粪便堆肥二次发酵一般需要1个月左右的时间，添加秸秆类材料时二次发酵在2~3个月左右，而添加木质材料如锯末、树皮等情况下二次发酵需要在6个月以上的时间。

第二节 畜禽粪便高温堆肥的优越性

1. 堆肥化处理可以将污染环境的畜禽粪便转变为优质有机肥

通常情况下，由于家畜粪便中含水量高而呈稀糊状，不仅不方便运输和在农田中施用，而且长时间自然堆放也会散发出强烈的臭味和滋生蚊蝇等，这是导致家畜和人传染病的重要原因之一，也是当前造成农村环境污染的重要污染源。在堆肥化过程中，利用微生物的强烈活动将粪便中易分解性有机物分解，不但可以消除家畜粪便的臭味和污浊感，而且微生物活动所产生的热量可使堆肥内部产生高温，既促进了材料中水分的蒸发又可以杀死病原菌、虫卵和杂草种子，最终使具有恶臭和强烈污浊感的粪便变成无臭和卫生的优质有机肥。

2. 堆肥化处理有利于消除畜禽粪便中不利于植物生长发育的有害物质

发展生态农业和资源循环型农业是今后农业发展的必然趋势，而将农业中的有机废弃物进行合理的循环利用则是实现农业可持续发展的重要措施。随着我国畜禽养殖业规模化发展，加快畜禽排泄物在农业中的循环，将有利于促进农业与养殖业协调发展并改善农村生态环境。

但是，如果将大量的新鲜畜粪直接施用于土壤，不仅会带进较多的病虫害和杂草种子，而且因新鲜畜粪在土壤中的快速分解产生大量的CO₂、低级脂肪酸和一些酚酸类等有害物质，从而给作物的生长发育尤其是根系的生长发育带来不良影响。畜禽粪便经堆肥化处理后，不仅消除了这些有害的物质，而且也提高了有效性养分的含量。

3. 畜禽粪尿的堆肥化处理优于干燥处理