



农业新品种 新技术 新模式丛书

农业废弃物 生物处理实用技术

农业废弃物资源化高效利用技术推广协作组

主 编 管永祥





国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION



农业新品种 新技术 新模式丛书

农业废弃物 生物处理实用技术

农业废弃物资源化高效利用技术推广协作组

主 编 管永祥

副 主 编 梁永红 吴 昊 马爱军

编写人员 (以姓氏笔画为序)

王子臣 王华为 王海芹 毛学伟

江骐骥 余彬彬 吴田乡 陆亚珍

周伟民 赵海涛 胡 健

江苏凤凰科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

农业废弃物生物处理实用技术 / 管永祥主编. — 南京: 江苏凤凰科学技术出版社, 2016. 3

(农业新品种 新技术 新模式丛书)

ISBN 978-7-5537-5936-4

I. ①农… II. ①管… III. ①农业废物—生物处理 IV. ①X71

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第008575号

农业新品种 新技术 新模式丛书 农业废弃物生物处理实用技术

主 编 管永祥
项目总策划 金国华 郁宝平 张小平
责任 编辑 沈燕燕 张小平
责任 校对 郝慧华
责任 监制 曹叶平 方 晨

出 版 发 行 凤凰出版传媒股份有限公司
江苏凤凰科学技术出版社
出版社地址 南京市湖南路1号A楼, 邮编: 210009
出版社网址 <http://www.pspress.cn>
经 销 凤凰出版传媒股份有限公司
照 排 南京紫藤制版印务中心
印 刷 南京新世纪联盟印务有限公司

开 本 880 mm×1 240mm 1/32
印 张 2.25
字 数 60 000
版 次 2016年3月第1版
印 次 2016年3月第1次印刷

标 准 书 号 ISBN 978-7-5537-5936-4
定 价 15.00元

图书如有印装质量问题, 可随时向我社出版科调换。

前 言

江苏省农业三新工程是江苏省农业委员会、江苏省财政厅联合实施的一项重大农业科技推广专项，旨在支持农业新品种、新技术、新模式的集成示范与推广普及。该专项的实施为农业先进实用技术集成推广、培养农业实用科技人才发挥了重要作用，有效促进了全省粮食增产、农业增效和农民增收。

为进一步提高江苏省农业三新工程项目实施效果，着力推进项目实施的组织化、系统化和科学化，自2010年起，项目实施与省农业重大技术推广计划紧密衔接，实行三新工程重大技术推广协作组制度，每个协作组设一名首席专家，负责指导协作组内专题项目实施。各协作组针对每项重大技术的特点与生产需求，认真组织实施专题推广项目，包括制作一套技术推广挂图、摄录一部技术推广教学片、编写一本技术培训教材。我们将这套图文并茂、深入浅出的技术物化成果，结集出版为“农业新品种 新技术 新模式丛书”，主要面向广大农民及基层农技人员，宣传和推广农业重大技术，进一步扩大技术推广覆盖面，加快推进现代农业建设。

本套丛书的编写出版，得到全省各级农业部门、有关单位的大力支持，在此表示衷心感谢。

编委会



金凤凰农业三新出版工程

专家委员会首席专家

方智远 中国工程院院士，中国农业科学院蔬菜花卉研究所研究员

张齐生 中国工程院院士，南京林业大学教授

程顺和 中国工程院院士，江苏里下河地区农业科学研究所研究员

刘秀梵 中国工程院院士，扬州大学兽医学院教授

“农业新品种 新技术 新模式丛书”编委会

主任：蔡 恒

副主任：姜雪忠 项 林 冯晓鸣 杜永林

委员：尤兆祥 葛自强 王 芄 黄银忠 卢 建

储 健 曹卫东 王松松 陈福俊 王金成

张华胤 樊继刚 皮胜利 董立国 苏家富

马旭华 秦晓平 高学罗 盛中伟

目 录

第一章 农业废弃物微生物处理技术	1
第一节 农业废弃物处理的微生物菌种	1
一、微生物的基本特点	1
二、微生物的生长	3
三、微生物的代谢	4
四、微生物的生活环境	4
五、农业废弃物处理的微生物菌种分类	4
第二节 好氧堆肥技术	5
一、好氧堆肥的工艺流程	6
二、堆肥过程控制	14
第三节 厌氧发酵制取沼气技术	18
一、原料预处理与配制	18
二、沼气发酵的启动	20
三、沼气池的运转管理	21
第四节 食用菌栽培技术	24
一、影响食用菌生长的环境因子	24
二、双孢蘑菇秸秆栽培技术	28
第二章 农业废弃物蚯蚓消解技术	32
第一节 适宜用于农业废弃物处理的蚯蚓品种	32
一、蚯蚓生物学特征	32
二、适宜养殖的蚯蚓种类	33



三、蚯蚓的繁殖	34
四、蚯蚓品种的提纯复壮	35
第二节 蚯蚓消解农业废弃物的条件	35
一、生态条件	35
二、环境条件	37
三、场地条件	38
第三节 蚯蚓处理农业废弃物的流程	38
一、农业废弃物预处理	38
二、处理方式	40
三、日常管理	45
四、蚯蚓采收	48
第四节 蚯蚓处理农业废弃物效果的评价	50
一、蚯蚓处理农业废弃物效果	51
二、蚯蚓的应用	51
三、蚓粪的应用	51
四、蚯蚓处理农业废弃物效益分析	53
第三章 农业废弃物基质化应用技术	55
第一节 基质配制技术	55
一、基质的配伍与配方	55
二、基质加工生产	57
第二节 基质使用技术	60
一、基质育苗	60
二、基质栽培	62
第三节 基质应用效果	62
一、基质在园艺作物上的应用	62
二、基质在机插水稻育秧中的应用	63
后记	66

第一章

农业废弃物微生物处理技术



要点提示

我国农业废弃物主要包括秸秆和畜禽粪便等，每年产生量分别为7亿t和30多亿t。这些废弃物进入环境后可能受到物理、化学和生物学作用而被分解转化，其中生物学作用是其分解转化的主要机制，而微生物又是生物学作用的最主要力量。废弃物中易于降解的化合物如糖类（碳水化合物）、蛋白质与脂肪等高分子化合物经微生物的生化反应逐步分解为低分子化合物及腐殖质，实现废弃物“减量化、无害化、资源化”。微生物处理的优点在于：可大幅度减小废弃物的体积、稳定废弃物、灭除废弃物中的病原体以产生可作为能源的沼气；根据所处理废弃物的性质，其最终产物可以用作肥料和土壤改良剂，变废为宝，实现农业废弃物的多级循环利用。

第一节 农业废弃物处理的微生物菌种

一、微生物的基本特点

微生物是所有生物中最多才多艺的生物，它们的能力比我们接触到的任何高级生物都要强得多，这一特征与下述微生物基本特性关系密切。

（一）体积小、比表面积大

微生物个体微小，只有在显微镜下才能看得分明。以细菌中的



杆菌为例：杆菌的平均长度为 $2\mu\text{m}$ ，1 000个杆菌首尾相连的总长度仅有一粒芝麻长；杆菌的宽度只有 $0.5\mu\text{m}$ ，60~80个杆菌并肩排列成横队，其总宽度与一根头发丝直径相似。多数微生物个体以单个细胞形态存在，并独立完成生长繁殖及代谢等生命过程，但也有例外，如许多真菌子实体以及一些藻类等均为肉眼可见。

由于微生物个体微小，因此其拥有与一切大型生物相区别的极大的比表面积，微生物与外界环境的充分接触非常有利于通过其体表吸收营养和排泄废物。



行家指点

比表面积是指一个物体的表面积与其体积之比。任何一个物体被分割得越细，其单位体积所占有的表面积就越大。

（二）吸收多、转化快

生物界存在一个普遍规律，即生物个体越小，其在一定时间内单位体重所消耗的食物越多。例如：3 g重的地鼠每天消耗等体重的食物，1 g重的闪绿蜂鸟每天消耗2倍于体重的食物，而细菌中的大肠杆菌每小时可消耗其2 000倍体重的糖。

可以想象，因微生物对营养物质吸收得多，转化就快。在适宜的条件下，微生物细胞24小时所转化的营养物质相当于微生物自身重量的30~40倍。微生物这一特性为其快速生长繁殖及其对环境有机质快速分解和代谢产物的大量形成提供了充分的物质基础。

（三）生长旺、繁殖快

一般来说，大多数细菌每半小时可增重1倍，大肠杆菌在适宜的环境条件下，每20分钟可繁殖一代，不到1.5小时就能五世同堂。但在实际情况下，环境中营养物质的数量、微生物积累的大量的有害代谢产物以及微生物生长过程导致的环境理化性质的变化，成为其快速生长繁殖的限制因子。

（四）适应性强、易变异

在长期进化过程中，为适应多变的环境，微生物产生了灵活的代谢调控机制，可产生多种诱导酶，从而使之具有极强的环境适应能力，主要表现在两方面：一是对环境中各种有机物质的利用（分解）具有极强的适应能力，二是对环境理化条件尤其是对极端环境的适应能力，如：在南极1 000大气压-18℃条件下生存的嗜冷菌、pH为12~13的环境中生存的嗜碱菌、饱和盐水中生存的嗜盐细菌等。



行家指点

由于微生物个体微小，结构简单，并且与外界环境接触直接，因此极易受到环境因素的影响而发生遗传变异。尽管变异发生的几率只有百万分之一到亿分之一，但由于微生物繁殖速度快，在短时间内可能产生大量的变异后代，因此，人们利用微生物这一特性进行诱变，筛选具有某种特性的菌株，以提高微生物菌种的实际应用价值。

（五）种类多、分布广

目前自然界中已发现的微生物有十几万种，但微生物学家们认为，至今人类所了解的微生物种类，最多也不超过实际存在的1%。微生物种类的多样性造就了微生物遗传类型、营养类型、呼吸类型、代谢途径及代谢产物的多样性。

微生物分布的广泛性表现在：东南西北处处为家，海陆空无处不有。有高等生物的地方均有微生物生活，动植物不能生活的极端环境中也生存着大量的微生物群体。

二、微生物的生长

将少量单细胞微生物菌种接种到新鲜培养基中，并在适宜环境条件下培养，依据培养过程中微生物数量的变化动态，基本上可以将微生物的生长过程分为4个阶段。



(1) **迟缓期** 是指微生物接种到培养基后适应新培养环境的阶段。

(2) **对数生长期** 是指微生物经过一段时间对环境的适应后进入快速生长繁殖的时期。

(3) **稳定生长期** 是指微生物活菌数相对稳定的时期。该阶段活菌数达最高峰，部分微生物大量产生代谢产物。

(4) **衰亡期** 是指微生物死亡率增加，活菌数不断减少的时期。

三、微生物的代谢

微生物的代谢是指微生物从外界环境中不断摄取营养物质，经过一系列生物化学反应转变为细胞自身物质，同时将产生的废物排泄到体外的过程。这一过程包括了微生物对环境中营养物质的分解，以及以此分解产物为原材料的细胞组成成分的合成作用。

四、微生物的生活环境

微生物生长繁殖不仅需要提供适宜的营养物质类型和数量，还需要提供合适的环境因子，如温度、湿度、酸碱度等。对于大多数微生物来说，适宜生长的环境温度范围一般为 $20 \sim 40^{\circ}\text{C}$ ，过高或过低的环境温度均不利于其生长繁殖，并影响其生活能力；水是微生物正常生长繁殖必不可少的物质，对于大多数微生物来说，所需的环境相对湿度一般要大于80%，但过高的湿度环境（如淹水）不利于需要消耗氧气的微生物（需氧菌）的生长；不同微生物对环境酸碱度的要求不同，大多数细菌最适宜的pH为 $6.5 \sim 7.5$ ，放线菌为 $7.5 \sim 8.0$ ，真菌为 $5.0 \sim 6.0$ 。因此，过酸或过碱的环境不利于多数微生物的正常生长繁殖。

五、农业废弃物处理的微生物菌种分类

农业废弃物是指人类在组织农业生产过程中所丢弃的有机物质总称。根据其来源不同可分为：①植物性废弃物，主要是指农作物秸秆、林木枝条、杂草、落叶、果实外壳等，我国每年有10亿t左右的种植业废弃物；②动物性废弃物，主要指畜禽粪便，我国每年产生畜禽粪便30多亿t；③农副产品加工生产废弃物，如果渣、屠宰污血等；④农村居民生活废弃物，如人粪尿及生活垃圾等。

利用微生物对农业废弃物进行资源化利用的方式主要包括肥料化（好氧堆肥）、沼气化（厌氧发酵）、食用菌栽培以及秸秆饲料化。其中，参与堆肥过程的微生物主要有：细菌、放线菌和真菌，依据堆肥不同时期温度特点，参与的微生物可分为嗜冷微生物菌群（20℃以下）、嗜温微生物菌群（25~37℃）、嗜热微生物菌群（55℃左右）；参与沼气发酵的菌种大致包括分解菌（纤维素分解菌、脂肪分解菌、蛋白分解菌）、产酸菌以及产甲烷菌；利用农业废弃物栽培食用菌、药用菌的微生物主要为大型真菌，包括香菇、黑木耳、杏鲍菇、平菇等多种食用菌。

第二节 好氧堆肥技术



要点提示

堆肥依靠自然界广泛分布的细菌、放线菌、真菌等微生物，人为地促进可生物降解有机物向稳定的腐殖质转化，促使废弃物中挥发性物质含量降低，臭气减小，物理性状明显改善，同时高温堆肥还可以杀灭堆料中的病原菌、虫卵和草籽。在农村适合堆肥的原料很多，如畜禽粪便、秸秆、中药渣、厨余垃圾、河塘淤泥等。农业好氧堆肥过程是实现农业废弃物的减量化、无害化和资源化目标的主要途径。常见的堆肥系统有条垛式、静态垛式和反应器系统等，家庭也可以根据需要自制简易堆肥装置（图1-1至图1-4）。



图1-1 条垛式堆肥



图1-2 槽式堆肥



图1-3 堆肥反应器



图1-4 庭院简易堆肥装置

一、好氧堆肥的工艺流程

好氧堆肥处理使一部分有机物质分解矿化，释放出速效养分，另一部分有机物质转化为化学性质稳定的腐殖质。堆肥前期以矿质

化为主，后期腐殖质化占优势，堆肥过程由于有机物分解释放大量热量，使堆料温度升高，从而杀死病原菌和虫卵。好氧堆肥过程通常由前处理、主发酵（一次发酵）、后发酵（二次发酵）、后处理、贮存等工序组成。

（一）原料调节与预处理

前处理就是通过破碎、分选等预处理方法，除去粗大垃圾，降低不可堆肥物质的含量，使堆肥原料的粒度、含水率达到一定程度的均匀化。以家畜粪便、污泥等为堆肥原料时，前处理的主要任务是调整水分和碳氮比（C/N，有机物料中碳素总量与氮素总量之比），或者添加菌种和酶制剂。以城市垃圾为堆肥原料时，垃圾中含有粗大物件和不能堆肥的物质，故前处理包括破碎、分选、筛分等工序，使堆料表面积增大，便于微生物繁殖，从而提高发酵速度（图1-5、图1-6）。一般来说，堆肥原料适宜的颗粒直径为12~60 mm。

对于含水率较高的堆肥原料（污水污泥、人畜粪便等），前处理的主要任务是调整水分。通常采用物料水分高低搭配、



图1-5 预处理去除塑料袋等杂物



图1-6 油菜秸秆粉碎



干湿混合的方法进行水分调节，有条件的也可以用机械方法去除物料中的水分（图1-7）。堆肥起始含水率为50%~60%时最有利于微生物的分解。



图1-7 用干湿混合的方法进行水分调节



行家指点

物料中适宜的水分含量测定可采用感官测定法：要求手握紧培养料，指缝间有水溢出，但不滴下；伸开手指，料在掌中成团，掷进料堆四分五裂，落地即散（图1-8）。



图1-8 感官测定堆肥物料的含水率

堆肥过程中物料的初始碳氮比（C/N）是决定分解速度的重要因素（表1-1）。若C/N高，则碳素多，氮素相对缺乏，会导致细菌和其他微生物的生长繁殖受到抑制，有机物的分解速度变慢，发酵时间变长；若C/N低，则会导致氮转化成氨态氮并挥发，造成氮素流失。初始C/N一般在20~30之间比较适宜，豆科绿肥为（15~25）：1、杂草为（25~45）：1、禾本科作物茎秆为（60~100）：1。因此根据堆肥材料的种类，加入适量含氮较高的物质，如尿素、碳酸氢铵、腐熟的粪便等，可促进微生物活动（图1-9）。

表1-1 常用堆肥原料的C/N（烘干基）

原料	水分含量	C/N
猪粪	约70%	10~15
牛粪	约80%	15~20
鸡粪	约65%	6~10



(续表)

原料	水分含量	C/N
稻秸	约10%	50~60
麦秸	约10%	60~70
稻壳	约10%	70~80
三叶草	约90%	10~15
黑麦草	约80%	20~30
豆粕	约10%	6~8
酒糟	约65%	6~8
水葫芦	90.5%	13.3
紫云英	88.8%	13.3



图1-9 秸秆中加入尿素调节C/N

行家指点



堆肥内大多数微生物要求中性至微碱性的环境 (pH为6.4~8.1)，堆腐过程中常产生有机酸，造成酸性环境，影响微生物繁殖活动。因此，堆制时要加入适量石灰或草木灰，以调节酸碱度 (图1-10)。

堆料中加入微生物接种剂可以加快堆料的发酵速度，接种量一般为0.5%~1%。