

《发酵床垫料和沼渣制有机肥料农业利用标准》

建议稿

上海多利农业发展有限公司

2017年6月



目 录

目 录	1
1 前言	2
2 发酵床垫料制有机肥	3
2.1 发酵床垫料选择	3
2.2 发酵床垫料制作肥料存在风险	4
2.2.1 病原微生物积累	4
2.2.2 重金属及有毒元素残留	4
2.2.3 抗生素累积	5
2.2.4 垫料次生盐渍化	5
3 沼渣制有机肥	5
3.1 沼渣特性	5
3.2 沼渣制有机肥存在风险	6
4 发酵床垫料和沼渣制有机肥污染防控方法	6
4.1 源头控制污染	6
4.2 生物吸附法	7
4.3 生物淋滤法	7
4.4 沼渣与发酵床垫料堆肥处理	8
5 沼渣制有机肥工艺流程	9

1 前言

土壤是指覆盖于地球陆地表面，具有肥力特征的，能够生长植物的疏松物质层，是一种独立的自然体，它是在各种成土因素非常复杂的相互作用下形成的。土壤是具有生物活性的自然体，土壤肥力的高低是决定土地生产力的基本条件。土壤肥力效果影响农作物生产，施有机肥可以增加土壤的肥力，有机肥可以培肥土壤，长期施有机肥能够增加土壤的肥力。有机质、氮素、磷素、钾素是土壤的重要组成部分，也是衡量土壤肥力水平的基本指标。沼渣和发酵床垫料制作的有机肥，富含有机质、有机酸、糖类及作物生长必需的养分等物质，具有培肥、改良土壤的功效，是有机农业生产中的主要肥料。施用有机肥是维持农业生态系统物质与能量平衡的重要措施，能提高农业生产效率及生态系统对于扰动的抵抗力和恢复力。增加土壤中微生物的活性，尤其是在土壤腐殖质与土壤矿物质结合形成有机无机复合体，能够为作物提供更多的养分和水分，促进作物的生长发育，更好的改造土壤的结构。所以，土壤腐殖质与土壤矿物质结合形成有机无机复合体是体现土壤肥力的重要物质基础。

在农田生态系统中持续不断施用化学肥料会导致土壤肥力降低、土壤结构破坏，最终导致土地生产能力降低。探索以发酵床垫料和沼渣为原料的有机肥农田使用方案，对于减缓土壤肥力降低，抑制土壤结构板结，提高土地生产力具有重要意义。因此，合理施用沼肥关系我国环境食品安全，同时也关乎土地和水体污染程度。

有机肥是专指以各种动物废弃物（包括动物粪便、动物加工废弃物）和植物残体（饼肥类、作物秸秆、落叶、枯枝、草炭等），采用物理、化学、生物或三者兼有的处理技术，经过一定的加工工艺（堆制、高温、厌氧等），消除其中的有害物质（病原菌、病虫卵害、杂草籽等）达到无害化标准而形成的，符合国家相关标准（NY525-2011）及法规的肥料。有机肥富含大量有益物质包括多种有机酸、肽类以及包括氮、磷、钾在内的丰富的营养元素。不仅能为农作物提供全面营养，而且肥效长，可增加和更新土壤有机质，促进微生物繁殖，改善土壤的理化性质和生物活性，是有机食品生产的主要养分。施有机肥的功效益主要体现在：

一、改良土壤、培肥地有机肥料施入土壤后，有机质能有效地改善土壤理化

状况和生物特性，熟化土壤，增强土壤的保肥供肥能力和缓冲能力，为作物的生长创造良好的土壤条件。

二、增加产量、提高品质有机肥料含有丰富的有机物和各种营养元素，为农作物提供营养。有机肥腐解后，为土壤微生物活动提供能量和养料，促进微生物活动，加速有机质分解，产生的活性物质等能促进作物的生长和提高农产品的品质。

三、提高肥料的利用率，有机肥含有养分多，同时有机质分解产生的有机酸还能促进土壤和化肥中矿质养分的溶解，有利于作物吸收。

多利农庄是中国最大的，专业从事有机蔬菜种植与生产的现代化农业企业之一，在国内较早开展与推动规范化、标准化和集约化的有机农业基地建设和生产，在全国范围内完成以北京和上海为核心的设施生产基地建设近 2 万亩，形成了系统化控制和规模化种植。自 2006 年至今，共参与技术攻关与科技兴农推广项目 31 个，在有机蔬菜生产规程和技术研究与示范、土壤改良与养分均衡调控技术集成、病虫害生物防控、污染控制与农业废物资源化循环利用、土壤墒情监测、精准灌溉与精确施肥、农产品质量信息追溯系统、物联网应用等技术工程领域取得了突出的成果与创新。

多利针对畜禽废弃物处理后产物农业资源化利用方法和资源化利用过程中存在的污染风险及防控措施进行为期两年多的研究，以发酵床垫料和沼渣为原料开发出符合不同类别农业生产定向专用肥料产品，同时结合目标土壤特性，对发酵床垫料和沼渣制产品在农田中使用的风险进行测算，建立了管理和防控方法体系，形成一套畜禽废弃物处理后产物资源化利用方法和其对农田污染防治的措施，最终形成畜禽养殖废弃物处理后产物资源化利用模式并进行工程示范，并通过创新战略联盟和产业化基地平台进行研究成果示范和推广，并研发出发酵床垫料和沼渣制有机肥料农业利用标准。

2 发酵床垫料制有机肥

2.1 发酵床垫料选择

发酵床垫料的来源与选择对制作有机肥有较大影响。多利农庄养殖场鸡和猪

发酵床垫料主要成分为稻壳、花生壳、玉米秸，制作过程：

(1) 过程菌种的扩繁：将菌种均匀混合到麸皮中；

(2) 干熟料摊开铺平：第 1 层铺稻壳，将稻壳平铺于地上；第 2 层将部分“菌种麸皮混合物”均匀撒在稻壳上；第 3 层是将锯末铺在上面；第 4 层将剩余“菌种麸皮混合物”均匀撒在锯末上；

(3) 将铺开的垫料混合均匀；

(4) 加水混合：将混合均匀的干垫料进行加水混合，水分一般在 60-65% 左右比较合适，现场实践是用手抓熟料来判断，即物料用于反复握紧几次，手能明显感觉熟料有湿度，且手心无明显水珠，手指缝无水滴滴下为宜；

(5) 垫料堆积醇熟：将加水混合好的垫料堆积成梯形结构，尽可能集中，表面覆盖编织袋等以保湿保温，堆积醇熟要经过三个阶段，前部分已有描述，一般夏天需 10d 左右，冬天 15d 左右，且垫料醇熟温度遵循垫料醇熟温度曲线；垫料池的铺设：将发酵成熟的熟料，铺在发酵池中，表面平，再在熟料表面铺设左右质量好的未经发酵过的作物秸秆，经过 24h 后方可进畜禽。挑选各种原材料，按照配方要求，通过预处理环节，达到合适的粒度、原料中所含碳与氮的比值、和水分。然后堆积发酵，初步完成无害化、稳定化等生化反应过程，方可作为熟料。

2.2 发酵床垫料制作肥料存在风险

2.2.1 病原微生物积累

发酵床本身利用有益微生物通过发酵降解畜禽粪尿，但发酵床并不能通过发酵产生的热能和有益菌的增殖而杀灭或抑制致病菌。在普通养殖模式下，养殖场每天冲洗猪舍，定期对养殖消毒，减少了微生物的存在，也能在很大程度上减少病原菌的存在，随着使用时间延长均呈上升趋势。

2.2.2 重金属及有毒元素残留

畜禽饲养中添加适量 Cu、Zn 等重金属元素，能调节动物代谢，对畜禽生长有一定的促进作用。发酵床养殖过程中因畜禽的进食、排便等原因不可避免地会使饲料中添加的重金属滞留在垫料中，重金属元素具有难迁移、易富集、危害大等特点，随着废弃垫料还田，进入农田生态环境后，会对土壤生态系统造成危害，

从而影响食品安全，所以有必要对垫料中重金属富集问题进行关注。

2.2.3 抗生素累积

在养殖业中，饲料和兽药均添加部分抗生素和添加剂，起到促进生猪健康生长、提高饲料利用率等作用。目前，中国已有 17 种抗生素、抗氧化剂和激素类药物及 11 种抗菌剂作为兽药用于饲喂畜禽，其中土霉素（OTC）、四环素（TC）和金霉素（CTC）等四环素类抗生素是应用最广泛、使用量最大的一类抗生素，约占兽用抗生素总用量的 57%。有研究结果表明，进入动物体内的抗生素有 60%~90% 以药物原形或初级代谢产物的形式随动物粪尿排出体外。大量在畜禽粪便中残留的抗生素，首先在发酵床垫料中积累，是否对发酵床垫料中微生物发酵菌群存在不利影响，释放到土壤、水体等环境中是否产生不良影响，是否通过食物链对人类健康产生不利影响，有待进一步研究。

2.2.4 垫料次生盐渍化

垫料组分添加了部分矿物盐，同时畜禽养殖过程中饲料外源添加矿物盐，除小部分被畜禽吸收外，大部分随畜禽粪便排出体外，使得畜禽粪便中含有较高浓度的盐分，使垫料中盐分含量逐步增加，垫料使用周期越长，盐分含量越高。以发酵床垫料为主的有机肥施用到农田中，将增加土壤盐分水平，造成土壤盐分积累。而作为发酵床垫料的主要用途之一的栽培基质，如果不能有效降低基质中盐含量，将抑制作物的出苗和生根。

3 沼渣制有机肥

3.1 沼渣特性

沼渣是沼渣发酵装置下层，经固液分离脱水干燥后的固态状物质。它是由未分解的原料固形物、新产生的微生物菌体及难以被分解的有机残余物组成的。如木质素、少量纤维素等腐殖酸类物质。沼渣理化特性如下：

- (1) 沼渣由难以被分解的有机残余物，如木质素、多糖类物质分解转化
- (2) 腐殖酸类物质一般由木质素、蛋白质、多糖类物质分解转化
- (3) 可溶性灰分物质吸附于有机残渣上或与腐殖酸结合的钾、磷酸根等高

子及微量元素

(4) 难溶性灰分物质钙、铁等金属离子形成的硅酸盐类及复盐类

3.2 沼渣制有机肥存在风险

沼渣原料复杂,对于以禽畜粪便为原料的沼渣,其沼肥中重金属及激素类可能出现残留,而多年施用此类沼肥,则有可能出现重金属富集或激素类超标等潜在危险。而以秸秆为主生产沼渣的沼肥中,出现重金属、农药残留的可能性更大,对于多年施用此类沼肥的土壤则有可能出现相应超标现象。由于大部分禽畜在饲养过程中会施用添加剂,但是大部分铜和锌未被动物吸收利用而随粪便排出体外,形成沼肥的潜在污染源。大量的畜禽粪尿具有很高的污染风险,而经过粪尿等转换而来的沼肥潜在污染风险。此外,农药残留也是沼肥污染不可忽视的一个因素。沼渣发酵过程中虽然可以杀死许多微生物病原菌、降解有害物质,不同原料沼肥都具有一定潜在污染风险。

4 发酵床垫料和沼渣制有机肥污染防控方法

沼渣和发酵垫料作为优质的有机肥广泛应用于农业生产中,但部分发酵床垫料和沼渣可能存在抗生素和重金属的累积、病原微生物的累积的问题,存在潜在的生态环境风险,发酵床垫料和沼渣资源的生态安全问题、抗生素和重金属的累积、病原微生物的累积、废弃垫料的资源利用等。除了继续进行完善各技术细节的研究,需建立起一套体系化的运行防控管理机制,从而影响其农用的价值和效果,需要建立污染物的防控方法,以推动沼渣和发酵床垫料肥的安全、高效农业利用。

4.1 源头控制污染

重金属污染来源广泛、毒性大,进入环境之后对动植物和人类都有巨大的危害,并且重金属污染物属于持久性污染物,它不像大多数有机污染物可以分解,环境一旦受到重金属污染就很难治理。因此,对于重金属污染重在“防”,并以“治理”为辅助。

原料是影响有机肥中重金属含量的重要因素,在有机肥中重金属来源的相关

研究中,有机肥中重金属含量与生产原料中重金属含量呈显著正相关,重金属 Cd 含量以畜禽粪便为原料生产的有机肥最高, Hg 以城市污泥为原料生产的有机肥最高,以猪粪为主要生产原料的商品有机肥中重金属平均值最高,最高为 Cu、饲料添加剂的使用是有机肥重金属的重要来源,可以看出,饲料中重金属的添加是影响有机肥中重金属含量的重要因素,粘结剂是有机肥生产中添加物质,常用的粘结剂主要为凹凸棒、膨润土和磷石膏等,这些粘结剂中均含有重金属。

4.2 生物吸附法

生物吸附法是指通过生物体及其衍生物对粪便重金属离子的吸附作用,达到去除重金属的方法,能够吸附重金属的生物材料称为生物吸附剂,主要包括细菌、真菌、藻类等,芽孢杆菌属菌株均有强大的吸附金属能力,用地衣芽孢杆菌吸附 Pb^{2+} , 45 min 吸附量可达 $224.8mg \cdot g^{-1}$,啤酒酵母菌对 Hg^{2+} 、 Cd^{2+} 、 Pd^{2+} 去除率分别为 96%、93%、94.9%。藻类的细胞壁表面褶皱多,有较大的比表面积,可以提供大量的与金属离子结合的官能团,如羧基、羟基、酰胺基、氨基、醛基等,这些官能团与金属离子发生吸附反应,反应的时间极短,不需任何代谢过程和能量提供,尹平等(2000)研究了9种大型海藻对重金属的吸附容量,这些海藻对 Pb^{2+} 、 Cu^{2+} 和 Cd^{2+} 的吸附容量分别为 $1.0 \sim 1.6$ 、 $1.0 \sim 1.2$ 和 $0.8 \sim 1.2mmol \cdot g^{-1}$,海藻对水溶液中重金属的吸附速度较快,在 10 min 内去除率达到 90%,生物吸附法较传统处理方法有很多优点,如投资小、效率高、无二次污染,还可以回收重金属,具有较好技术优势和经济效益。

4.3 生物淋滤法

生物淋滤早期是利用微生物浸提矿石中重金属的方法,通过微生物的新陈代谢来溶解重金属,以氧化亚铁硫杆菌和氧化硫硫杆菌为主的生物淋滤法对畜禽粪便和污泥中重金属具有较高的去除效率和低成本等优点,近年来在国际上备受关注,有研究表明,接种嗜酸性硫杆菌后, Cu 和 Zn 的去除率分别达到了 87.3% 和 91.9%,其中重金属 Zn 先于 Cu 从畜禽中溶出,采用嗜酸性硫杆菌添加去除制革污泥中 Cr, 去除率可达 80%~100%,接种氧化亚铁硫杆菌进行污泥生物淋

滤可有效溶出污水、污泥中重金属,经过 4~10d 的生物淋滤, Cr、Cu、Zn 的最高去除率可分别达到 80%、100%和 100%。嗜酸性细菌混培养物对 Cu 和 Cd 的去除率分别达到 82.0%和 82.9%。以氧化亚铁硫杆菌为接种菌,在一定条件下,污泥中 Cu、Zn 和 Cr 的溶出率可以达到 92.7%、96.8%和 78.2%。生物淋滤法具有营养元素流失少,运行成本低、实用性强的优点,是一种经济有效并具有发展潜力的重金属处理方法,然而生物淋滤法采用的主要细菌如硫杆菌,增殖速度慢,大多是从金属矿山的酸性废水中分离或购买的商品化菌株,有时处理效果不稳定。

4.4 沼渣与发酵床垫料堆肥处理

将发酵床垫料与沼液进行堆肥处理,就可以杀死秸秆中的病虫害又可以提供优质有机肥料,利用沼液进行发酵床垫料堆肥,就是利用沼液中的发酵微生物对发酵床垫料进行降解灭杀病虫害,同时提供必要的氮源以平衡碳氮比,通过降解逐步释放出水溶性氮、磷、钾被沼液基质吸收减少养分损失。堆肥发酵过程中产生的高级酸作为堆肥过程中形成的一种次生产物,高级酸在堆肥腐熟过程中的变化更能反映垫料的腐殖化过程,因此可以把高级酸含量作为评价含量腐熟过程的一个有效指标。也有研究发现高级酸对垫料重金属具有钝化效果,高级酸含有多种功能基,如羧基、醇羟基、酚羟基、甲氧基等,因此具有很高的反应活性,能与环境中的重金属离子发生吸附、络合等作用,所形成的有机-金属络合物及吸附物的稳定性对重金属离子的迁移转化、生物活性具有很大影响。

堆肥制作过程:将发酵床垫料粉碎至 5~10cm 左右的小段,与沼液和发酵床垫料按 1:1 比例混合备用。选择地势高且平坦向阳地作为堆肥地,起堆时先用沼液铺成 20cm 厚的底层,上面铺设混合均匀的堆肥料,每铺 30cm 厚时用沼液喷洒至下部微有液体渗出为好,肥堆宽度一般为 1.5m、高 2m 左右,顶部稍凹陷,铺料完成后顶部和四周表面用稀泥抹光,表面抹泥厚度约为 1.5cm,或用废旧塑料封盖。堆肥完成后,在肥堆周围挖深 5cm、宽 10cm 左右的环沟以防水分外流。沼液发酵床垫料堆肥腐熟的标志发酵床垫料变成褐色或黑褐色,湿时用手揉柔软有弹性,干时很脆,容易破碎,有黑色的汁液并有臭氨味,用氨试纸测试,氨基态氮含量很高,腐熟堆肥的体积比刚堆时塌陷 1/3~1/2, C/N 比一般为

20:1~30:1, 可以概括为黑、烂、臭、湿四个字, PH 值为 5.5~6 之间。

多利农庄采用有机养殖, 在畜禽养殖过程中遵循自然规律和生态学的原理, 按照有机产品国家标准 GB/T19630 要求, 饲喂有机饲料并限制使用常规兽药、抗生素、饲料添加剂等物质, 关注动物福利健康, 满足动物自然行为和生活条件, 在整个生产过程中不使用化学合成药物, 减少了药物对动物、环境和人类的危害, 提高了畜产品安全质量, 注重资源的内部循环, 最大限度地利用了自有资源, 有利于建立良性循环的有机生态系统。

多利农庄提出了在农业生态系统中, 植物和动物之间是相互依存、相互制约和相互促进的, 不断地进行着植物(作物)生产(第一性生产)、动物生产(第二性生产)和微生物的分解与转化。它们三者共同构成了物质交换与能量转化的循环系统, 将很少有用或无用的农副产品, 再一次转化为对人类有营养的食物或有用的畜产品(肉、奶、蛋、皮毛等)。利用第一性生产的废弃物喂食第二性生产物, 保证第二性生产物良好健康发展, 第二性生产物产生的废弃物反哺第一性生产物, 循环利用和转化物质过程多利农庄生态循环链, 从源头上控制重金属污染。

5 沼渣制有机肥工艺流程

- a) 把原料猪粪便、沼渣、废弃蔬菜秸秆堆在发酵罐内。
- b) 一公斤腐熟剂混合 20 公斤水, 掺混在原料堆内, 因 1 公斤腐熟剂可发酵 1 吨原料, 按原料对比进行混合。
- c) 气温在 0℃ 左右发酵周期为 7-10 天, 2 天翻地一次, 可完全腐熟。
- d) 有机肥原料发酵腐熟后经半湿物料粉碎机粉碎。
- e) 发酵后物料(水分在 35%) 经搅拌机拌混后, 通过有机肥造粒机, 然后再经过有机肥烘干机烘干。