

# 高寒农牧业废弃物资源简化堆肥腐熟还田技术初报

张华国

(省部共建青稞和牦牛种质资源与遗传改良国家重点实验室/西藏自治区农牧科学院农业资源与环境研究所,西藏 拉萨 850000)

**摘要:**本文主要以西藏农牧业发展产生的农牧业废弃物资源为物质基础,从农牧业废弃物资源物料选择种类、堆沤发酵前准备工作、堆沤发酵配比以及过程注意事项、堆沤发酵关键参数数据、堆肥腐熟度识别判断标准等方面进行详细介绍,以实现农牧业废弃物资源化、利用化、无害化为生产目标,为积极实现高寒地区农牧业废弃物资源变废为宝、节本增效提供可靠的技术支撑。同时结合西藏区域生态自然环境属性、气候变化特点、农牧业废弃物种类与含量、农牧业废弃物资源循环利用经验凝练出高寒地区简化堆肥堆沤腐熟还田技术应用于农牧业生产实践,为未来西藏高寒农牧区农牧业废弃物资源利用模式的技术推广与研究示范提供科技支撑,为有效促进高寒农牧业废弃物资源可持续健康高效发展提供参考。

**关键词:**高寒农牧业;废弃物资源;堆沤腐熟;还田技术

中图分类号:S792.1

文献标志码:A

## Preliminary Report on Simplified Composting Technology of Agricultural and Animal Husbandry Waste Resources in Alpine Region

ZHANG Huaguo

(State Key Laboratory of Highland Barley and Yak Germplasm Resources and Genetic Improvement /Institute of Agricultural Resources and Environment, Tibet Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Tibet Lhasa 850000, China)

**Abstract:** Based on the agricultural and animal husbandry waste resources generated by the development of agriculture and animal husbandry in Tibet, this paper introduces in detail the material selection type of agricultural and animal husbandry waste resources, preparation before compost fermentation, compost fermentation ratio and process precautions, key parameters data of compost fermentation, identification and judgment criteria of compost maturity, so as to realize the production goal of the recycling, utilization and harmlessness of agricultural and animal husbandry waste, and provide reliable technical support for the active transformation of agricultural and animal husbandry waste resources in alpine areas into treasure, saving cost and increasing efficiency. Combined with the ecological and natural environment attributes of Tibet, the characteristics of climate change, the types and contents of agricultural and animal husbandry waste, and the recycling experience of agricultural and animal husbandry waste resources, the simplified composting and ripening technology in alpine areas was condensed to the application of production practice of agriculture and animal husbandry, and provide scientific and technological support for the technical promotion, research and demonstration of the utilization mode of agricultural and animal husbandry waste resources in alpine agricultural and pastoral areas of Tibet in the future, and effectively promotes the sustainable, healthy and efficient development of alpine agricultural and animal husbandry waste resources, which can be used as a reference for scientific research and academic circles.

**Key Words:** alpine agriculture and animal husbandry; waste resources; compost maturity; return to the field technology

西藏自治区属于高寒农牧业生产建设区域,平均海拔达到3 650 m,属于高山、高寒、干旱气候环境,具有常年四季极度分明、昼夜温差大、紫外线强以及高寒缺氧等特殊的属性和特点。总体而言,西藏农牧业生产逐年处于稳步增加的阶段,逐年增加

的农牧业生产产生的废弃物资源也处于上升环节,国家提出的化肥减量增效、降低面源污染、提升农作物产品品质等对高原农牧业高质量发展提出了更高的要求。目前西藏农牧业生产存在相互脱节问题,农业畜牧养殖产生大量的废弃物资源无法得到有效的回收再利用,环境污染满足不了可再生农牧业生产,具体表现在西藏农业生产用地土壤有机质含量总体偏低,缺乏氮磷钾等大量元素和微量元

收稿日期:2021-12-05

作者简介:张华国(1983-),男,管理学硕士,副研究员,主要研究方向为农牧业循环理论与政策,E-mail:zhg2002hbhs@163.com。

素,农业生产土壤贫瘠现象持续显现,伴随着农业肥料等大量投入农业生产,可持续生产逐渐改善,有效推动西藏农业生产提质增效,农用土壤培肥增效问题始终显得尤为突出和重要。伴随畜牧养殖数量的增加对饲草、粮食的需求持续增加,所产生的牧业废弃物资源增加,环境治理和循环利用技术的滞后出现了众多问题,农牧业有效的资源合理再利用问题是学术界研究的热点,也得到了国内外学术界的逐步认可。通过西藏自治区科技厅的重点研发项目“规模化养殖场畜禽废弃物资源化利用研究与应用”,重点开展了西藏高寒山区畜禽养殖大规模畜禽粪便以及青稞、油菜、玉米等作物秸秆农业废弃物沤制有机肥的试验研究,并积极应用于西藏农牧业生产与建设,有效推进农牧业废弃物资源化利用工作,有效提升农牧业废弃物资源的合理利用,完善了农作物有机微量营养物质以及氮、磷和钾等肥料资源的补充,有效促进农业与畜牧养殖业可持续发展宝贵资源的相互补充和利用,解决了西藏长期废弃物还田技术的难点问题,例如,农牧业废弃物中一般含有杂草种子、动物和植物病原菌以及不可分解等物质,如不经过合理有效处理就直接施用,导致烧苗和二次污染土壤与环境问题等。高寒农牧业废弃物资源简化堆沤腐熟还田技术通过多种微生物作用、增温杀菌、转变可利用的土壤腐殖质,提高农业生产效率。本文通过试验研究得出农牧业废弃物简易堆沤腐熟还田的两种技术模式,即翻堆与不翻堆技术,为今后的农牧业生产与建设提供简单可操作的技术,提升高寒山区农牧业资源化效率和质量,对促进西藏农牧业可持续健康发展具有重要意义<sup>[1-2]</sup>。

## 1 农牧业废弃物资源物料选择种类

根据西藏自治区“十三五”时期产业发展规划要求,针对西藏农牧业生产建设提出了积极发展绿色农牧业、健康农牧业、品牌农牧业,深入推进和改善农牧业产业结构,不断将农牧业发展推向深入。逐年增加的农牧业废弃物资源如何高效利用成为当今学术界面临的新课题。文章通过文献资料总结与归纳,高寒山区农牧业废弃物主要有:农业生产中的青稞秸秆、油菜秸秆、玉米秸秆以及农田杂草和作物残留物;畜牧业生产中牛、羊、猪以及鸡等产生的排泄物以及畜栏垫料等废弃物。其中农业废弃物70%~80%以作物秸秆为主,畜牧业废弃物

90%以畜禽排泄物为主。本项目研究的农牧业废弃物资源简化堆沤腐熟还田技术以畜禽排泄物粪便、农作物秸秆以及少量的发酵添加剂混合堆沤发酵为主,均采用当地农牧业废弃物资源,便于查找、收集和贮藏,根据当地的生态环境进行增温发酵。废弃物合理利用不是以单个种类的废弃物资源为主,主要以多种废弃物资源优化组合利用为主。

## 2 堆沤发酵前的准备工作

### 2.1 堆沤物料准备

畜禽粪便以新鲜的牦牛、绵羊、山羊、猪、鸡等畜禽粪尿混合为主,不分混合比例,部分畜禽粪便可有可无,混合均匀之后保持混合物的含水量在70%~85%,有机质含量38%~45%,机械杂质 $\leq 1\%$ ;农业废弃物以青稞秸秆、油菜秸秆以及玉米秸秆为主,以及少部分的农业杂草等为辅,粉碎至1~2 cm或更小的微粒,不分混合比例,部分作物秸秆可有可无,混合均匀即可。畜禽养殖废弃物与农业养殖废弃物资源按照比例混合均匀,混合过程中的添加剂采取国家标准《GB20287-2006 农用微生物菌剂》中的技术要求,以活性发酵剂为主,要求有效活菌数(CFU) $\geq 1.5$ 亿/mL,纤维素酶活 $\geq 45.0$  U/mL,蛋白酶活 $\geq 25.0$  U/mL,微量元素 $\geq 30\%$ 以上,保质期6个月以上,液态喷洒混合为主,以便均匀有效地加快低温条件下温度提升速率;添加含氮量35%~45%的固体尿素和适当水分进行有效补充<sup>[3-4]</sup>。

### 2.2 堆沤场地选择

高寒农牧业废弃物堆沤场地应选在集中养殖区和农业生产区的空旷地块,要求地面平整、水源方便、粉碎方便、防水防渗漏,便于运输。本试验采取翻堆与不翻堆技术。

翻堆技术模式,即好氧发酵、兼性发酵,属于常规技术,多采取地面表层添加防水层防水、周围加设保温墙加温方式提高肥料的发酵率,以增温保温为主体。基本设置以进出口进行内外气流的交换和补充,白天降温晚上增温,达到均衡的效果和目的。设计东西朝向、长:宽:高=5:3:2的简易设备装置。此外,设计通风口,进行温度定时定点监测。

不翻堆技术模式,即厌氧技术,常规方式采取地面开挖长10~15 m、高1.5 m、宽0.3~0.4 m的长条状深沟,沟间距0.3~0.4 m,沟上部用棍棒或枝条撑起,沟底垫厚度为5 cm左右的作物秸秆即可。

### 3 堆沤发酵关键技术参数以及注意事项

#### 3.1 翻堆技术模式

翻堆技术模式,畜禽粪便类物料与秸秆质量按照1:2的比例混合均匀,同时,将尿素和有机物料腐熟剂按照添加比例和数量均匀地撒在物料上部。混合物料含水量小于70%时应及时补充水分。混合物料调理好之后进行3 d 3次搅拌翻堆,并用塑料进行密封包裹,高度控制在1.5~2.0 m,宽度控制在2~3 m,然后集中放入设计好的发酵简易设备。关键技术参数包括温度、水分、翻堆频率、堆沤发酵时间等。发酵温度白天控制在65~70℃,夜间墙体增温,温度控制在55~65℃。用温度探头进行实时监测,并利用内外气流的交换使温度达到均衡状态,持续时间15~20 d。翻堆翻耕和温度增加会使堆体水分损耗,翻堆水分含量降至70%以下以及沤肥含水量在50%以下时应及时补水,确保物料水分含量保持在70%~85%。翻堆频率依据温度进行调整,春夏季7~10 d翻堆1次,秋冬季10~15 d翻堆1次。堆沤发酵时间,春夏季20~25 d,秋冬季30~35 d。堆沤物料没有臭味和异味,手搓即碎,呈褐色或黑褐色时,表明堆沤物料完全腐熟,可结束堆沤发酵。

#### 3.2 不翻堆技术模式

不翻堆技术模式,畜禽粪便与作物秸秆以4:3的比例混合翻拌均匀,水分控制在70%~85%。在翻拌过程中,按照产品使用标准添加尿素以及腐熟发酵剂混合均匀,调节堆沤发酵的碳氮比以及发酵技术持续性和连续性。其中,去除夹杂的石子与其他杂物,前期3 d连续翻转3次,将各种农牧业废弃物反复翻转混合。将搅拌均匀的混合物蓬松地平铺于透气沟上部,堆成梯形,高1.5 m,下口宽度2~2.5 m,沟底垫加秸秆5 cm厚。

关键技术参数包括温度、水分和堆沤时间。其中,地表之下的温度保持在65~75℃为最佳,采取合理的加温设备和保温装置,维持混合物的发酵温度。水分控制在70%~85%,含水量太低或太高会影响混合物微生物的活力以及发酵速度,甚至会导致混合物料厌氧分解并产生臭气,造成营养物质的流失和消耗等。堆沤时间、温度保持在区间范围内,先发酵7~10 d,混合物料常见病原菌和杂草种子基本灭活,再利用菌体发酵30~35 d,使作物秸秆

木质素和纤维素完全腐熟;保持堆体水分和温度,继续堆沤发酵5~7 d,即可结束发酵。

#### 3.3 两种翻堆技术模式优缺点以及适宜方式

翻堆模式(好氧发酵技术模式)与不翻堆模式(厌氧发酵技术模式)所属的发酵原理不同,前者基于好氧发酵,后者基于厌氧发酵,发酵的技术过程和方法有较大差异。经过摸索,两种发酵方式具有各自相互匹配的方式和方法,各种技术指标也有差异,但是所产生的肥料普遍具有良好的肥效。具体选择哪种技术模式,需要根据西藏区域属性、废弃物资源状况、场地建设合理性以及配套设备的齐全情况进行适宜性选择,海拔较高、含氧量较少、温差悬殊、牧区相对较强的区域,采取不翻堆技术模式较好,但是电力加温等投入成本相对较高;反之,海拔较低、含氧量较多、温差缓和、种植业相对较强的区域,采取翻堆技术模式较好,但是人工劳动力成本相对较高。因此,需要根据高寒农业种植、牧业养殖情况,结合区域生态条件,合理选择堆沤模式。

### 4 堆沤发酵腐熟判断标准

无论是有氧发酵还是厌氧发酵,堆沤腐熟后的肥料应均匀一致,无大小不等的杂质,无臭味、异味,其外观、颜色、味道以及粒径稳定,黑褐色或黑色,放置田间无蚊蝇滋生。同时,应安全、卫生,按照国家标准,重金属总砷(As)含量 $\leq 15$  mg/kg,总汞(Hg)含量 $\leq 2$  mg/kg,总铅(Pb)含量 $\leq 50$  mg/kg,总镉(Cd)含量 $\leq 3$  mg/kg,总铬(Cr)含量 $\leq 150$  mg/kg;粪大肠菌群数 $\leq 100$  个/g,蛔虫卵死亡率 $\geq 95\%$ 。堆沤物料含有丰富的氮磷钾等农作物基本养分以及中、微量元素,总养分(N+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+K<sub>2</sub>O)在3%~5%,有机质含量 $\geq 30\%$ ,堆沤完成后水分应控制在45%以下。堆沤肥用于农业生产,不仅有利于农作物种子萌发和生长<sup>[5]</sup>,而且田间不易产生杂草和病虫害。

#### 参考文献:

- [1] 孙 潇,黄映晖.农业废弃物综合利用研究评述与展望[J].农业展望,2020(1):27-31.
- [2] 葛 磊.农业废弃物资源化利用现状及前景展望[J].农村经济与科技,2018(21):43-46.
- [3] 毕于运.秸秆资源评价与利用研究[D].北京:中国农业科学院,2010:116-138.
- [4] 李立刚.中国有机肥料资源[M].北京:中国农业出版社,1999:120-256.
- [5] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科技出版社,2000:320-367.