

施用不同屠宰场废弃物对碱化土壤肥力质量的影响^①

张俊华

(宁夏大学新技术应用研究开发中心, 银川 750021)

Impacts of Different Slaughterhouse Waste on Alkalize Soil Quality

ZHANG Jun-hua

(The Applied Research and Development Center for New Technology of Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

摘要:堆肥是有机固体废弃物无害化、资源化的有效途径。本文对施用不同种类屠宰场废弃物后碱化土壤肥力质量变化进行系统研究。结果表明:施用废弃物可以增加土壤有机质和养分;牛、羊废弃物对其提升效果优于猪废弃物,废弃物堆肥时间越长对土壤肥力提升效果越明显。施用屠宰场废弃物可以降低土壤 pH 和全盐含量。施用新鲜猪废弃物的土壤细菌数量最多;羊废弃物堆肥可以明显增加土壤放线菌数量;新鲜废弃物对土壤微生物数量的增加效果优于堆肥。整体来讲,施用屠宰场废弃物可以提高土壤质量,施用废弃物堆肥的处理土壤综合质量高于施用新鲜废弃物的处理,施用羊废弃物堆肥后土壤综合质量最高。

关键词:屠宰场废弃物;堆肥;碱化土壤;土壤质量

中图分类号:S153;S127

随着人民生活水平逐年提高,对肉类食品的消耗越来越多。预计到 2015 年全国肉类需求总量达到 8 845 万 t,其中猪肉和牛羊肉总需求量分别达到 5 497 万 t 和 1 332 万 t^[1],这也意味着屠宰场废弃物将不断增加。屠宰场废弃物主要是动物胃内容物,还有少量血水、粪便、毛及其他屠宰下脚料,这些物质都富含养分,但如果不加处理,废弃物中兽药、大肠菌、粪便链球菌等人畜共患传染病微生物进入土壤,影响土壤正常功能和作物品质^[2-3]。所以,需要对屠宰场废弃物进行无害化处理。堆肥是有机固体废弃物无害化、资源化的有效途径^[4]。许多学者就不同废弃物堆肥对土壤理化性状及微生物数量变化进行了研究。施用废弃物堆肥可以降低盐渍化土壤 pH 和含盐量^[5-7],增加土壤有机质和养分^[5-8],土壤微生物数量和生物量碳也有明显增加^[5,8-9]。张旭等^[10]指出有机废弃物堆肥培肥土壤时随培养时间延长,土壤 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量快速下降,而 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量迅速增加。Wortmann 和 Shapiro^[11]指出施用堆肥可以增强土壤团聚体稳定性,降低土壤磷素流失风险。蒋小芳等^[12]研究发现

施入有机物质可能会改变土壤的细菌群落结构。但关于不同种类屠宰场废弃物施入土壤对土壤肥力质量的影响报道很少。本研究以屠宰场废弃物为研究对象,经过不同时间堆肥后施入土壤,研究一个生长季后土壤理化性状和微生物区系的变化,探讨不同种类屠宰场废弃物施入土壤后土壤肥力质量变化的异同点,为屠宰场废弃物资源化利用提供理论支持。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

试验位于宁夏银川贺兰山农牧场。施用不同屠宰场废弃物前土壤基本性质如表 1 所示,该土壤为碱化土壤,土壤肥力低下。

1.2 屠宰场废弃物堆制

第一次堆肥:2月1日;第二次堆肥:4月1日;新鲜废弃物产出时间:4月29日。废弃物施用时间:4月30日。按试验要求施用废弃物后人工翻地,后耧平地表,灌水。5月6日进行紫花苜蓿播种,播种量 15 kg/hm^2 ,品种为金黄后。

基金项目:国家科技支撑计划项目(2013BAC02B04)资助。

作者简介:张俊华(1977—),女,宁夏中卫人,博士,副研究员,主要从事土壤质量提升方面的研究。E-mail: zhangjunhua728@163.com

表 1 供试土壤基本性质

pH	全盐 (g/kg)	有机质 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	细菌 ($\times 10^7$ cfu/g)	放线菌 ($\times 10^5$ cfu/g)	真菌 ($\times 10^3$ cfu/g)
9.41	1.32	8.4	24.5	13.94	80.00	2.10	10.10	1.90

屠宰场废弃物堆肥方法：取新鲜屠宰场废弃物(用锯屑调节 C/N 为 30 ,并调节含水率至 60% 左右),制成堆高约 100 cm、顶部削平的发酵堆。第一次于第 3 天翻堆,以后每隔 7 天定时进行翻堆,翻后堆制成原形状,30 天后不再翻堆。

1.3 田间试验处理

试验共分 10 个处理：处理 1：施用新鲜屠宰场猪废弃物(以下简称猪 1)；处理 2：堆肥 1 个月猪废弃物(猪 2)；处理 3：堆肥 3 个月猪废弃物(猪 3)；处理 4：新鲜牛废弃物(牛 1)；处理 5：堆肥 1 个月牛废弃物(牛 2)；处理 6：堆肥 3 个月牛废弃物(牛 3)；处理 7：新鲜羊废弃物(羊 1)；处理 8：堆肥 1 个月羊废弃物(羊 2)；处理 9：堆肥 3 个月羊废弃物(羊 3)；另设对照(CK)：不施用任何屠宰场废弃物。3 种屠宰场废弃物施用量均为 22.5 t/hm²。小区面积为 5 m × 8 m ,每个处理重复 4 次。

1.4 土壤样品测定指标及方法

10 月 25 日苜蓿收割后采集表层土壤(0 ~ 20 cm)样品。土壤 pH 采用酸度计法测定；碱化度采用计算法测定；全盐采用质量法测定；有机质采用外加

热法测定；碱解氮采用碱解扩散法测定；速效磷采用 Oslen 法测定；速效钾采用火焰光度计法测定；微生物生物量采用稀释平板培养计数法测定。

2 结果与分析

2.1 不同处理屠宰场废弃物基本性质

从表 2 可以看出 ,受家畜饲料配方和消化方式的不同其废弃物 pH 也不同,新鲜屠宰场废弃物呈酸性,随着堆肥进程的推进,各废弃物 pH 都有较大幅度的升高,堆肥 3 个月时有所降低。牛和羊废弃物有机质含量较高,而猪废弃物略低,堆肥时间越长有机质含量越低。各废弃物全氮含量在堆肥 1 个月时下降,而后期有所上升。堆肥 3 个月时羊废弃物全氮和全钾含量最高,牛废弃物全磷含量最高。新鲜猪废弃物细菌数量明显多于新鲜牛和羊废弃物 ,堆肥 1 个月后猪、羊废弃物堆肥细菌数量剧降。新鲜猪废弃物中真菌数量与牛、羊废弃物呈显著差异 ;3 种废弃物堆肥放线菌数量差异相对较小。所以,无论是新鲜废弃物还是废弃物堆肥都富含养分和微生物。

表 2 不同处理屠宰场废弃物养分含量及微生物数量

处理	pH	有机质 (g/kg)	全氮 (g/kg)	全磷 (g/kg)	全钾 (g/kg)	细菌 ($\times 10^8$ cfu/g)	放线菌 ($\times 10^5$ cfu/g)	真菌 ($\times 10^3$ cfu/g)
猪 1	5.85	698.22	16.6	5.88	2.51	4.12	5.13	4.35
猪 2	8.54	558.22	14.4	6.54	2.69	0.37	2.47	0.015
猪 3	8.28	473.7	19.3	7.42	3.02	0.92	4.47	0.09
牛 1	6.82	769.35	19.55	10.34	3.5	2.62	4.25	0.95
牛 2	8.48	624.35	18.36	11.3	3.87	2.55	6.32	0.58
牛 3	8.41	543.9	24.05	12.28	4.15	0.47	7.78	0.12
羊 1	6.23	770.36	24.96	7.78	7.38	2.45	5.73	0.34
羊 2	8.31	610.36	21.16	8.67	7.19	0.41	4.47	0.18
羊 3	8.17	520.7	25.85	8.57	8.18	0.54	5.80	0.68

2.2 施用不同屠宰场废弃物对土壤理化性状和微生物数量的影响

2.2.1 土壤有机质和养分含量 施用屠宰场牛羊废弃物后土壤有机质与对照呈显著性差异(表 3),但施用猪废弃物的处理增量最小。9个施用废弃物的处理碱解氮平均值较对照提高 67.46%。土壤速效磷和速效钾含量变化趋势同有机质一致 ,其中速效磷增幅最小。

2.2.2 土壤 pH 和全盐 施用新鲜废弃物的处理

土壤 pH 降幅大于施入堆肥的处理(表 3)。施入屠宰场废弃物后土壤全盐含量降低,其中施入新鲜猪、羊废弃物的处理全盐含量低于堆肥处理,堆肥 3 个月处理较堆肥 1 个月处理全盐含量略高,但均低于对照。所以,施用屠宰场废弃物可以降低土壤表层 pH 和全盐含量,改良碱化土壤。

2.2.3 土壤微生物数量 供试土壤中细菌数量最多,真菌最少。施用猪废弃物的土壤细菌数量多于其他处理,其中施用新鲜猪废弃物的土壤细菌数量最多。施

表 3 施用不同屠宰场废弃物对土壤养分和微生物数量的影响

处理	有机质 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	pH	全盐 (g/kg)	细菌 ($\times 10^7$ cfu/g)	放线菌 ($\times 10^5$ cfu/g)	真菌 ($\times 10^3$ cfu/g)
猪 1	8.95 a	51.63 b	16.59 a	118.62 a	8.06 a	1.05 a	7.16 d	2.43 b	1.94 c
猪 2	9.56 a	53.58 b	19.45 a	115.49 a	8.26 a	2.37 b	5.88 c	2.64 b	1.56 b
猪 3	9.54 a	53.16 b	20.68 ab	125.3 a	8.37 a	2.84 c	5.15 c	2.49 b	1.88 c
牛 1	10.59 a	53.25 b	22.21 ab	133.84 a	8.12 a	2.15 b	4.95 c	3.06 c	2.94 c
牛 2	11.15 b	52.95 b	18.64 a	142.59 b	8.21 a	1.68 b	4.11 b	2.82 b	1.52 a
牛 3	11.37 b	55.67 b	23.00 b	134.16 a	8.72a	1.94 b	5.02 c	2.80 b	1.48 a
羊 1	11.26 b	51.69 b	21.35 ab	142.16 a	8.16 a	1.95 b	5.19 c	3.13 c	2.51 c
羊 2	10.05 a	54.18 b	21.48 ab	152.84 b	8.20 a	2.06 b	4.61 c	3.33 c	1.26 a
羊 3	10.57 ab	58.75 c	22.95 b	154.55 b	8.84 a	2.16 b	3.98 b	3.86 b	2.78 c
CK	8.18 a	42.48 a	16.20 a	122.75 a	8.93 a	2.85 c	2.15 a	1.53 a	1.20 a

注：表中同列数据小写字母不同表示处理间差异达到 $P < 0.05$ 显著水平。

用废弃物后各处理真菌数量增加,施用羊废弃物堆肥(3 个月)的处理增幅最大。所有施用屠宰场废弃物的处理土壤放线菌数量平均较对照高出 0.58×10^5 cfu/g。结果表明,施用屠宰场废弃物可以增加土壤微生物数量;其中猪废弃物对土壤细菌数量影响较大,而羊废弃物则对土壤放线菌和真菌数量影响较大。

2.3 不同屠宰场废弃物对土壤肥力质量提升的评价

2.3.1 评价指数及权重的计算 根据评价项目与土壤质量之间的关系与影响程度,将隶属函数分为 S

型、反 S 型和抛物线型,并将曲线型函数转化为相应的折线型函数。参考前人研究结果^[13-14]结合当地实际土壤质量,隶属函数曲线转折点取值如表 4 所示。

利用隶属函数进行土壤指标原始数据的标准化处理,得到评价指数,利用主成分分析法确定权重:首先分别求出各类肥力因素主成分的特征值、贡献率和特征向量(表 5);然后相应特征向量载荷矩阵与其贡献率加权求和,由此得出各项肥力指标的权重(表 6)。

表 4 S 型隶属度函数曲线转折点取值

取值	有机质 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	pH	全盐 (g/kg)	细菌 ($\times 10^7$ cfu/g)	放线菌 ($\times 10^5$ cfu /g)	真菌 ($\times 10^3$ cfu/g)
x1	10.0	45.0	3.0	50.0	7.0	2.0	3.0	1.0	1.0
x2	20.0	120.0	20.0	180.0	8.5	10.0	10.0	10.0	10.0

表 5 参评因子主成分的特征值和贡献率

主成分	特征值	贡献率	累积贡献率
1	2.87	71.85	81.75
2	0.55	13.64	85.50
3	0.39	9.69	95.19
4	0.19	4.84	1.00
5	1.97	39.36	39.36
6	1.60	31.91	71.27
7	0.92	18.37	89.64
8	0.40	8.08	97.72
9	0.11	2.28	1.00

表 6 各项参评因子的公因子方差和权重

指标类型	参评因子	公因子方差	权重
养分状况	有机质	0.890	0.245
	碱解氮	0.905	0.250
	速效磷	0.894	0.265
	速效钾	0.886	0.240
	pH	0.940	0.103
环境状况	全盐	0.893	0.184
	细菌	0.885	0.372
	放线菌	0.906	0.236
	真菌	0.904	0.105

2.3.2 各因素评价质量指数计算 最后根据累积求和法则,在养分状况和环境状况对相互独立的两类评价因素分别计算,定出评价质量指数,计算公式如下:

$$NFI = \sum_{i=1}^a W(N) \times (n_i)$$

(1)

$$EFI = \sum_{i=1}^b W(E) \times (e_i)$$

(2)

$$IFI = NFI \times EFI$$

(3)

式中: NFI 表示养分状况质量指数; EFI 表示物理化学环境质量指数; W 表示权重向量; n 和 e 表示指标的隶属度标准化值评价指数, a 和 b 表示两类指标的

个数，分别为 4 和 5，所得结果如表 7 所示。从综合评价结果来看，研究区土壤质量非常差，对照 *IFI* 仅为 0.081。由于屠宰场废弃物中有机质和养分含量都很丰富，因此，施用屠宰场废弃物堆肥可以提高土壤各肥力指标，土壤微生物数量也有不同程度的增加。整体来讲施用堆肥时间长的处理土壤质量高于施用新鲜废弃物处理，其中施用羊废弃物堆肥(3 个月)的处理土壤 *IFI* 最高，施用猪废弃物的处理 *IFI* 最低。所以猪废弃物在短时间对土壤理化性状的改善效果非常有限，而牛、羊废弃物较易腐熟，施用后土壤综合质量较高。

表 7 不同处理土壤质量综合评价结果

处理	NFI	EFI	IFI
猪 1	0.307	0.433	0.133
猪 2	0.341	0.473	0.162
猪 3	0.364	0.489	0.178
牛 1	0.413	0.432	0.178
牛 2	0.414	0.385	0.159
牛 3	0.443	0.418	0.185
羊 1	0.468	0.402	0.188
羊 2	0.430	0.442	0.190
羊 3	0.431	0.454	0.195
CK	0.292	0.277	0.081

3 结论

施用屠宰场废弃物可以提高土壤有机质和速效养分；牛、羊废弃物对土壤肥力指标提升效果优于猪废弃物，堆肥时间越长土壤有机质和养分含量越高。屠宰场废弃物可以降低土壤 pH 和全盐。猪废弃物堆肥对土壤细菌数量增效最佳；羊废弃物堆肥在提高土壤放线菌数量方面效果最好。新鲜废弃物对土壤微生物数量的增加效果优于堆肥。施用屠宰场废弃物可以提高土壤质量，施用堆肥的处理土壤肥力质量高于施用新鲜废弃物，施用羊废弃物堆肥的处理土壤肥力质

量最高。

参考文献：

[1] 中国行业研究网. 2010 年中国肉类加工市场评估及投资前景预测报告[R]. [2013-09-12]. <http://www.ChinaIRN.com>

[2] Fransen NG, Elzen AM, Urlings BA, Bijker PG. Pathogenic micro-organisms in slaughterhouse sludge-A survey[J]. Canadian Metallurgical Quarterly, 1996, 33(2-3): 245-256

[3] 黄坚, 邓梁. 屠宰场对环境污染的问题及对策[J]. 中国畜禽种业, 2010, 6(5): 33-34

[4] György F, Szilveszter B. Composting to recycle biowaste[J]. Sustainable Agriculture Reviews, 2010, 3: 319-346

[5] 胡诚, 曹志平, 罗艳蕊, 马永良. 长期施用生物有机肥对土壤肥力及微生物生物量碳的影响[J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(3): 48-51

[6] 陈金海, 王红丽, 王磊, 李艳丽, 张文俊, 付小花, 乐毅全. 互花米草/羊粪混合堆肥还田对滨海盐碱土壤的改良效应：实验室研究[J]. 农业环境科学学报, 2011, 30(3): 513-521

[7] 顾兵, 吕子文, 方海兰, 李桥, 郝冠军. 绿化植物废弃物堆肥对城市绿地土壤的改良效果[J]. 土壤, 2009, 41(6): 940-946

[8] Zaller JG, Köpke U. Effects of traditional and biodynamic farmyard manure amendment on yields, soil chemical, biochemical and biological properties in a long-term field experiment[J]. Biology and Fertility of Soils, 2004, 40(4): 222-229

[9] 黄继川, 彭智平, 于俊红, 林志军, 杨林香. 施用玉米秸秆堆肥对盆栽芥菜土壤酶活性和微生物的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(2): 348-353

[10] 张旭, 席北斗, 赵越, 魏自民, 李洋, 赵昕宇. 有机废弃物堆肥培肥土壤的氮矿化特性研究[J]. 环境科学, 2013, 34(6): 2 448-2 455

[11] Wortmann CS, Shapiro CA. The effects of manure application on soil aggregation[J]. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 2008, 80(2): 173-180

[12] 蒋小芳, 罗佳, 黄启为, 徐阳春, 杨兴明, 沈其荣. 不同原料堆肥的有机无机复混肥对辣椒产量和土壤生物性状的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(4): 766-773

[13] 骆伯胜, 钟继洪, 陈俊坚. 土壤肥力数值化综合评价研究[J]. 土壤, 2004, 36(1): 104-106, 111

[14] 徐建明, 张甘霖, 谢正苗, 吕晓男. 土壤质量指标与评价[M]. 北京: 科学出版社, 2010