

糠醛渣添加量对奶牛粪堆肥腐熟及 氨气释放量的影响

汤莹, 赵旭, 李娟, 吕燕红

(甘肃省农业科学院土壤肥料与节水农业研究所, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 为解决奶牛场粪污和糠醛渣的贮存及其对环境的污染问题, 我们探究不同添加量的糠醛渣对奶牛粪条垛式堆肥腐熟及氨气释放量的影响, 以新鲜奶牛粪和小麦秸秆为主料, 分别添加质量分数为 3%、6%、9% 的糠醛渣进行为期 35 d 的堆肥试验。结果表明, 当糠醛渣添加量质量分数为 3%~9% 时, 新鲜奶牛粪和小麦秸秆堆肥的产品的含水率、pH、NH₃ 释放量分别比对照不添加糠醛渣下降 13.86%~20.91%、1.09%~4.37%、12.86%~30.82%, 种子发芽指数和 C/N 分别提高 24.35%~43.48%、12.54%~31.22%。综上考虑认为, 采用奶牛粪堆肥时, 添加质量分数为 3%~9% 的糠醛渣, 可促进堆肥物料的分解转化, 加快腐熟速度, 降低氨气释放量。

关键词: 奶牛粪; 糠醛渣; 添加量; 堆肥; 氨气

中图分类号: S141

文献标志码: A

文章编号: 2097-2172(2023)06-0579-05

doi:10.3969/j.issn.2097-2172.2023.06.019

Effects of Furfural Residue Addition on the Decomposition and Ammonia Release from Dairy Manure Compost

TANG Ying, ZHAO Xu, LI Juan, LÜ Yanhong

(Institute of Soil, Fertilizer and Water-saving Agriculture, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract: In order to deal with the issues of dairy manure and furfural residue storage and its pollution to the environment, effects of different addition amounts of furfural residues on the decomposition and ammonia release of dairy cattle manure in strip composting was investigated, a 35-d composting experiment was conducted with fresh dairy cattle manure as the main feedstock and furfural residues added at 3%, 6% and 9% mass fraction, respectively. The results showed that the water content, pH and NH₃ release of the composted products were decreased by 13.86% to 20.91%, 1.09% to 4.37% and 12.86% to 30.82%, respectively compared with that of the control treatment when added at the mass fraction of 3% to 9%, whereas the seed germination index and C/N were increased by 24.35% to 43.48% and 12.54% to 31.22%, respectively. To sum up, when composting cow manure, furfural residues addition at the mass fraction of 3% to 9% can promote the decomposition and transformation of composting materials, accelerate the speed of decomposition, and reduce the amount of ammonia release.

Key words: Cow manure; Furfural residue; Addition quantity; Compost; Ammonia

随着人们对畜禽产品需求量的不断增加, 养殖业发展迅速, 养殖规模持续扩大, 大量排放的畜禽粪便造成的环境污染日趋严重。我国每年的畜禽粪污产生量达到了 38 亿 t, 但由于多种原因, 综合资源化利用率不足 60%, 无害化率不足 50%^[1]。好氧堆肥是一种高效、可持续的农业有机废物资源化利用技术, 能将农业有机废物转化为腐殖质, 并生产成作物生长需要的肥料产品^[2]。

牛粪具有臭味大, 纤维素和含水量高的特点, 资源化利用难度大。当前, 好氧堆肥是奶牛场处理粪污的主要技术手段^[3]。然而, 由于堆肥物料配比不合理, 造成堆肥腐熟速度慢, 氨气释放量大, 氮素损失率高等问题^[4-5]。糠醛渣是利用生物质原料生产糠醛过程中的主要副产品, 我国每年糠醛渣产量达到 480 万~600 万 t^[6]。大量糠醛渣的积累、贮存不仅占据了大量的土地资源, 也对生态

收稿日期: 2023-04-24

基金项目: 甘肃省农业科学院科技成果转化项目(2021GAAS-CGZH04); 甘肃省农业科学院重点研发计划(2022GAAS16)。

作者简介: 汤莹(1974—), 男, 甘肃临夏人, 副研究员, 主要从事农业资源高效利用、作物耕作栽培及土壤培肥等方面的研究与示范推广工作。Email: 344413975@qq.com。

环境造成了严重污染^[7]。堆肥过程中可根据堆肥工艺需要添加外源物质,改善堆肥物料的水热条件和物理化学性质,优化堆肥工艺,提高肥料产品质量^[8]。有学者研究发现,在鸡粪好氧堆肥过程中添加辅料调节水分和 C/N,不仅可以促进堆肥物料中抗生素的降解,而且加快腐熟速度^[9]。李云等^[10]研究发现,牛粪堆肥时添加糠醛渣有利于提高总氮质量分数和减少 N₂O 的排放。有关添加糠醛渣对牛粪堆肥腐熟过程及氨气释放量的影响研究较少,我们以新鲜奶牛粪和小麦秸秆为主料,研究了糠醛渣不同添加量对奶牛粪条垛式堆肥过程中的温度、含水率、种子发芽指数(GI)、pH 及氨气释放量的影响,以期为进一步开发利用糠醛渣及优化牛粪堆肥技术工艺提供理论支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验所用堆肥原料为新鲜奶牛粪(含有机碳 243.8 g/kg、全氮 12.7 g/kg、水分 627.1 g/kg, C/N 为 19.20, pH 8.95),取自武威市凉州区某奶牛场;糠醛渣(含有机碳 526.1 g/kg、全氮 3.8 g/kg、水分 257.6 g/kg, C/N 为 138.45, pH 2.34)购自张掖市甘州区某糠醛厂;小麦秸秆采购自奶牛场附近的农场。

1.2 试验方法

试验设 4 个处理,分别为处理 1(CK),奶牛粪 15 t+ 小麦秸秆 150 kg;处理 2,奶牛粪 15 t+ 小麦秸秆 150 kg + 质量分数为 3%的糠醛渣;处理 3,奶牛粪 15 t+ 小麦秸秆 150 kg+质量分数为 6%的糠醛渣;处理 4,奶牛粪 15 t+ 小麦秸秆 150 kg + 质

量分数为 9%的糠醛渣。每处理均 3 次重复。每处理将奶牛粪 15 t+ 小麦秸秆 150 kg 和设计用量的糠醛渣充分混合均匀,采用条垛式堆肥发酵,堆体长 15.0 m、宽 2.5 m、高 1.4 m。

1.3 测定指标及方法

1.3.1 温度及理化指标的测定 温度、含水率、pH、有机碳、全氮的检测参考李红霞等^[11]的方法进行,并计算 C/N。种子发芽指数(GI)的检测参照朱新梦等^[12]的方法进行。

发芽指数(GI)计算公式为:

$$GI = [(堆料浸提液的种子发芽率 \times 种子根长) / (去离子水的种子发芽率 \times 种子根长)] \times 100\%$$

1.3.2 氨气释放量的检测 氨气释放量的检测参照赵晨阳等^[13]的方法进行。

1.4 数据统计分析

试验数据采用 Excel 2010 软件进行数据统计分析及作图。

2 结果与分析

2.1 不同糠醛渣添加量对堆料温度的影响

温度是表征堆肥过程中微生物新陈代谢能力强弱的重要指标,温度的高低和高温持续时间影响堆肥的无害化处理效果^[14]。由图 1 可知,糠醛渣添加量对以新鲜奶牛粪和小麦秸秆为主料的堆料温度影响较大,升温速度和最高温度随添加量的增加而增加。堆肥第 2 天开始,各处理的温度开始升高,但升温速度差异较大,处理 3 和处理 4 升温速度比处理 2 和 CK 快。CK 和处理 2 分别在第 5 天和第 4 天进入高温期(>50 °C),堆肥过程中高温天数分别为 15 d 和 17 d;处理 3 和处理 4

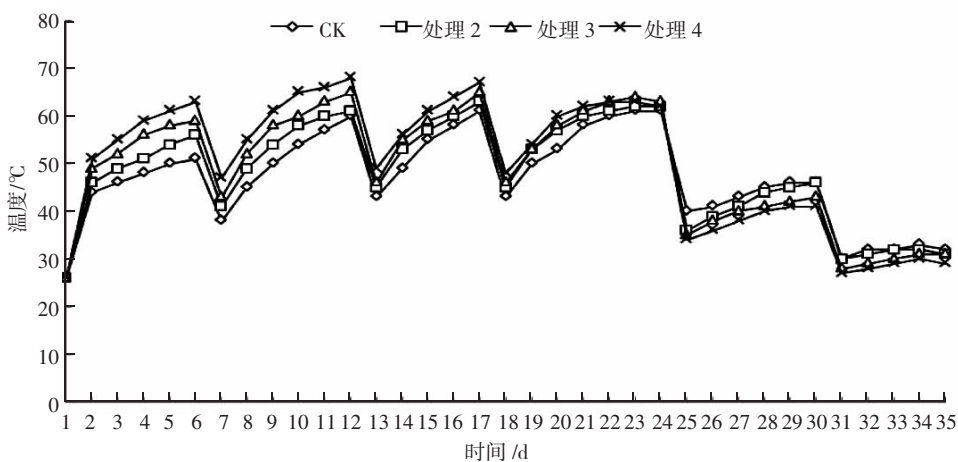


图 1 不同处理的温度变化

分别在第3天和第2天进入高温期,堆肥过程中高温天数分别为19d和20d。4个处理的高温保持时间均达到了粪便无害化卫生标准要求^[15]。因此,从高温持续时间、升温速度考虑,当奶牛粪初始含水量在600g/kg左右时,添加质量分数为6%的糠醛渣时堆肥升温速度快,高温保持时间长。

2.2 不同糠醛渣添加量对堆料含水率的影响

水分是堆肥微生物的生长繁殖和新陈代谢不可或缺的因素,通过水分的蒸发释放热量调节温度^[16]。由图2可知,随着堆肥过程的进行,各处理的含水率呈逐渐下降趋势,添加糠醛渣的处理含水率下降速度显著大于CK。添加糠醛渣的处理含水率在堆肥前21d下降速度较快,21~35d的下降速度较慢。CK处理在堆肥的前28d下降速度较快,28~35d下降速度慢。堆肥结束时,CK、处理2、处理3、处理4的含水率分别为43.71%、37.65%、35.62%、34.57%,较初始含水率分别下降了30.30%、36.91%、36.81%、35.80%。综上所述,奶牛粪堆肥过程中添加糠醛渣可降低堆肥产品的含水率,降幅为13.86~20.91%,同时可提高堆料水分的蒸发速率,加快堆料腐熟速度。

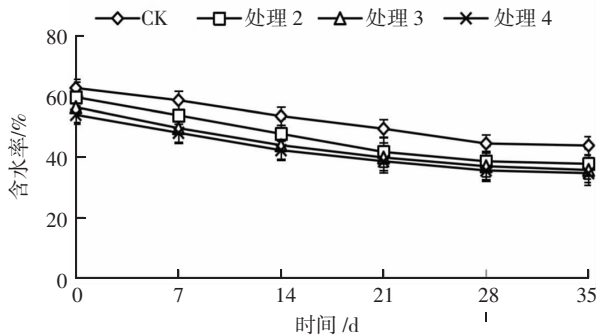


图2 不同处理的含水率

2.3 不同糠醛渣添加量对堆料pH的影响

由图3可以看出,不同处理的pH变化趋势基本一致,均为先上升后缓慢下降。堆料pH随糠醛渣添加量的增加而降低,其中以CK pH最高,处理4 pH最低。堆肥第21天,各处理的堆料pH均达到最大值,CK、处理2、处理3、处理4的pH分别为9.23、9.15、9.02、8.89。堆肥第21天后,各处理的堆料pH开始下降。堆肥结束时,糠醛渣添加量较多的处理(处理3、处理4)pH均降到9.00以下,分别为8.89、8.76;CK和处理2的pH

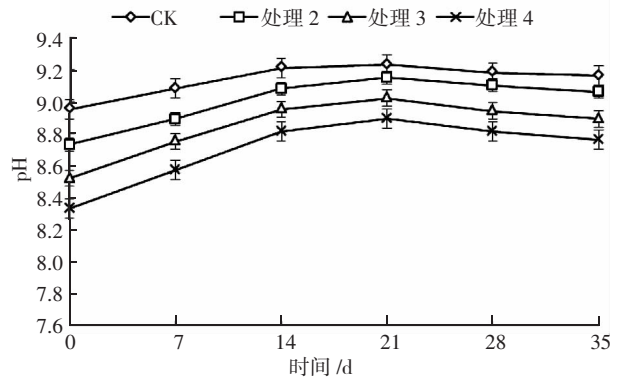


图3 不同处理的pH

略高,分别为9.16、9.06。综上所述,添加不同糠醛渣堆肥产品pH较对照下降1.09%~4.37%。

2.4 不同糠醛渣添加量对堆料种子发芽指数(GI)的影响

监测堆肥不同时期的种子发芽指数,不仅可以指示堆料对植物种子的毒性随堆肥时间增加的变化趋势,而且也反映了堆料的腐熟进程^[17]。由图4可知,堆肥过程中,各处理的种子发芽指数(GI)呈逐渐升高的趋势,但不同的堆肥时间,升高速率不同。堆肥前7d,GI升高速度较慢,7~28dGI升高速度明显加快,28~35dGI升高速度又有所下降。添加糠醛渣各处理的GI均显著大于CK,且GI随糠醛渣添加量的增加而升高。堆肥结束时,CK、处理2、处理3、处理4的GI值分别为57.5%、71.5%、76.6%、82.5%,较初始GI值分别升高了62.61%、66.01%、65.01%、65.51%。综上所述,在奶牛粪+小麦秸秆中添加质量分数为3%~9%的糠醛渣,可提高牛奶粪堆肥产品的GI值24.35%~43.48%,进而提高腐熟度。

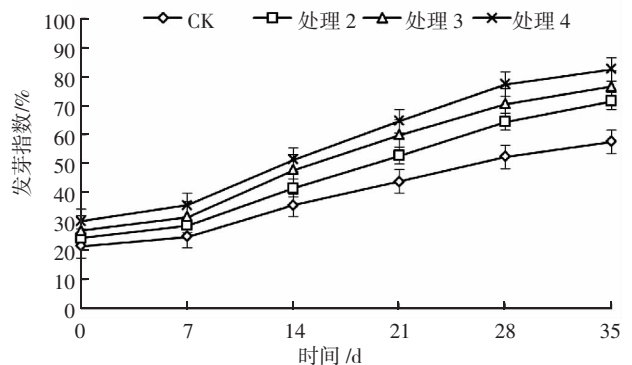


图4 不同处理的种子发芽指数

2.5 不同糠醛渣添加量对堆料C/N的影响

堆料的C/N是影响堆肥腐熟速度的重要理化

指标, C/N 过高或者过低时, 都将影响堆肥腐熟速度, 降低堆肥产品质量^[18]。由图 5 可知, 各处理的 C/N 均呈先缓慢上升后快速下降的趋势。堆肥前 7 d C/N 缓慢上升, 7~28 d C/N 呈快速下降趋势, 28~35 d C/N 下降速度有所减缓。添加糠醛渣各处理的 C/N 均显著大于 CK, 且 C/N 随糠醛渣添加量的增加而升高。堆肥结束时, CK、处理 2、处理 3、处理 4 的 C/N 分别为 14.35、16.15、17.55、18.83, 较初始 C/N 分别下降了 25%、20%、18%、17%。综上可知, 在奶牛粪+小麦秸秆中添加质量分数为 3%~9%的糠醛渣, 可提高奶牛粪堆肥产品的 C/N 12.54%~31.22%, 从而降低碳氮损失率。

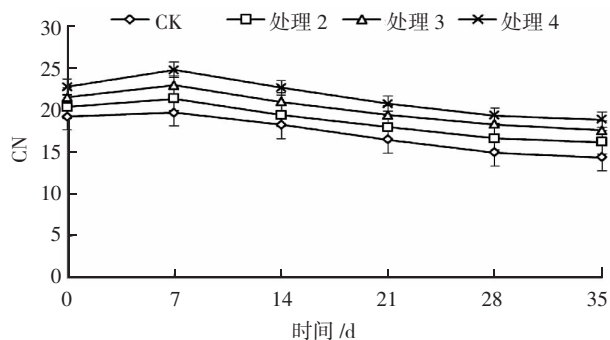


图 5 不同处理的 C/N

2.6 糠醛渣对堆料 NH₃ 释放量的影响

从图 6 可以看出, 各处理 NH₃ 释放量呈先上升后下降的变化趋势。添加糠醛渣各处理的 NH₃ 释放量显著低于未加腐殖酸的 CK, 并且峰值出现时间比 CK 提前 7 d。CK、处理 2、处理 3、处理 4 的峰值分别为 38.35、34.23、31.54、28.32 mg/(m²·h)。添加糠醛渣各处理的平均 NH₃ 释放量比 CK 低 12.86%~30.82%。可见, 在奶牛粪+小麦秸秆中添加质量分数为 3%~9%的糠醛渣, 可有效降低 NH₃ 释放量, 减少 N 素损失。

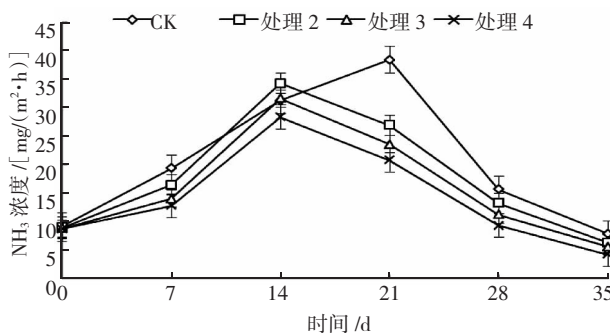


图 6 不同处理 NH₃ 的释放量

3 讨论与结论

影响堆肥腐熟速度的理化参数主要有 C/N、pH、温度、水分、通风量等。根据畜禽粪污的理化特点调节堆料成分配比、添加调理剂以及控制通风等措施是提高堆肥效率和肥料质量的有效方法^[19]。pH 是影响微生物的生长及新陈代谢的重要因素, 通常微生物生长繁殖的最佳环境是偏碱性或中性, 因此控制堆料的 pH 在合理区间内, 可以提高微生物新陈代谢能力, 从而加快堆肥腐熟速率^[20]。糠醛渣含有多种游离酸和腐殖酸, 可中和碱, 降低堆料酸碱度^[21]。在牛粪中添加适宜辅料可以加速堆肥物料的转化分解, 提高堆肥温度、加快腐熟进程^[22]。李荣华等^[23]研究表明, 添加木炭能促进堆肥有机物料的降解, 加快堆肥腐熟脱毒, 增加堆肥产品总氮的质量分数, 提高产品质量, 减少堆肥初期氨气的挥发。陈雪娇等^[24]研究发现, 磷石膏的添加促进了堆肥温度的快速升高, 但其添加量超过有机物干物质的 40%时会导致堆肥高温时间变短。我们用含水量在 620 g/kg 左右的奶牛粪进行条垛式好氧堆肥时, 添加质量分数为 3%~9%的糠醛渣, 可使堆肥产品的含水率降低 13.86%~20.91%, pH 降低 1.09%~4.37%, NH₃ 释放量降低 12.86%~30.82%; 使种子发芽指数 (GI) 提高 24.35%~43.48%, C/N 提高 12.54%~31.22%。表明奶牛粪堆肥时添加适量的糠醛渣, 不仅可显著提高堆料温度上升速度、堆料的种子发芽指数和肥料产品腐熟度, 而且可以有效降低堆肥过程中氨气的释放量和肥料产品的 pH。本研究只对奶牛粪堆肥过程中的常规理化指标进行了测定, 未对其堆肥过程中微生物群落多样性及酶活性等进行深入研究。后期若能通过分子生物学技术对微生物多样性和酶活性进行研究, 则有利于更好地分析糠醛渣对奶牛粪堆肥过程的影响, 为优化牛粪堆肥技术工艺提供理论基础和参考依据。

参考文献:

[1] 樊 严. 牛粪加秸秆快速发酵生产有机肥方法[J]. 热带农业工程, 2022, 46(5): 33-35.
 [2] ZHAO K N, XU R, ZHANG Y, TANG H, et al. Development of a novel compound microbial agent for degradation of kitchen waste[J]. Braz. J. Microbiol., 2017, 48

- (3): 442-450.
- [3] 梁天, 张晓东, 张玉, 等. 不同 C/N 条件下菌酶制剂对牛粪堆肥进程的影响[J]. 中国农学通报, 2022, 38(31): 77-82.
- [4] DIAS B O, SILVA C A, HIGASHIKAWA F S, et al. Use of biochar as bulking agent for the composting of poultry manure: effect on organic matter degradation and humification[J]. *Bioresource Technology*, 2010, 101(4): 1239-1246.
- [5] PEDRO F R, VIRGINIA D T, NICOLÁS I R, et al. Co-composting of poultry manure with other agricultural wastes: process performance and compost horticultural use[J]. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 2015, 17(1): 42-50.
- [6] 冯亭杰, 张杰, 张诗仪. 我国糠醛生产技术进展及市场分析[J]. 河南化工, 2019, 36(9): 7-10.
- [7] XING Y, BU L, SUN D, LIU S, et al. High glucose recovery from direct enzymatic hydrolysis of bisulfite pretreatment on non-detoxified furfural residues[J]. *Biore-source technology*, 2015, 193: 401-407.
- [8] SEMENOV A V, VAN OVERBEEK L, VAN BRUGGEN A H C. Percolation and survival of *Escherichia coli* O157: H7 and *Salmonella enterica* serovar Typhimurium in soil amended with contaminated dairy manure or slurry, *Appl*[J]. *Environ. Microbiol.*, 2009, 75(10): 3206-3215.
- [9] 王桂珍, 李兆君, 张树清, 等. 碳氮比对鸡粪堆肥中土霉素降解和堆肥参数的影响[J]. 中国农业科学, 2013, 46(7): 1399-1407.
- [10] 李云, 邱慧珍, 张建斌, 等. 添加过磷酸钙和糠醛渣对好氧堆肥过程中氨气排放和氮素转化的影响[J]. 环境工程学报, 2021, 15(12): 3992-4000.
- [11] 李红霞, 蔡禄, 季祥, 等. 羊粪好氧堆肥最佳工艺参数的优化研究[J]. 中国农机化学报, 2019, 40(6): 215-220.
- [12] 朱新梦, 董雯怡, 王洪媛, 等. 牛粪堆肥方式对温室气体和氨气排放的影响[J]. 农业工程学报, 2017, 33(10): 258-264.
- [13] 赵晨阳, 李洪枚, 魏源送, 等. 翻堆频率对猪粪条垛堆肥过程温室气体和氨气排放的影响[J]. 环境科学, 2014, 35(2): 533-540.
- [14] 勾长龙, 高云航, 刘淑霞, 等. 微生物菌剂对堆肥发酵影响的研究进展[J]. 湖北农业科学, 2013, 52(6): 1244-1248.
- [15] 刘瀚扬, 杨雪, 孙越鸿, 等. 羊粪无害化处理技术研究进展[J]. 当代畜牧, 2018(33): 50-52.
- [16] 郑欢, 刘俊超, 张健, 等. 不同 C/N 比条件下污泥好氧堆肥研究[J]. 轻工科技, 2014(4): 70-72.
- [17] BERNAL M P, ALBURQUERQUE J A, MORAL R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review[J]. *Bioresource Technology*, 2009, 100(22): 5444-5453.
- [18] 张亚宁. 堆肥腐熟度快速测定指标和方法的建立[D]. 北京: 中国农业大学, 2004.
- [19] 刘凯, 郁继华, 颀建明, 等. 不同配比的牛粪与玉米秸秆对高温堆肥的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2011, 46(1): 82-88.
- [20] 姜新有, 王晓东, 周江明, 等. 初始 pH 值对畜禽粪便和菌渣混合高温堆肥的影响[J]. 浙江农业学报, 2016, 28(9): 1595-1602.
- [21] 孙在金. 脱硫石膏与腐植酸改良滨海盐碱土的效应及机理研究[D]. 北京: 中国矿业大学, 2013.
- [22] 解开治, 徐培智, 张仁陟, 等. 一种腐熟促进剂配合微生物腐熟剂对鲜牛粪堆肥的效应研究[J]. 农业环境科学学报, 2007, 26(3): 1142-1146.
- [23] 李荣华, 张广杰, 张增强, 等. 添加木炭改善猪粪稻壳好氧堆肥工艺及质量[J]. 农业工程学报, 2014, 30(16): 230-238.
- [24] 陈雪娇, 王宇蕴, 徐智, 等. 不同磷石膏添加比例对稻壳与油枯堆肥过程的影响及基质化利用的评价[J]. 农业环境科学学报, 2018, 37(5): 1001-1008.