

玉米秸秆与粪水低温发酵不同阶段的堆肥质量评价

李嘉祺¹, 刘卓^{2*}, 关法春^{2*}, 张永锋², 李平³, 贺延国⁴, 王将旭²

(1. 吉林农业大学工程技术学院, 长春 130118; 2. 吉林省农业科学院, 长春 130033; 3. 西藏藏迦生态科技发展有限公司, 西藏 林芝 860000; 4. 中水东北勘测设计研究院有限公司科学研究院, 长春 130061)

摘要:为科学地评价秸秆发酵进程, 准确衡量秸秆低温下的发酵效果, 本文采用投影寻踪方法对玉米秸秆与粪水在低温发酵不同阶段的堆肥质量进行评价。结果表明: 随着发酵时间的延长, 堆肥温度和氧化钾及总有机质含量先升后降, 五氧化二磷先增后降而后又上升, 其整体呈上升趋势, 堆肥全氮含量和失重率逐渐增加, C/N 和含水量逐渐降低。其中 C/N 经过 30 d 发酵后降低到 19.83, 堆肥达到还田要求。运用投影寻踪模型对堆肥不同时期发酵质量的综合评价结果说明, 堆肥发酵综合质量随着发酵时间的延长而逐渐提高, 第 30 天堆肥发酵质量最高, 其函数投影值达到了 2.432 3。本研究为解决高寒地区秸秆、粪污的消纳处理提供了可行的技术参考。

关键词:堆肥; 质量评价; 投影寻踪; 低温发酵

中图分类号: S141.4

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2020)02-0125-04

Composting Quality Evaluation of Corn Straw and Manure in Different Stages of Low Temperature Fermentation

LI Jiaqi¹, LIU Zhuo^{2*}, GUAN Fachun^{2*}, ZHANG Yongfeng², LI Ping³, HE Yanguo⁴, WANG Jiangxu²

(1. The College of Engineering and Technology, Jilin Agricultural University, Changchun 130118; 2. Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033; 3. Tibet Zangjia Ecological Science & Technology Development Co., Ltd., Linzhi 860000; 4. China Water Northeastern Investigation and Design Research Co., Ltd., Changchun 130061, China)

Abstract: In order to evaluate the process and the effect of straw fermentation at low temperature scientifically and accurately, this paper uses projection pursuit method to evaluate the composting quality of corn straw and fecal water at different stages of low temperature fermentation. The results showed that: with the extension of fermentation time, the compost temperature, the content of potassium oxide and total organic matter first increased and then decreased, and the content of phosphorus pentoxide first increased and then decreased and then increased. As a whole, the content of total nitrogen and weight loss increased, and the content of C/N and water decreased. Among them, C/N decreased to 19.83 after 30 days fermentation, and compost reached the requirement of returning to the field. The result of using projection pursuit model to evaluate the fermentation quality of compost in different period showed that, the comprehensive quality of composting fermentation gradually improved with the extension of fermentation time, and the fermentation quality of compost was the highest on the 30th day, and its function projection value reached 2.432 3. This study provides a feasible technical reference for the absorption of straw and manure pollution in the alpine region.

Key words: Compost; Quality evaluation; Projection pursuit; Low temperature fermentation

收稿日期: 2019-06-03

基金项目: 吉林省农业科技创新工程项目(CXGC2018ZY026)

作者简介: 李嘉祺(1999-), 男, 在读本科, 从事新能源科学与工程研究。

通讯作者: 刘卓, 男, 硕士, 副研究员, E-mail: liuzhuo0726@163.com

关法春, 男, 博士, 副研究员, E-mail: gfc1940@163.com

com

肥料化处理是秸秆消纳的一个有效途径, 大量的研究表明, 合理地接种外源微生物有利于缩短秸秆发酵时间, 提高肥料的质量。但东北及西藏等高寒地区面临着秋冬春三季温度低、冰期长等问题, 严重影响作物秸秆的发酵, 为此应用青藏高原极端环境下的特异性微生物菌群来解决低

温下的秸秆发酵难题,可以成为实现高寒地区秸秆堆肥、培肥土壤的根本途径^[1],以往在零度乃至零下十几度低温条件下的秸秆发酵做了多方面的报道^[2-3]。

影响秸秆不同阶段发酵质量的指标较多,而且指标之间存在关联性^[2],这给秸秆发酵进程的评价带来复杂性。对于这种涉及多个指标高维数据处理问题,投影寻踪方法通过高效降维后的可视化优势而广泛应用于土壤质量^[4]、地下水水质^[5]、资源承载^[6]、牧草质量^[7]等领域的综合评价。为此,本文在秸秆与粪水发酵质量评价中采用投影寻踪方法,对在低温下不同发酵阶段的堆肥发酵质量进行评价,以期科学地评价秸秆发酵进程,准确衡量低温条件下秸秆发酵后的堆肥质量。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

耐低温发酵菌系采自西藏山南市浪卡子县(29°13'16.5"N, 90°20'56.5"E)的高山土壤中(海拔5 064 m),经筛选、分离、培养复配制成,其中含绿色木霉菌 3.0×10^7 cfu/g、芽孢杆菌 5.0×10^9 cfu/g、白腐真菌 2.0×10^7 cfu/g。玉米秸秆选用当地玉米收获后自然风干的秸秆完整株。

1.2 试验设计

试验于2019年2月17日(外界气温 $1^{\circ}\text{C} \sim -10^{\circ}\text{C}$)开始在吉林省农业科学院长春院区塑料中棚内进行。试验设置玉米秸秆与猪粪水混合发酵处理,鉴于尚无市售能在 -10°C 下自然启动发酵的菌剂,因此本试验不设对照。将5.2 kg 秸秆(干重)粉碎成5 cm 以下的秸秆段,均匀接种0.1‰的耐低温复合菌系(淀粉基),堆放到体积 0.084 m^3 的泡沫箱内,然后浇猪粪水调节发酵堆物料水分至65%,并覆盖泡沫箱盖,3次重复;分别在堆制的第1 d、10 d、20 d、30 d(30 d内已基本完成堆肥的发酵阶段),采集泡沫箱内中心附近的3点混合样,风干后装入封口袋备用,并另取样品装入牛皮纸袋, 105°C 下烘干至恒重并计算样品含水量,3次重复。

按照NYT 2722-2015中的方法测定秸秆失重率。总有机质、全氮、五氧化二磷、氧化钾等指标分别按照NY525-2012、NY2542-2014、NY2541-2014、NY2540-2014标准进行测定;碳氮比(C/N)为秸秆总有机质与全氮的比值。

1.3 数据分析

利用SPSS软件对数据进行差异显著性分析

(LSD法);采用投影寻踪(Projection pursuit, PP)模型进行堆肥发酵品质综合评价分析,PP模型建模步骤参见文献[7-8]。

2 结果与分析

2.1 发酵温度变化

堆体温度反应堆肥的进程,也是评价堆肥稳定度最简便快捷的物理指标。不同发酵时期堆体温度变化结果表明:随着发酵时间的延长,堆肥温度呈先升高后降低的趋势,且不同发酵时期堆

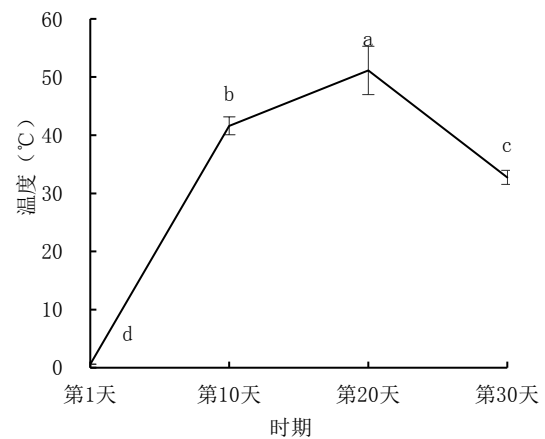


图1 不同时期的堆肥温度变化

体温度间存在显著差异(图1)。

2.2 养分指标变化

养分指标是堆肥腐熟程度的重要判定标准。不同日期的样品养分含量存在一定的变化,虽然在采样中期的样品部分养分含量有所反复,但总体上呈现随着发酵时间的延长,氧化钾及总有机质含量先升后降,五氧化二磷先增后降而后再上升,全氮含量逐渐增加,C/N逐渐降低。其中全氮、氧化钾和五氧化二磷含量整体上呈增高趋势,总有机质、C/N呈逐渐降低的趋势,C/N最终降低至19.83。不同发酵时期之间的全氮含量和C/N差异显著,第20天、第30天的样品氧化钾含量显著高于第1天,第1天、第10天的样品总有机质含量显著高于第20天、第30天,第30天的样品五氧化二磷含量显著高于其他时期(图2)。

2.3 失重率和水分变化

失重率和水分变化可反映有机肥腐熟的相应程度。由图3可以看出:随着发酵时间的延长,失重率逐渐增高,含水量逐渐降低,不同时期的堆肥失重率、含水量之间差异显著;经过30 d发酵后,失重率升高至46.15%,含水量从65.00%降低至47.01%。

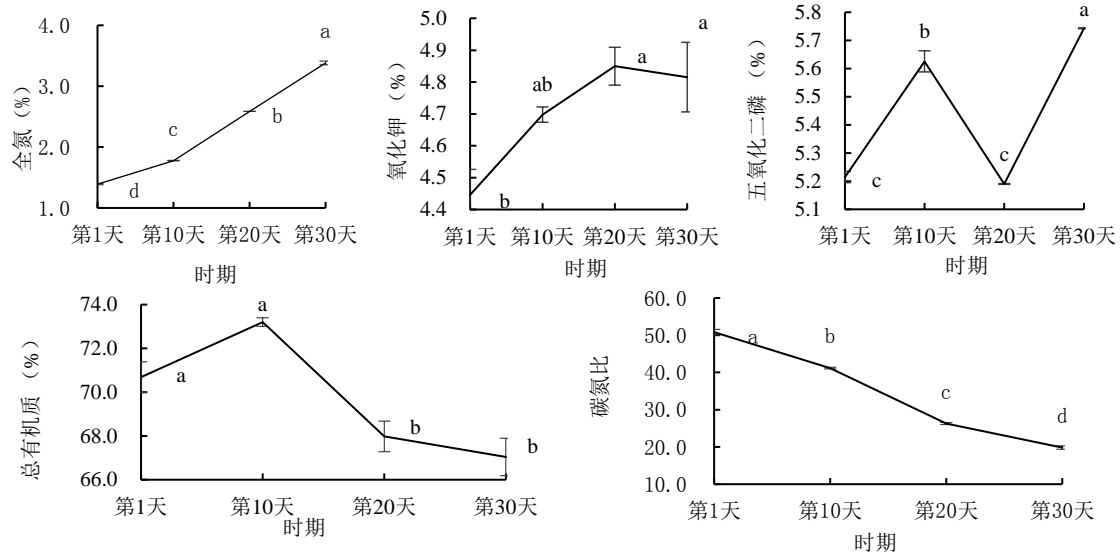


图2 不同时期的堆肥养分指标变化

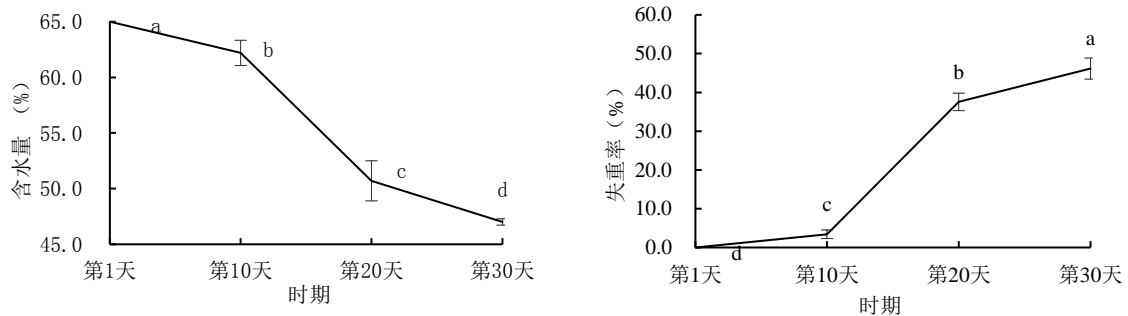


图3 不同时期的堆肥失重率和含水量变化

2.4 堆肥发酵质量综合评价

选择全氮、氧化钾、五氧化二磷、总有机质、碳氮比、发酵温度、失重率、含水量等指标建立堆肥发酵质量综合评价指标体系。其中对于全氮、氧化钾、五氧化二磷、发酵温度、失重率指标按照越大越优原则,总有机质、碳氮比、含水量指标按照越小越优原则进行归一化处理^[7-8]。

采用MATLAB软件进行数据处理,选定父代初始种群规模为 $n = 400$,交叉概率 $P_c = 0.80$,变异概率 $P_m = 0.80$,优秀个体数目选定为20个, $\alpha = 0.05$,加速次数为20,得出最大投影指标值为:0.458 3,各个状态变量的最佳投影方向 $a^* = (0.357 7, 0.431 7, 0.204 1, 0.032 7, 0.392 3, 0.313 7, 0.435 4, 0.448 3)$,各个处理综合评价的投影值 $Z^*(j) = (0.028 8, 1.010 9, 1.986 8, 2.432 3)$ 。将 $Z^*(j)$ 从大到小排列,可得各处理优劣顺序(图4)。

从不同时期的堆肥发酵质量综合评价函数投影结果来看(图4),随着发酵时间的延长,函数投影值逐渐提高,说明堆肥发酵综合质量随着发酵

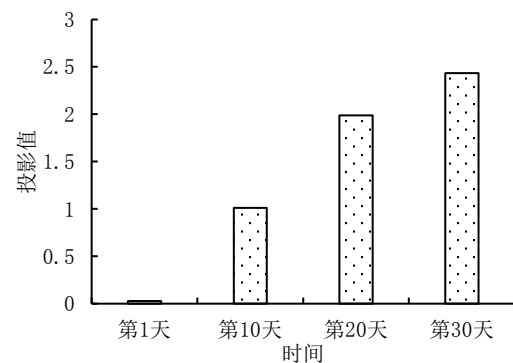


图4 不同时期的堆肥质量综合评价函数投影值

时间的延长而逐渐提高,第30天的堆肥发酵质量最高,其函数投影值为2.432 3。

3 讨论

本文所用的特异微生物能够在低温条件下快速氧化有机物质,并促使其发生养分转化^[9],其中有一部分有机物分解转换成热量,堆肥能够在高温下快速发酵,因而在30 d基本完成高温发酵;之后由于堆肥中的有机质基本被分解完全,微生物的活动逐渐减弱,温度也随之下降^[10]。堆肥发酵过程也促进了堆肥养分的转化,全氮含量逐渐

增加,主要因为该发酵阶段微生物活动由旺盛逐渐减弱,堆肥渐趋腐熟,部分有机碳还在转化为 CO_2 ,而此时 NH_3 的挥发损失较小,物料全氮含量转为上升;氧化钾、五氧化二磷含量在发酵前后呈增加趋势,这主要由于堆肥过程中的“浓缩效应”引起的^[11];总有机质呈降低趋势,C/N逐渐降低,其中C/N经过30 d发酵后降低到19.83,堆肥达到还田的一般要求。

事实上,上述堆肥养分指标的变化,与高温发酵下的养分转化有关。堆肥开始后,堆料中的碳水化合物为微生物提供了丰富的能源和养分,使得微生物的新陈代谢加快、种群数量增加,也加速了微生物对易降解有机物的矿化和分解,在高温期前后达到最高值;而后随着腐殖化作用的增强,大量的可溶性有机碳被微生物吸收利用,转化为相对复杂的含碳物质,其含量下降;在堆肥过程中,秸秆在一定条件下经过微生物等的综合降解作用,其所含的有机物逐步被分解或释放,堆肥失重逐渐增加。

含水量一方面由于有机物的氧化分解产生水分而增加,另一方面由于通风作用、温度的上升以水蒸气的形式挥发而降低,含水率是这两个因素叠加的结果。堆肥中微生物的生长、有机物的分解均需要水分,堆肥保持一定的含水率是堆肥降解与熟化的必须条件。

堆肥发酵过程中,诸多因素相互干扰相互制约,如发酵温度会对堆肥物质分解和转化有直接影响^[12]。对堆肥整体的发酵质量状况进行评价,需要综合这些多指标构成的高维数据进行降维处理,并避免以往灰色关联分析等方法人为赋值带来的主观干扰^[13],最终得到一个综合的评价值,进而科学地反映不同时间阶段的堆肥质量状况,从而准确把握堆肥进程,类似的分析策略以往在牧草收获期优选^[7]、土壤质量评价^[14]等方面得到验证。

4 结 论

堆肥温度和氧化钾及总有机质含量呈先升高后降低的变化趋势,五氧化二磷先增后降而后又上升,堆肥全氮含量和失重率逐渐增加,C/N和含水量逐渐降低。其中C/N经过30 d发酵后降低到

19.83,堆肥达到还田要求。运用投影寻踪模型对堆肥不同时期发酵质量的综合评价结果表明:堆肥发酵综合质量随着发酵时间的延长而逐渐提高,第30天堆肥发酵质量最高,其函数投影值达到了2.432 3。低温下堆肥发酵效果及其质量评价,有助于解决高寒地区秸秆、粪污等农业废弃物的消纳处理,促进农业废弃物资源化利用的发展。

参考文献:

- [1] 关法春,李忠和,韩丽丽,等.畜禽粪便与秸秆混合低温发酵堆肥技术[J].现代农业科技,2019(18):158.
- [2] 关法春,刘 亮,苗彦军,等.低温菌对冬季水稻秸秆发酵腐解特性的影响[J].西南民族大学学报(自然科学版),2019,45(4):338-342.
- [3] 关法春,宗宪春,吴玉德,等.高寒地区作物秸秆低温发酵堆肥技术探析[J].现代农业科技,2019(12):171.
- [4] 赵小勇,付 强,邢贞相.投影寻踪等级评价模型在土壤质量变化综合评价中的应用[J].土壤学报,2007,44(1):164-168.
- [5] 荀继萍,任仲宇,张永祥,等.物元可拓法在地下水水质评价中的应用[J].水资源与水工程学报,2015,26(5):87-92.
- [6] 王建华,姜大川,肖伟华,等.基于动态试算反馈的水资源承载力评价方法研究:以沂河流域(临沂段)为例[J].水利学报,2016,47(6):724-732.
- [7] 关法春,梁正伟.基于遗传算法的投影寻踪模型对小花碱茅最佳收获期的判定[J].农业系统科学与综合研究,2009,25(3):336-339.
- [8] José A Malpica, Rejas J G, María C Alonso. A projection pursuit algorithm for anomaly detection in hyperspectral imagery[J]. Pattern Recognition, 2008, 41(11): 3313-3327.
- [9] 赵秀玲,朱新萍,罗艳丽,等.温度与秸秆比例对牛粪好氧堆肥的影响[J].环境工程学报,2014,8(1):334-340.
- [10] 柳冬梅,姜寿涛,张云影,等.不同菌剂处理鲜鸡粪发酵试验研究[J].东北农业科学,2019,44(4):59-62,75.
- [11] 李必琼.作物秸秆与城市污泥高温好氧堆肥过程中碳氮磷及重金属转化研究[D].重庆:西南大学,2010.
- [12] 李自刚.农业有机固体废弃物堆肥过程中微生物多样性与物质转化关系研究[D].南京:南京农业大学,2006.
- [13] 杨怿佳,张 晔.基于灰色关联度的牧业总产值影响因素分析—以新疆兵团为例[J].东北农业科学,2019,44(6):115-120.
- [14] 关法春,王 超,钟国辉,等.西藏波密波棱瓜野生地与栽培地土壤肥力质量分析[J].东北农业大学学报,2012,43(2):114-116.

(责任编辑:刘洪霞)