

5 种微生物发酵剂对玉米秸秆的发酵效果*

于艳辉,程智慧*,谢芝春,张庆春,薛书浩
(西北农林科技大学 园艺学院,陕西杨凌 712100)

摘 要: 为了筛选出适合玉米秸秆单一发酵的微生物菌剂,以不加菌剂为对照,研究了添加 5 种微生物菌剂对粉碎的玉米秸秆的发酵腐熟效果和发酵过程中堆料温度、体积、营养的动态变化。结果表明,添加外源微生物菌剂能有效加快发酵过程并显著影响营养元素的动态变化,添加“金宝贝”和“满园春”菌剂促进发酵的效果较好。5 种处理中“金宝贝”和“满园春”升温速度最快,50℃ 高温持续时间可长达 5 d 之久,且体积下降百分比多,营养释放量高;有机物速腐剂和青岛龙力发酵剂的发酵效果一般;HM 发酵基的效果较差。与对照相比,各处理发酵至 30 天时异味消失,体积下降明显,且表层出现大量菌丝,基本腐熟。5 种处理全氮与碱解氮含量变化正好相反:全氮含量先下降后上升而速效氮含量先增加后减少;全磷、速效磷、全钾、速效钾含量均呈上升趋势。对照升温缓慢,营养元素含量变化不明显。

关键词: 微生物发酵剂;玉米秸秆;发酵

中图分类号:S641.2 文献标识码:A 文章编号:1004-1389(2010)02-0095-05

Effects of Five Microbial Agents on Fermentation
of Corn Straw in Composting

YU Yanhui, CHENG Zhihui*, XIE Zhichun, ZHANG Qingchun and XUE Shuhao
(College of Horticulture, Northwest A&F University, Yangling Shaanxi 712100,China)

Abstract: In this experiment, the dynamic changes of temperature, volume and nutrition of smashed corn straw with 5 microbial added during composting process were studied in order to select a microbial agent which suited to the single fermentation of corn straw. The results showed that the microbial agent inoculation could promote the composting process significantly, and the fermentation effect of "Jinbaobei" and "Manyuanchun" appeared better. The temperature for the treatments of "Jinbaobei" agent and "Manyuanchun" agent added increased quicker than that for the other treatments and CK. The duration of 50℃ high temperature lasted for over five days, the volume of fermenting corn straw decreases larger, and the nutrition release appeared most;Organic quick rotten agent and Qingdao long-li are the second;HM fementation base is the third. Compared to CK, when fermenting for 30 days all the treatments lost the peculiar smell, appeared an obvious decreasing in volume, and grew large amount of mycelium which symbolized the corn straw had been fermented on the whole. Changes of the total N content appeared in an adverse trend to that of the available N in all five treatments, with the former decreased first and then increased whereas the later increased first and then decreased during fermentation. Total P, available P, total K and available K all showed increasing trends during the fermentation process. Whereas the the temperature and nutrient dynamic change for CK were flat.

Key words: Microbial agents; Corn straw; Fermentation

* 收稿日期:2009-07-02 修回日期:2009-09-03
基金项目:“十一五”国家科技支撑计划项目(2007BAD57B03;2006BAD07B02)。
作者简介:于艳辉(1982—),男,河北张家口人,在读硕士,专业方向为园林植物生理生态及造景。E-mail: ssyqj@163.com
* 通讯作者:程智慧(1958—),男,陕西兴平人,教授,博士生导师,主要从事园艺植物栽培和生理生态研究。E-mail: chengzh@nwsuaf.edu.cn

有机基质是指既不用天然土壤,也不使用传统的营养液灌溉植物根系,而是采用农业废弃物等经腐熟发酵沤制和消毒而成的有机固态基质^[1]。目前的保护地设施,无论是温室还是大棚,由于投资成本较大,不能像露地一样实行轮作,通常连续使用 3 年以上,都会出现不同程度的连作障碍,而有机生态型无土栽培是克服连作障碍最有效、最经济和最彻底的办法^[2]。中国作为农业大国,农作物秸秆等副产物是重要的农业资源,含有丰富的氮、磷、钾及多种微量元素^[3],在田间燃烧或堆积,既浪费资源又污染环境^[4],而且一半以上的农作物秸秆等副产物被随处堆放用做薪材,在我国北方干燥多风的气候下,它们常是引发和助长特大火灾的根源。据不完全统计,每年因农作物秸秆引发火灾造成的经济损失就达 15 亿元之多。有机基质的生产则可以解决农业废弃物及环境污染的问题^[5],同时有效地减少此类火灾发生。传统的堆肥时间长,不利于养分的保存和利用。大量研究表明合理地接种外源微生物有利于缩短发酵时间,促进难分解物质的降解,从而提高基质的品质^[6-9]。目前用微生物发酵剂促进秸秆等发酵的研究不少,河南农业大学郭守如等将鸡粪拌入玉米秸秆在发酵塔中发酵^[10],湖南农业大学石其伟等人将猪粪拌入水稻秸秆进行堆肥发酵。但利用微生物发酵剂对农作物秸秆等副产物作单一基质发酵的研究尚少。该研究通过对玉米秸秆接种 5 种微生物发酵剂进行发酵试验,旨在筛选出适合作物秸秆发酵的微生物菌剂,缩减发酵流程,改进农作物副产物发酵工艺,以期为优质有机栽培基质生产技术提供指导,降低成本,促进有机基质栽培的发展。

1 材料与方法

1.1 材料

玉米秸秆为玉米成熟收获后自然风干的秸秆,购自杨凌农业示范区周边农户;5 种微生物发酵剂:“满园春”(北京春熙农业有限公司)、“金宝贝”(北京金宝贝微生物菌剂生产有限公司)、有机物速腐剂(北京中龙创微生物有限公司)、HM 发酵基(河南鹤壁微生物菌剂生产公司)和青岛龙力发酵剂(青岛龙力生物技术有限公司)。

1.2 试验设计

试验在西北农林科技大学中心实验楼楼顶进行。堆置前先将玉米秸秆粉碎,堆置时加水至各自饱和含水量的 60%(通过测定单位质量有机废弃物的饱和吸水量来确定每桶加水量),初始 pH 为 7~8(有利于微生物活动和堆体升温),同时配以不同比例的尿素,将材料的 C/N 控制在 25:1 左右(微生物活动最旺盛,有机物分解速度最快)。

采用单因子试验设计,以不加菌剂为对照,比较添加 5 种菌剂的发酵效果。每处理发酵原料为 40 kg,充分拌匀后装入底面半径为 0.2 m、高为 0.5 m、容积为 0.02 m³ 的塑料桶中,桶外加保温被。从 2008-04-24 起保持自然状态发酵 30 d 至 2008-05-23 结束。

从发酵当天开始,每 5 d 测定堆体中心温度和体积变化一次,同时从堆体上、中、下各部位取样 20 g 左右混匀,于 105℃ 烘干粉碎以备后期用于营养测定。

1.3 测定方法及内容

①温度:用水银温度计插入堆体中心测定;②体积:通过用卷尺测定堆体高度变化计算体积变化;③营养测定:全 N 用浓 H₂SO₄-H₂O₂ 消化凯氏定氮法测定,碱解 N 用碱解扩散法测定,全 P 和速效 P 用钒钼黄比色法测定,全 K 和速效 K 用火焰光度法测定^[11]。

2 结果与分析

2.1 不同微生物菌剂对玉米秸秆发酵过程中温度和体积的影响

堆料温度是微生物活动的标志,温度的高低反映堆肥腐熟的快慢^[12]。从图 1 可以看出,玉米秸秆在发酵过程中各微生物发酵剂处理的升温速度及高温持续时间均明显优于对照,其中“金宝贝”和 HM 发酵基的升温速度最快,发酵第 10 天均达到 50℃ 以上,而“金宝贝”50℃ 高温持续时间可长达 5 d 之久。同时,各处理体积下降百分比(发酵腐熟程度越高,堆体体积下降越明显,即体积下降百分比越大)与对照相比差别较大:“金宝贝”最高为 18%，“满园春”为 16.5%、HM 发酵基为 16%、有机速腐剂为 15.5%、青岛龙力微生物发酵剂为 14%，而对照最低为 10%。

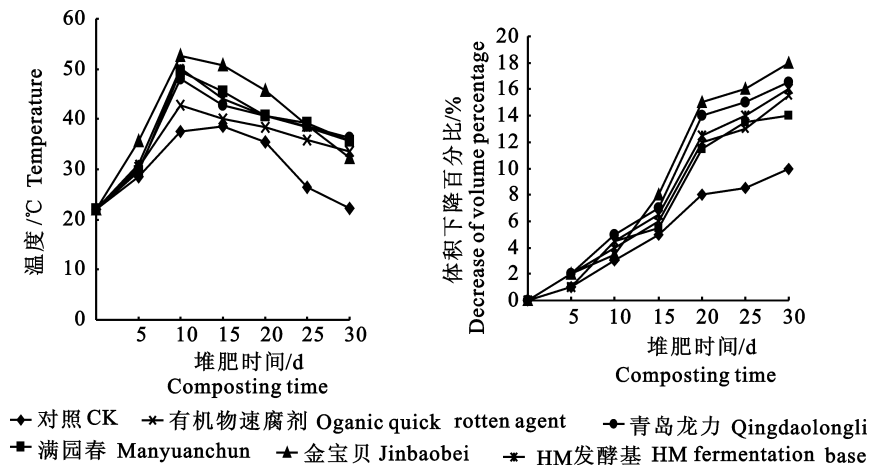


图 1 不同微生物菌剂对玉米秸秆发酵过程中温度和体积的影响

Fig. 1 Effects of microbial agents on the temperature and volume of the corn straw's fermentation process

2.2 不同微生物菌剂对玉米秸秆发酵过程中营养释放的影响

2.2.1 对 C/N 的影响 C/N 值是检验物料腐熟度的一个重要指标。一般堆肥 C/N 值达到 20 以下就认为已腐熟,可以直接施用^[13-14]。而 Morel 等^[15]认为,C/N 值小于 20 只是堆肥腐熟的必

要条件,建议采用 $T = (\text{终点 } C/N) / (\text{初始 } C/N)$ 来评价更为合适,认为当 T 值小于 0.6 时才算腐熟完全。从图 2 可看出,在发酵过程中,各处理的 C/N 均呈下降趋势,其中添加“金宝贝”和“满园春”的 T 值下降到 0.6,且“金宝贝”的 T 值最低,为 0.58。

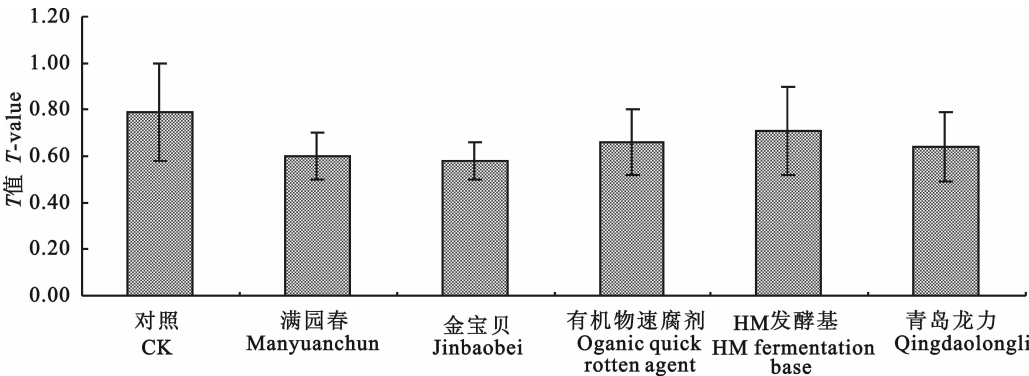


图 2 不同微生物菌剂对 T 值的影响

Fig. 2 Effects of microbial agents on T

2.2.2 对 N、P、K 营养释放的影响 全 N 和碱解 N 的变化 氮是微生物的主要营养源之一,氮含量变化可直接反映出微生物的活动及有机物的分解状况^[16]。由表 1 可以看出,不同微生物菌剂处理下的玉米秸秆全 N 含量变化均表现为先降后升的趋势,而碱解 N 的含量变化与全 N 变化趋势相反,前期含量明显增加,后期下降也较明显。二者变化阶段主要集中在发酵的 0~15 d。与发酵高温期基本一致,这是由于该阶段微生物活动旺盛,消耗 N 的速率明显大于总干物质下降速率,此后随着微生物活动减弱,堆肥逐渐腐熟,部分有机碳还在转化为 CO₂,而此时 NH₃ 的挥发损失较小,物料全 N 含量转为上升。而在堆肥高温

期初始,由于微生物的强烈活动,有机 N 矿化速度很快,造成 NH₃ 短时间大量积累,使得碱解 N 迅速上升,后由于 NH₃ 大量挥发,碱解 N 含量开始下降。

同时,不同处理对玉米秸秆全 N 和碱解 N 变化的影响也不同。玉米秸秆发酵后全 N 较发酵前的变化为:“金宝贝”和“满园春”的增长最大,与其他处理和对照差异显著,而“金宝贝”比“满园春”效果稍好,青岛龙力微生物发酵剂与对照差异显著,有机物速腐剂和 HM 发酵基与对照差异不显著。在不同的处理下碱解 N 含量较发酵前有所下降,在堆肥高温期初始,由于微生物的强烈活动,有机氮矿化速度很快,造成 NH₃ 短时间大量

积累,使得速效氮迅速上升,而后由于 NH₃ 大量挥发,速效氮含量开始下降,堆肥后期,部分无机氮转化为有机态氮,使得速效氮含量进一步下降。而 CK 生物活动不明显,转化现象并不显著。发酵后速效 N 的变化为:HM 发酵基与“金宝贝”差异显著,“金宝贝”与对照的差异较小,而其他处理与对照差异不显著。

全 P 和速效 P 的变化 从表 2 可以看出,玉米秸秆全 P 含量随着发酵过程的进行呈增加趋势,这是由于微生物的强烈分解作用将有机质分解成 CO₂ 及 NH₃ 等气体逸出,使堆肥的体积和质量减少,即“浓缩效应”^[17]。全 P 在发酵过程中

不涉及挥发的问题。其中“金宝贝”与有机物速腐剂差异不显著,但“金宝贝”的效果较好,且两处理显著高于其他处理和对照;“满园春”、HM 发酵基和青岛龙力微生物发酵剂间差异不显著,但三者均显著高于对照。而速效 P 含量在发酵初期有所下降,说明速效 P 被微生物利用固持在生物体内变为缓效 P。随后速效 P 含量增加,这与有机物分解和水分挥发有关。发酵后“金宝贝”与其他处理和对照差异显著,其他处理依次为 HM 发酵基>“满园春”>青岛龙力微生物发酵剂>有机物速腐剂,各处理均显著高于对照。

表 1 玉米秸秆发酵过程中全 N 和碱解 N 含量的变化

Table 1 The variation of total N and available N during corn straw's fermentation process														
处理 Treatments	全 N/% Total nitrogen							碱解 N /(g/kg) Available nitrogen						
	0 d	5 d	10 d	15 d	20 d	25 d	30 d	0 d	5 d	10 d	15 d	20 d	25 d	30 d
CK	0.96a	0.92a	0.94a	0.83e	0.85e	0.92d	0.99c	2.04a	2.06c	2.10d	2.13e	2.08c	2.02c	2.02bc
1	0.96a	0.84c	0.75e	0.90c	0.98a	1.00a	1.03ab	2.04a	2.1b	2.13c	2.18d	2.16b	2.03c	1.99c
2	0.96a	0.81e	0.76d	0.82f	0.94d	0.96c	1.04a	2.04a	2.16a	2.19b	2.22c	2.17b	2.06a	2.03b
3	0.96a	0.83d	0.79c	0.92b	0.96b	0.99b	1.00bc	2.04a	2.1b	2.21a	2.26b	2.10c	2.02c	1.98c
4	0.96a	0.80f	0.76d	0.88d	0.95c	0.97c	0.99c	2.04a	2.12b	2.22a	2.30a	2.24a	2.07a	2.05a
5	0.96a	0.88b	0.81b	0.94a	0.96b	1.00a	1.01b	2.04a	2.14a	2.21a	2.28a	2.15b	2.01d	1.98c

注:1. 满园春,2. 金宝贝,3. 有机物速腐剂,4. HM 发酵基,5. 青岛龙力微生物发酵剂。不同小写字母表示邓肯氏新复极差测验差异显著(P<0.05),下同
Note:1. Manyuanchun,2. Jinbaobei,3. Organic quick rotton agent,4. HM fermentation base, 5. Qingdaolingli. In the same column followed by the different small letter are significantly different based on the Duncan's SSR test (P<0.05). The same as below

表 2 玉米秸秆发酵过程中全 P 和速效 P 含量的变化

Table 2 The variation of total P and available P during corn straw's fermentation process														
处理 Treatments	全 P/(g/kg) Total phosphorus							速效 P/(mg/kg) Available phosphorus						
	0 d	5 d	10 d	15 d	20 d	25 d	30 d	0 d	5 d	10 d	15 d	20 d	25 d	30 d
CK	1.94a	1.94c	1.95c	1.95d	1.95d	1.96c	1.98c	715a	714a	718e	733f	749f	764f	774f
1	1.94a	1.94c	1.95c	1.96c	1.98b	1.99b	2.02b	715a	703b	749b	789c	820c	852c	863c
2	1.94a	1.95b	1.96b	1.98a	1.99a	2.01a	2.04a	715a	692e	762a	809a	840a	877a	893a
3	1.94a	1.94c	1.95c	1.97b	1.99a	2.00ab	2.03ab	715a	689f	731d	775d	797e	816e	830e
4	1.94a	1.95b	1.95c	1.96c	1.97c	1.99b	2.01b	715a	696d	747c	794b	825b	862b	872b
5	1.94a	1.96a	1.97a	1.97b	1.98b	2.00ab	2.01b	715a	705c	732d	771e	802d	821d	839d

表 3 玉米秸秆发酵过程中全 K 和速效 K 含量的变化

Table 3 The variation of total K and available K during corn straw's fermentation process														
处理 Treatments	全 K/(g/kg) Total potassium							速效 K/(g/kg) Available potassium						
	0 d	5 d	10 d	15 d	20 d	25 d	30 d	0 d	5 d	10 d	15 d	20 d	25 d	30 d
CK	5.33a	5.34d	5.42b	5.45c	5.50d	5.57d	5.62e	0.75a	0.75b	0.77b	0.81b	0.83bc	0.84d	0.85c
1	5.33a	5.35c	5.44a	5.53b	5.61b	5.70b	5.71b	0.75a	0.76ab	0.79a	0.82a	0.85ab	0.86b	0.88b
2	5.33a	5.37b	5.45a	5.55a	5.64a	5.74a	5.76a	0.75a	0.77a	0.79a	0.82a	0.86a	0.87a	0.91a
3	5.33a	5.34d	5.42b	5.47b	5.52c	5.60c	5.68c	0.75a	0.76ab	0.77b	0.79d	0.81c	0.84d	0.86bc
4	5.33a	5.40a	5.45a	5.48c	5.53c	5.59c	5.65d	0.75a	0.77a	0.78ab	0.80c	0.83bc	0.84d	0.87bc
5	5.33a	5.35c	5.41b	5.47b	5.52c	5.60c	5.67c	0.75a	0.76ab	0.78ab	0.81b	0.84b	0.85c	0.87bc

全 K 和速效 K 的变化 由表 3 可以看出,发酵过程中全 K、速效 K 含量变化均呈上升趋势。钾元素在发酵过程中比较稳定,其增加主要由于发酵过程中的“浓缩效应”;速效 K 含量的增加主要是发酵过程中高分子物质分解使得缓效 K 向速效 K 转化的缘故。

不同处理下全 K 含量存在差异,添加“金宝贝”后的效果最佳,与其他处理和对照差异显著;而速效 K 的含量为“金宝贝”的最高,与其他处理和对照差异显著;“满园春”与有机物速腐剂、HM 发酵基和青岛龙力微生物发酵剂差异不显著,接种微生物菌剂的各处理与对照差异显著。

3 讨论与结论

目前,评价农作物副产物发酵腐熟指标主要包括:①物理指标 如物料发酵过程中升温快慢,高温持续时间;体积下降多少;发酵过程中臭味变化;产生菌丝的多少等。试验中接种“金宝贝”和“满园春”的发酵桶升温快,体积下降百分比大,发酵后期产生菌丝多;HM 发酵基最差,其他两种居中。② T 值 即 T 值〔终点 C/N)/(初始 C/N)〕小于 0.6。接种“金宝贝”和“满园春”的发酵桶 T 值均小于 0.6,其他则高于 0.6。③化学指标 如物料发酵过程中全营养和速效营养的变化情况,纤维素、半纤维素、果胶和木质素等高分子物质的降解情况^[16]。本研究认为秸秆发酵过程中全营养和速效营养的变化恰是高分子物质降解的结果,所以化学指标简化为营养测定。从营养的变化情况来看玉米秸秆在发酵过程中营养变化趋势与刘东银等^[18]对低温条件下猪粪堆肥过程营养元素动态变化趋于一致。而兰时乐等^[19]认为在鸡粪与油菜秸秆发酵过程中速效 P 的变化趋势为前期略上升而后期下降,从本试验的分析看玉米秸秆发酵过程中速效 P 的变化呈先略下降而后上升的趋势。

试验结果表明,接种外源微生物菌剂可有效加速玉米秸秆的发酵腐熟效果、加速升温 and 体积变化、缩短发酵时间。通过发酵过程中温度、体积、C/N 及各营养的变化情况,可将 5 种发酵剂分为三类:“金宝贝”和“满园春”的发酵效果较好,有机物速腐剂和青岛龙力发酵剂的发酵效果一般,而 HM 发酵基的效果较差。

本试验表明,在含水量和 C/N 值适宜条件下,接种恰当的微生物可以有效地促进玉米秸秆单一发酵。与对照相比,各处理升温迅速并能很快达到高温(>45℃),从而缩短了发酵时间,精简了发酵工序,这与李国学^[6]、席北斗^[9]等人的研究结果一致。本试验未对发酵过程中电导率及水解性酶的变化进行测定,这方面读者可参考陈胜男等^[20]的研究结果。

参考文献:

[1] 徐 刚. 瓜果类蔬菜有机基质栽培技术研究[J]. 南京农专学报,2003(3): 28-32.

[2] 蒋伟杰,刘 伟,余宏军,等. 我国有机生态型无土栽培技术研究[J]. 生态农业研究,2000,3(8):17-21.

[3] 望见湘,周杰良. 农作物秸秆在有机生态型无土栽培中的应用研究[J]. 北方园艺,2007(4):7-9.

[4] 石其伟,刘 强,荣湘民,等. 不同微生物菌剂对水稻秸秆发酵效果的影响[J]. 湖南农业大学学报:自然科学版,2006,3(32):264-268.

[5] 高 峰,奥岩松,王 慧. 不同发酵条件下有机物料的理化性状变化[J]. 北方园艺,2003(5):32-33.

[6] 李国学,黄懿梅,姜 华. 不同堆肥材料及引入外源微生物对高温堆肥腐熟度影响的研究[J]. 应用与环境生物学报,1999,5(增刊):139-142.

[7] 庞金华,程平宏,余延园. 两种微生物制剂对猪粪堆肥的效果[J]. 农业环境保护,1998,17(2):71-73.

[8] 田 慧,肖启明,谭周进,等. 纤维素分解菌的分离及腐解稻草的研究[J]. 湖南农业大学学报:自然科学版,2006,31(1):49-52.

[9] 席北斗,刘鸿亮,孟 伟,等. 高效复合微生物菌群在垃圾堆肥中的应用[J]. 环境科学,2001,22(5):122-125.

[10] 孙守如,杨秋生,董晓宇,等. 玉米秸秆有机栽培基质矿质营养及理化性状分析[J]. 农业工程学报,2008,6(24):41-44.

[11] 鲍士旦. 土壤农化分析(第 3 版)[M]. 北京:中国农业出版社,2000.

[12] 喻 晓,冯其林,项昌全. 有机垃圾快速无臭化发酵菌筛选及中试研究[J]. 环境卫生工程,1998,6(3):88-98.

[13] 刘另更. 中国有机肥料[M]. 北京:中国农业出版社,1991:38-59.

[14] Golueke C G. Principles of biological resource recovery [J]. Biocycle,1981,22:36-40.

[15] Morel T L,Colin F,Germon J C, *et al.* Methods for the evaluation of the maturity of municipal refuse compost[C]// GASSER J K R. In Composting of Agricultural and Other Wastes. London and New York: Elsevier Applied Science Publishers,1982:56-72.

[16] Zucconi F,Forte M,Monaco A, *et al.* Biological evaluation of composting maturity[J]. Biocycle,1981,22:27-29.

[17] 胡 菊,肖湘政,吕振宇,等. 接种 VT 菌剂堆肥过程中物理化学变化特征分析[J]. 农业环境科学学报,2005,24(5):970-974.

[18] 刘东银,许景钢,袁 磊,等. 低温条件下猪粪堆肥过程营养元素动态变化[J]. 东北农业大学学报,2008,39(11):32-35.

[19] 兰时乐,曹杏之,戴小阳,等. 鸡粪与油菜秸秆高温堆肥中营养元素变化的研究[J]. 农业环境科学学报,2009,28(3):564-569.

[20] 陈胜男,谷 洁,高 华,等. 玉米秸秆静态堆腐期间电导率及水解酶活性变化[J]. 西北农业学报,2009,18(3):322-326