

一种有机物料腐熟剂对鸡粪腐熟效果的影响

叶伟伟¹, 杨晓燕¹, 张龙¹, 郝桂喜², 李明珠¹, 黄俊^{1*}

(1. 山东劲牛集团股份有限公司, 山东济南 250000; 2. 济南市土壤肥料站, 山东济南 250000)

摘要 将枯草芽孢杆菌、地衣芽孢杆菌、长枝木霉 3 种菌株按比例进行混合, 制备一种有机物料腐熟剂, 并对该腐熟剂的应用效果进行了初步研究。应用此腐熟剂对鸡粪进行好氧发酵腐熟, 综合堆肥试验结果显示, 接种该腐熟剂的试验处理可以通过微生物的生长代谢, 有效提高鸡粪堆肥温度, 最高温度比对照高 16 ℃, 堆肥高温持续 11 d, 而且后期堆肥温度回落速度比对照慢; 堆肥过程中还可以加速堆肥 pH 的升高, 提高了物料的发腐腐熟效率。腐熟 30 d 后相比对照物料含水率降低了 3%, C/N 值低了 3.4, 全氮含量最高达 2.42%, 种子发芽指数比对照提前 10 d 达到 90%, 完全达到腐熟标准。综合各项指标, 该有机物料腐熟剂可以加速鸡粪腐熟过程, 提高堆肥产品的质量, 缩短堆肥周期。

关键词 C/N; 全氮; 种子发芽指数; 有机物料腐熟剂; 堆肥

中图分类号 Q93 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2020)18-0086-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.18.023



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effect of a Microbial Inoculant on Composting of Chicken Manure

YE Wei-wei, YANG Xiao-yan, ZHANG Long et al (Shandong Jinniu Biotechnology Co., Ltd., Ji'nan, Shandong 250000)

Abstract Three strains of *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis* and *Trichoderma longida* were mixed in proportion to prepare a microbial inoculant, and the application effect of the microbial inoculant was preliminarily studied. Aerobic fermentation of chicken manure was conducted using this microbial inoculant. The compost test results showed that the experimental treatment inoculated with the microbial inoculant could effectively increase the temperature of chicken manure compost through the growth and metabolism of microorganisms. It lasted for 11 days, and the compost temperature drops back later than the control. The compost process could also accelerate the increase of the pH of the compost, which improved the fermentation and maturation efficiency of the material. After 30 days of maturation, the moisture content of the control material was reduced by 3%, the C/N value was reduced by 3.4, the total nitrogen content reached a maximum of 2.42%, and the seed germination index reached 90%, 10 days earlier than the control, which completely reached the maturation standard. Based on various indicators, the microbial inoculant can accelerate the process of chicken manure decomposition, improve the quality of compost products, and shorten the compost cycle.

Key words C/N; Total nitrogen; Seed germination index; Microbial inoculant; Compost

随着养殖业的发展, 养殖方式也由传统散养的模式向规模化和集约化的方向发展, 但随之而来的是禽畜粪污的排放量不断增大且过于集中。2018 年国民经济和社会发展统计公报显示, 2018 年我国畜禽养殖约 200 亿头(只), 产生粪污约 30 多亿 t, 而禽畜粪便的实际有效处理率不到 20%^[1], 以致于禽畜粪污处理不当就会在一定程度上造成环境污染, 严重污染生态环境; 禽畜粪污中含有丰富的可利用营养物质, 但是直接利用问题较多, 所以其无害化处理和资源化利用是一个全球性重大命题。

目前国内对畜禽粪污的无害化处理方式主要是堆肥化处理^[2], 堆肥时添加不同功能的腐熟剂, 可以提高堆肥温度, 加快堆肥的腐熟速率, 显著缩短堆肥腐熟时间^[3-4]。腐熟剂是利用微生物高温发酵, 在 55~60 ℃ 的高温下杀灭病原物, 同时降解植物生长抑制物质、合成腐殖酸等提高土壤性能的有益物质, 然而不同腐熟剂的腐熟效果也是不同^[5-7]。笔者选用自制腐熟剂作为试验材料, 研究应用该腐熟剂在堆肥过程中的养分变化情况。

1 材料与方

1.1 材料 新鲜鸡粪由德州禹城市伦镇水坡社区太和村养殖户提供, 米糠由当地粮食加工厂提供, 食用菌渣由当地食

用菌厂提供。试验于 2019 年 8 月在山东劲牛集团股份有限公司德州实验场内进行; 试验腐熟剂为山东劲牛集团股份有限公司自主研发腐熟剂, 有效活菌数 ≥ 5 亿/g, 菌剂主要成分为枯草芽孢杆菌、地衣芽孢杆菌、长枝木霉。

1.2 试验设计 试验设 2 个堆肥处理, 每个堆肥 3 次重复, 具体设计如下: ①对照配比, 鸡粪 2 000 kg, 食用菌菌渣 850 kg, 不添加有机物料腐熟剂; ②加菌剂配比, 鸡粪 2 000 kg, 食用菌菌渣 850 kg, 添加 0.1% 有机物料腐熟剂; ③对照堆置方法, 按照需要的重量称量不同的堆肥物料, 用小型铲车或搅拌机充分混匀后, 加水至含水率 59%; 每堆堆成宽 1.35 m、高 1.15 m、长 2.00 m 左右的长垛条; ④加菌剂堆置方法, 将所需的腐熟剂用少量的细麸皮拌匀后, 再与鸡粪和食用菌菌渣物料混合均匀, 加水至含水率 59%; 每堆堆成宽 1.35 m、高 1.15 m、长 2.00 m 左右的长垛条。2 个处理在发酵过程中当温度升到 50 ℃ 时每天倒翻一次, 翻堆时将表面、底部与中间各层混合均匀, 直至腐熟。

1.3 采样及指标测定 在堆肥过程中, 分别在堆肥的 0、5、10、15、20、25、30 d 进行多点取样, 并采用四分法收集样品, 收集到的样品一部分放置至阴凉处自然风干, 粉碎留样待测; 一部分新鲜样品用于测定种子发芽指数^[8]。

1.3.1 温度 温度的测定采用温度计插于发酵堆中间 30 cm 深, 10~15 min 后读数, 每天 10:00 定时测定堆肥温度。同时测定大气温度。

基金项目 山东省重大科技创新工程项目(2019JZZY010712)。

作者简介 叶伟伟(1985—), 女, 山东聊城人, 工程师, 硕士, 从事微生物研究。* 通信作者, 高级工程师, 硕士, 从事微生物研究。

收稿日期 2020-03-19

1.3.2 pH、含水率指标测定。按 NY 525—2012 有机肥料技术标准进行测定。

1.3.3 全量指标测定。总有机碳的测定采用重铬酸钾氧化法测定,全氮测定采用凯氏定氮法^[9]。

1.3.4 种子发芽指数测定。把 5 mL 堆肥滤液加入铺有两层滤纸、直径为 9 cm 的培养皿内,每个培养皿均匀撒播 20 粒饱满的小白菜种子,25 ℃,黑暗培养 48 h,测定发芽率和根长,以去离子水作为对照,每个处理组重复 3 次,计算种子的发芽指数

$$(GI): GI = \frac{\text{滤液的种子发芽率} \times \text{种子根长}}{\text{蒸馏水的种子发芽} \times \text{种子根长}} \times 100.$$

2 结果与分析

2.1 堆肥温度变化 由图 1 可知,堆肥前期,加菌剂的处理比对照处理升温显著,加菌剂的处理在第 2 天就达到了 50 ℃,比对照处理提前 10 d 达到 50 ℃,且维持堆肥温度在 50~70 ℃ 累计 11 d,这段时间可以杀灭病原微生物及病虫卵,使有机质充分腐熟分解;堆肥后期,加菌剂的处理在第 18 天堆肥基本腐熟,比对照处理提前至少 10 d。整个堆肥过程中,2 个处理的堆肥温度和当日气温的相关系数分别为 0.60 和 0.40,相关性显著。

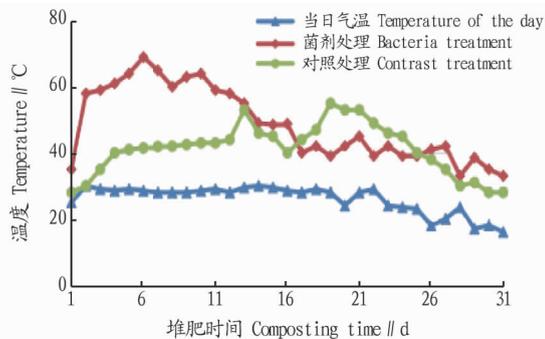


图 1 不同处理堆肥温度变化

Fig.1 Changes of temperature of compost in different treatments

2.2 含水率的变化 从图 2 可以看出,2 个处理组的堆肥起始含水率均为 59%,符合堆肥的最佳湿度(50%~60%)^[10]。随着堆肥发酵过程的进行,微生物快速繁殖释放大量热量,发酵前期含水率逐渐下降,在第 10 天对照处理的含水率降至 45%,加菌剂处理的含水率降至 39%,发酵后期至发酵结束时,对照处理的含水率降为 18%,接种菌剂处理的含水率降为 15%,接种菌剂处理的堆肥物料含水率比对照组低 3%。进一步说明接种菌剂处理有利于堆肥温度的升高,有效加速了水分的散失,从而使堆肥质量更符合 NY 525—2012 有机肥料技术标准。

2.3 pH 的变化 适宜的 pH 有利于微生物生长繁殖及产生代谢产物,在发酵初期,有机物料腐熟剂启动发酵,微生物在适宜条件下大量繁殖生长代谢,分解粪污中的蛋白类有机物,产生铵态氮,使 pH 快速升高;在发酵后期,伴随着蛋白类有机物的减少,铵态氮在硝化细菌的作用下转化为硝态氮及微生物代谢产生的酸,使堆肥 pH 下降^[11]。从图 3 可以看出,发酵初期,2 个处理的 pH 都快速升高,维持在 pH 7.5~

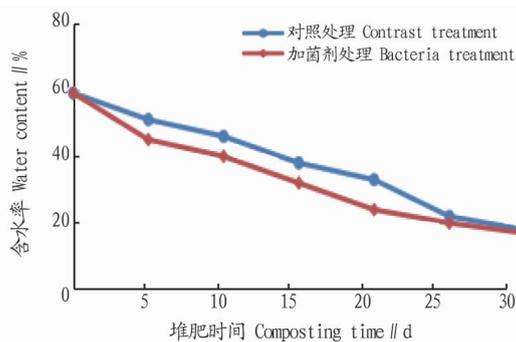


图 2 不同处理堆肥含水率变化

Fig.2 Changes of moisture content of compost in different treatments

8.8 一段时间后回落,加菌剂处理的 pH 明显比对照处理的 pH 高,且后期回落较慢;加菌剂处理的 pH 在第 10 天达到最高值(8.8),对照处理在第 15 天达到最高值(8.6),后期下降趋势也相对较快;发酵 30 d 后,加菌剂处理的 pH 降至 7.6,对照处理的 pH 为 7.30。

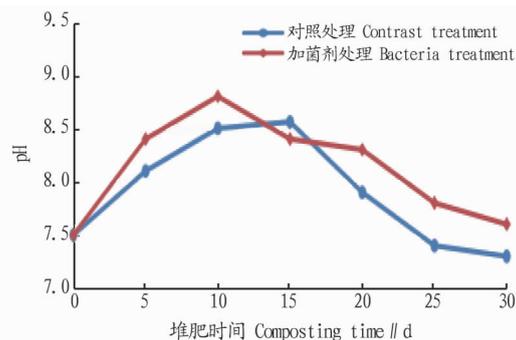


图 3 不同处理堆肥的 pH 变化

Fig.3 pH changes of compost in different treatments

2.4 全氮和总有机碳的变化 鸡粪中有机氮的含量较高,在发酵过程中,先转化为铵态氮再向硝态氮转变且鸡粪中氮素的损失度与温度相关($r=0.98$)^[12]。从图 4 可以看出,堆肥发酵前期,2 个处理组的全氮含量变化趋于一致,随着堆肥温度的升高,高温使堆肥中氮的挥发,从而导致堆肥中氮素含量迅速降低,降低幅度分别为加菌剂处理 70.7%、对照处理 54.4%;堆肥第 15 天,2 个处理组的全氮含量最低,加菌剂处理为 0.62%,对照处理为 0.63%,之后变化趋于稳定;堆肥 30 d,2 个处理的全氮损失分别为加菌剂处理 71.5%、对照处理 72.6%,腐熟完全,符合 Martins 等^[13]的结果。

堆肥前期,微生物首先分解易分解有机物,产生大量二氧化碳,使有机碳大量减少,从图 5 可以看出,堆肥前 5 d,2 个处理组的总有机碳含量大幅减少,加菌剂的处理下降速度更快;当堆肥结束时,2 个处理组间的总有机碳含量差异很小。

2.5 C/N 值的变化 从图 6 可以看出,随着发酵过程的进行,2 个处理的 C/N 值逐渐下降,加菌剂的处理在第 20 天 C/N 值下降至 14.5,最终稳定在 14.5;对照处理的 C/N 值在第 20 天下降至 17.9,且基本稳定在 17.9。该研究采用 $T = (\text{终点 C/N}) / (\text{初始 C/N})$ 衡量堆肥腐熟度, $T < 0.60$ 时,堆肥

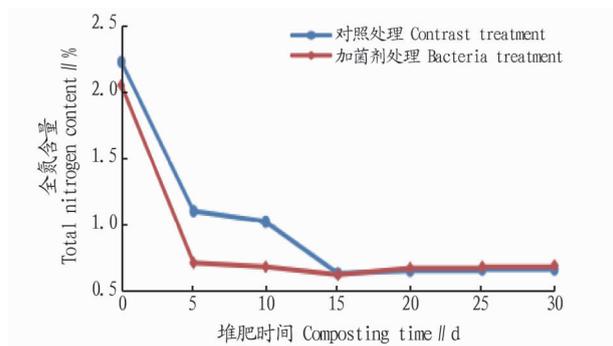


图4 不同处理堆肥物料全氮含量的变化

Fig.4 Changes of total nitrogen content of composted materials in different treatments

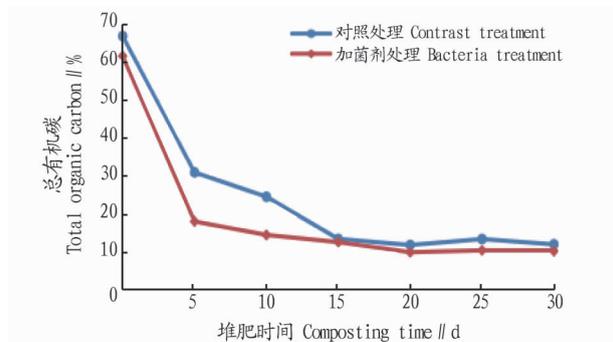


图5 不同处理堆肥总有机碳的变化

Fig.5 Changes of total organic carbon of compost in different treatments

达到腐熟^[14-15]。堆肥第30天,对照处理 T 约为0.60,加菌剂处理 T 为0.48,说明至堆肥结束,加菌剂处理比对照处理腐熟更完全。

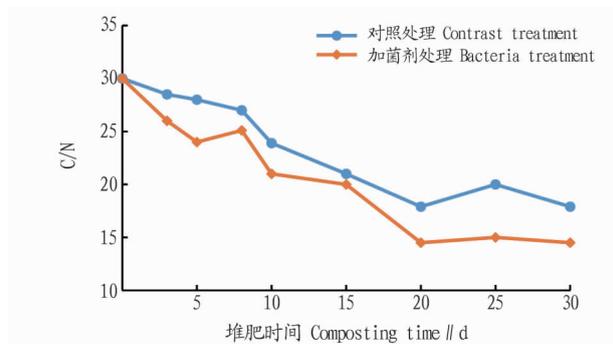


图6 不同处理堆肥的C/N比值

Fig.6 C/N ratio of compost in different treatments

2.6 种子发芽指数 从2个处理组发酵过程中种子发芽指数(GI)的变化情况(图7)可以看出,2个处理组在发酵初始阶段GI都很低,随着发酵的进行,GI逐渐升高,加菌剂处理的鸡粪在第10天时GI值大于50%,发酵结束时GI值为100%,通过显著性分析,与对照处理差异显著($P < 0.05$),说明加入菌剂后种子发芽率显著提高。

3 结论与讨论

该研究将枯草芽孢杆菌、地衣芽孢杆菌、长枝木霉3种菌株按比例进行混合,制备一种有机物料腐熟剂,并对该腐熟剂的应用效果进行验证研究。应用此腐熟剂对鸡粪进行

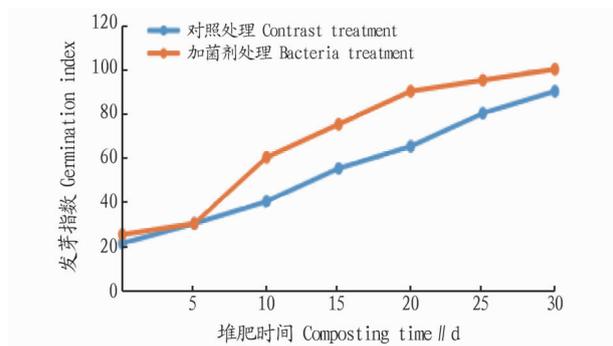


图7 不同处理堆肥发芽指数的变化

Fig.7 Changes of the germination index of compost in different treatments

腐熟,加入有机物料腐熟剂的第2天,堆肥物料发酵温度达到了 50°C ,超过起始温度 5°C 以上,符合发酵启动的标准;最高温度在第6天就达到了 69°C ,且在高温阶段持续了11d,降低含水率的同时能有效杀灭有害菌及病虫卵;鸡粪堆肥腐熟时间比未接种有机物料腐熟剂的处理也提前了10d。 C/N 值也是评价堆肥腐熟度的指标之一,一般 C/N 值在20以下时堆肥已腐熟^[16-17],应用此腐熟剂对鸡粪进行腐熟时,在发酵后期加菌剂的处理 C/N 值由起始的30.0降至14.5,符合堆肥腐熟标准,这也符合岳敏杰等^[18]认为的堆肥腐熟标准。种子发芽指数反映发酵堆肥对植物的毒性,也是评价堆肥发酵腐熟的指标之一^[19],发芽指数 $>50\%$ 的堆肥,即基本没有毒性,堆肥腐熟安全,该研究在加入该有机物料腐熟剂发酵后的第20天,样品的发芽指数(GI) $>90\%$,与刘东海等^[20]的研究结果相比,发芽指数显著提高。通过对鸡粪堆肥过程中温度、含水率、pH、全氮、 C/N 值及发芽指数等各项指标的试验数据分析显示,该有机物料腐熟剂能显著提高鸡粪发酵温度,加速鸡粪腐熟过程,提高鸡粪堆肥产品的质量,缩短堆肥周期。

参考文献

- [1] 李季,彭生平.堆肥工程实用手册[M].北京:化学工业出版社,2006.
- [2] 黄国锋,吴启堂,黄焕忠.有机固体废物好氧高温堆肥化技术[J].中国生态农业学报,2003,11(1):159-161.
- [3] 李国学,黄懿梅,姜华,等.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(S1):139-142.
- [4] 朴仁哲,姜成,金玉姬,等.微生物菌群对鸡粪堆肥腐熟中物质变化的影响[J].湖北农业科学,2006,45(1):110-113.
- [5] 王卫平,薛智勇,朱凤香,等.不同微生物菌剂处理对鸡粪堆肥发酵的影响[J].浙江农业学报,2005,17(5):292-295.
- [6] 陈雅娟,霍培书,韩卉,等.鸡粪锯末好氧堆肥过程中硝化细菌动态变化[J].中国农业大学学报,2014,19(2):100-107.
- [7] 侯宪文,李勤奋,陈炫,等.木薯皮和鸡粪的堆肥化利用研究[J].农业环境科学学报,2014,33(3):478-483.
- [8] 高云航,勾长龙,王雨琼,等.低温复合菌剂对牛粪堆肥发酵影响的研究[J].环境科学学报,2014,34(12):3166-3170.
- [9] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业出版社,1999.
- [10] 罗维,陈同斌.湿度对堆肥理化性质的影响[J].生态学报,2004,24(11):2656-2663.
- [11] 曾光明,黄国和,袁兴中.堆肥环境生物与控制[M].北京:科学出版社,2006.
- [12] ROBINSON J S, SHARPLEY A N. Release of nitrogen and phosphorus from poultry litter[J]. J Evion Qual, 1995, 24: 62-67.

定9分制中的9个判断不相符。但是,随着EXCEL软件的不完善,EXCEL 2007版及以上的版本中函数可以嵌套到64层,可以实现奶牛体型线性鉴定9分制中9个变量的判断,从而实现原始9分线性数据转化为百分制功能分,进而对奶牛体型性状的优缺点作出准确、全面的判断。

奶牛体型线性性状直接影响奶牛的功能寿命^[11]、305 d产奶量^[12-13]、乳房炎发病率^[14]等经济性状。近年来,申慧芳等^[15]、刘松柏^[16]、李培娟^[17]、毛杰^[18]和脱征军等^[19]分别对山西、武汉、河北、上海和宁夏地区的荷斯坦牛体型线性性状进行了统计分析,结果发现各地区荷斯坦牛体型性状均未达到理想状态,还有很多的改良空间。

申慧芳等^[15]、刘松柏^[16]、李培娟^[17]、毛杰^[18]还对荷斯坦牛体型性状的遗传力进行了估计,估计值分别为0.10~0.45、0.03~0.37、0.07~0.61、0.09~0.64。上述研究表明,不同地区相同体型性状估计的遗传力不尽相同。按照遗传力划分标准(高遗传力 $h^2 < 0.3$;中等遗传力 $0.1 < h^2 \leq 0.3$;低遗传力 $h^2 \leq 0.1$)来划分^[20],说明荷斯坦牛大部分体型性状遗传力达到中等遗传力,对这些单性状加强选择,可以起到很好的改良效果。体型总分遗传力估计为0.16~0.49^[16-18],均属于高遗传力,说明体型总分可作为一个重要的育种指数,用于荷斯坦牛育种改良。

5 结论

EXCEL 2007及以上版本中的IF函数可以实现荷斯坦牛9分制体型鉴定原始数据简单、便捷地转化为百分制功能分。同时,可以利用这些功能分统计个体体躯容量、尻部、肢蹄、泌乳系统、乳用特征和体型总分。各个性状、部位功能分反应了牛只单性状和各个部位的情况,有利于育种工作者在选种选配时,及时改良个体劣势或缺陷性状,巩固并加强优良性状。评估一个场牛只体型鉴定等级情况,可以让管理者

精准掌握牛场牛只整体情况,进而制定相应的育种计划。

参考文献

- [1] 储明星,师守堃.奶牛体型线性评定及其应用[M].北京:中国农业出版社,1999:6-15.
- [2] 张沅,石万海,张胜利,等.中国荷斯坦牛体型鉴定技术规程:GB/T 35568—2017[S].北京:中国标准出版社,2017.
- [3] 徐夕水,陈惠华,邱雅洁.EXCEL在奶牛线性外貌评分中的应用[J].畜牧与兽医,2003(7):24.
- [4] 易礼胜,付茂忠.Excel在奶牛线性评分中的应用[J].中国草食动物,2006,26(2):65.
- [5] 胡伶俐,付海涵.基于Access的奶牛体型线性评定管理系统的设计与应用[C]//中国奶业协会.第三届中国奶牛发展大会论文集.北京:《中国奶牛》编辑部,2008:255-257.
- [6] 魏晓莉,张长利,兰翠.基于WEB的奶牛体型外貌线性评定系统的设计与开发[J].东北农业大学学报,2008,39(12):93-95.
- [7] 马彦男,吴建平,朱静.基于EXCEL的奶牛体型外貌线性评分系统[J].中国草食动物,2009,29(3):30-33.
- [8] 刘和凤,汪湛.荷斯坦牛体型线性鉴定计算机系统的应用[J].中国奶牛,2012(13):34-36.
- [9] 中国奶牛数据中心.tixjd.xls手机版体型评定数据导入模板[EB/OL].[2020-01-15].https://www.holstein.org.cn.
- [10] 陈基容.用Excel中IF的嵌套函数进行数据的高级筛选[J].电脑编程技巧与维护,2015(3):60-61,75.
- [11] 吴红超,樊新忠,徐凯勇,等.荷斯坦奶牛体型特征对功能寿命的影响[J].西南农业大学学报,2008,21(2):455-459.
- [12] 王力生,蔡克周,程茂基,等.荷斯坦牛乳房诸性状与305d产奶量的相关[J].草食家畜,2007(4):12-13,18.
- [13] 朱凯,刘光磊,黄黎明,等.上海地区荷斯坦牛体型外貌与产奶性状的相关分析[J].中国奶牛,2014(21):17-20.
- [14] 刘贤侠,王建梅,张晓燕,等.荷斯坦牛乳房部分性状对乳房疾病的影响[J].中国奶牛,2011(2):34-37.
- [15] 申慧芳,王钦德.山西省荷斯坦牛体型性状参数估计[J].山西农业大学学报(自然科学版),2006,26(2):189-191.
- [16] 刘松柏.武汉地区荷斯坦牛体型线性性状的遗传分析[D].武汉:华中农业大学,2008.
- [17] 李培娟.河北荷斯坦牛体型性状分析[D].邯郸:河北工程大学,2010.
- [18] 毛杰.上海地区荷斯坦牛体型性状与产奶性状、SCS和寿命性状的遗传分析[D].南京:南京农业大学,2015.
- [19] 脱征军,李委奇,田佳,等.宁夏规模化奶牛场荷斯坦牛体型线性评定浅析[J].中国奶牛,2017(10):20-24.
- [20] 魏趁,赵俊金,黄锡震,等.新疆地区西门塔尔牛核心群选择[J].中国农业科学,2019,52(5):921-929.
- [16] GOLUEKE C G.Principles of biological resource recovery [J].BioCycle, 1981,22(4):36-40.
- [17] JIMÉNEZ E I,GARCIA V P.Evaluation of city refuse compost maturity:A review [J].Biol Wastes,1989,27(2):115-142.
- [18] 岳敏杰,史媛媛,蒋瑞瑞,等.腐熟剂对鸡粪堆肥过程中物质变化的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2014,42(3):152-156.
- [19] 肖礼,黄懿梅,赵俊峰,等.外源菌剂对猪粪堆肥质量及四环素类抗生素降解的影响[J].农业环境科学学报,2016,35(1):172-178.
- [20] 刘东海,李双来,乔艳,等.不同菌剂在鸡粪堆肥中的应用效果[J].中国土壤与肥料,2015(2):111-116.

(上接第88页)

- [13] MARTINS O,DEWES T.Loss of nitrogenous compounds during composting of animal wastes[J].Bioresource technology,1992,42(2):103-111.
- [14] MOREL T L,COLIN F,GERMON J C,et al.Methods for the evaluation of the maturity of municipal refuse compost[M]//GASSER T K R.Composting of agriculture and other wastes.London:Elsevier Applied Science Publish,1985:56-72.
- [15] 张鸣,高天鹏,刘玲玲,等.麦秆和羊粪混合高温堆肥腐熟进程研究[J].中国生态农业学报,2010,18(3):566-569.