

# 益生菌对畜禽养殖废弃物资源化利用的影响研究进展

温小鹏<sup>1\*</sup>, 余金金<sup>1</sup>, 张红芳<sup>2</sup>, 屠春宝<sup>2</sup>, 黄顺寅<sup>2</sup>, 岳 聪<sup>2</sup>, 王如月<sup>2</sup>, 吴伟杰<sup>2</sup>, 范雯慧<sup>2</sup>, 吴酬飞<sup>3</sup>, 王 哲<sup>2#</sup>

<sup>1</sup>婺源县农业农村产业发展服务中心, 江西 上饶

<sup>2</sup>至农科技发展(浙江)有限公司, 浙江 杭州

<sup>3</sup>湖州师范学院生命科学学院, 浙江 湖州

收稿日期: 2024年1月15日; 录用日期: 2024年2月16日; 发布日期: 2024年2月28日

## 摘 要

随着畜禽养殖业的迅速发展, 废弃物的处理和资源化利用成为一个备受关注的问题。益生菌, 作为一种微生物功能剂, 在畜禽废弃物资源化利用方面有巨大潜力。合理使用益生菌可以改善畜禽的生长性能、改善养殖环境质量、促进废弃物资源化利用等, 为实现农业的绿色、可持续发展作出了积极贡献。本文系统地介绍益生菌在畜禽养殖废弃物处理中的研究现状、应用效果和机制, 旨在为推动畜禽废弃物的高效、环保利用提供理论和实践指导。

## 关键词

益生菌, 畜禽养殖废弃物, 资源化利用, 农业可持续发展

# Research progress on the Impact of Probiotics on the Resource Utilization of Livestock and Poultry Farming Waste

Xiaopeng Wen<sup>1\*</sup>, Jinjin Yu<sup>1</sup>, Hongfang Zhang<sup>2</sup>, Chunbao Tu<sup>2</sup>, Shunyin Huang<sup>2</sup>, Cong Yue<sup>2</sup>, Ruyue Wang<sup>2</sup>, Weijie Wu<sup>2</sup>, Wenhui Fan<sup>2</sup>, Choufei Wu<sup>3</sup>, Zhe Wang<sup>2#</sup>

<sup>1</sup>Wuyuan County Agricultural and Rural Industry Development Service Center, Shangrao Jiangxi

<sup>2</sup>Zhinong Science and Technology Development (Zhejiang) Co., Ltd., Hangzhou Zhejiang

<sup>3</sup>College of Life Science, Huzhou University, Huzhou Zhejiang

\*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 温小鹏, 余金金, 张红芳, 屠春宝, 黄顺寅, 岳聪, 王如月, 吴伟杰, 范雯慧, 吴酬飞, 王哲. 益生菌对畜禽养殖废弃物资源化利用的影响研究进展[J]. 农业科学, 2024, 14(2): 166-172. DOI: 10.12677/hjas.2024.142021

Received: Jan. 15<sup>th</sup>, 2024; accepted: Feb. 16<sup>th</sup>, 2024; published: Feb. 28<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

With the rapid development of animal husbandry, the treatment and resource utilization of waste has become a highly concerned issue. Probiotics, as a microbial functional agent, have great potential in the resource utilization of livestock and poultry waste. The rational use of probiotics can improve the growth performance of livestock and poultry, improve the quality of breeding environment, promote the utilization of waste resources, and make positive contributions to the green and sustainable development of agriculture. This article systematically introduces the research status, application effects, and mechanisms of probiotics in the treatment of livestock and poultry waste, aiming to provide theoretical and practical guidance for promoting the efficient and environmentally friendly utilization of livestock and poultry waste.

## Keywords

Probiotics, Livestock and Poultry Farming Waste, Resource Utilization, Agricultural Sustainable Development

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

畜禽养殖业是世界各地农村和城市的重要产业之一，为人类提供丰富的动物蛋白和其他畜禽产品。为满足不断增长的人口需求，许多国家推动了养殖业的规模扩大和工业化程度的提高，导致大量畜禽养殖场的出现，其中废弃物产生的速度远远超过了自然环境的处理能力，特别是在集约化养殖场，大量的畜禽集中生产导致了大规模的废弃物堆积[1]。废弃物中含有大量的氮、磷等养分，以及有机物和微生物，若未经处理直接排放到环境中，可能导致土壤和水体的污染。如氮、磷等养分的过量排放可能引发水体富营养化，导致藻类爆发，形成赤潮，影响水生生态系统的平衡[2]。以及未经处理的废弃物中产生的氨气、硫化氢等有害气体不仅对空气质量有影响，还可能导致气味扰民，对附近居民和环境造成困扰[3] [4]。目前，已有研究表明，益生菌在畜禽养殖废弃物资源化利用中起到了积极的作用。如益生菌可以加速有机物的降解，促进废弃物中的有机质转化为更为稳定的有机肥，提高养殖废弃物的肥力价值。其次，益生菌的应用有助于氮的有效转化，减少氨氮的排放，降低对环境的污染。此外，益生菌还能促进废弃物的发酵产气过程，增加沼气等可再生能源的产量，实现能源的回收利用[5] [6]。因此，益生菌在畜禽养殖废弃物资源化利用中的影响不仅是对农业、环境的改善，也是对社会可持续发展的重要贡献，对于实现畜禽养殖业的绿色、循环经济具有深远的意义。

## 2. 益生菌在畜禽废弃物处理中的研究现状

益生菌是一种活的微生物制剂，主要包括乳杆菌类(嗜酸乳杆菌、干酪乳杆菌、植物乳杆菌、鼠李糖乳杆菌等)、双歧杆菌类(长双歧杆菌、短双歧杆菌、动物双歧杆菌、两歧双歧杆菌等)和革兰氏阳性球菌(类链球菌、乳球菌、中介链球菌等)三大类[7]。

## 2.1. 益生菌在畜禽粪便处理中的应用

益生菌在畜禽粪便发酵中的应用展现了显著的优势,通过分泌酶类和其他代谢产物,益生菌加速了有机物质的降解和分解过程,明显缩短了发酵周期,提高了有机质的转化效率[8]。不仅有助于优化废弃物处理过程,减轻环境负担,同时也提高了有机肥料的质量,为农业生产提供了一种可持续、环保的废弃物处理与资源化利用的解决方案[9]。同时益生菌的应用为农业可持续发展提供了重要的生物技术手段[10],研究表明,通过在养殖场使用益生菌10个月后,不但可以净化养殖环境,也可以提升养殖成绩。既能无臭发酵畜禽粪便,转化成优质有机肥,应用于种植业,改善土壤质量,促进土壤的保水、保肥、供肥能力,提高农作物的产量和品质,形成农牧良性生态循环[11]。此外,益生菌有效抑制畜禽粪便中病原菌的生长,提高粪便饲料中的蛋白质含量[12]。益生菌在畜禽粪便发酵中的应用,既为养殖业提供有效的废弃物管理工具,又为农业生产注入生物技术活力,为实现农业的绿色、可持续发展作出了积极贡献[13]。

## 2.2. 益生菌在畜禽尿液处理中的应用

益生菌在畜禽尿液处理中有降解有机废物、促进氮的转化、抑制有害细菌的生长等优势。益生菌可以分解尿液中的有机废物,将其转化为较简单的化合物,以减少废物的积累,有助于降低氨氮和味味的产生,改善畜禽舍环境[14]。同时将尿液中的尿素转化为氨氮,进而转化为硝酸盐,可以作为植物营养物的氮源,通过促进氮的转化,益生菌可以提高尿液中的氮利用率。另外,在畜禽尿液中添加益生菌,可以竞争性地占据生态位,减少有害细菌的生长和繁殖,从而降低畜禽尿液传播疾病的风险。

## 2.3. 益生菌在养殖废水处理中的应用

益生菌在养殖废水处理中具有降解有机物、吸附重金属和有害物质、促进氮磷的转化、改善废水处理系统稳定性等优势。养殖废水中含有大量的有机物质,如粪便、饲料残渣等。益生菌可以通过代谢作用降解这些有机物质,将其转化为较简单的化合物。这可以有效减少废水中的有机负荷,改善水质。益生菌表面的菌群和胞外多糖具有一定的吸附能力,可以吸附养殖废水中的重金属离子和有害物质,减少它们的浓度,降低对水环境的污染程度[15]。养殖废水中含有较高浓度的氨氮和磷,通过添加适宜的益生菌,可以促进氮的转化为氮气,并将磷转化为难溶性盐,有助于降低废水中的营养物负荷,减少对水环境的富营养化影响。益生菌的添加可以增加废水处理系统的微生物多样性和稳定性,可以与废水处理系统中的其他微生物协同作用,提高系统的废水处理效率和稳定性[16]。但是,在使用益生菌处理养殖废水时,要综合考虑废水性质、温度、pH值等因素,并根据具体情况选择适当的益生菌菌种和添加剂量。

## 2.4. 益生菌在养殖垫料处理中的应用

益生菌在养殖垫料处理中的应用也具有重要意义,包括改善垫料质量、降低氨氮排放、抑制有害菌生长等。养殖垫料中可能含有有机物质、粪便和其他废弃物,容易引发异味、杂菌滋生和垃圾降解问题,益生菌能够分解这些有机物质,降低异味和垃圾的产生,进而提升垫料的质量[17]。养殖垫料中的尿液含有较高的氨氮含量,可能导致氨气的挥发和环境污染,益生菌能够促进氨氮转化为氮气,从而降低氨氮的排放量。同时在养殖垫料中添加益生菌有助于改善菌群平衡,减少有害菌的增殖,提高环境卫生状况。但是在使用益生菌处理养殖垫料时,应根据养殖动物的种类、垫料的特性和环境条件选择适合的益生菌菌种和添加剂量。此外,养殖垫料的管理和清理也是保持环境卫生和益生菌效果的重要因素。

## 2.5. 益生菌在畜禽尸体处理中的应用

在畜禽尸体处理中,益生菌可以作为一种生物处理剂,促进畜禽尸体的分解和资源化利用,同时减

少对环境的负面影响。首先，益生菌可以加速尸体的分解和腐败过程，促进有益微生物的生长，从而有助于分解有机物质，减少腐败产物的生成。其次，益生菌也可以抑制有害菌的生长，降低氨气和硫化氢等有害气体的排放[18]。此外，益生菌可以改善堆肥过程中的微生物群落，促进有机物质的分解转化，提高堆肥的质量和效率[19]。综上所述，通过添加益生菌，加速畜禽尸体的降解过程，减少臭味和有害气体的释放，从而改善环境和降低处理成本，益生菌还可以改善土壤质量，促进土壤中的有机物分解和循环，有助于减少对环境的污染。

## 2.6. 益生菌在畜禽场所无臭化处理中的应用

在畜禽场所的无臭化处理中，益生菌可以发挥重要作用。益生菌可以通过降解有机物质，减少腐败产物的生成，从而减少难闻的臭味。益生菌还可以竞争性地占据生态位，抑制有害菌的生长，减少产生臭味的微生物的数量[20]。此外，益生菌还可以改善土壤或废水中的微生物群落结构，促进有机物质的分解转化，从而减少异味的产生。在畜禽场所，益生菌可以被应用于粪便、废水等有机废弃物的处理过程中，通过加速有机物的降解和减少臭味的生成，实现无臭化处理，有效减少畜禽场所的臭味污染，改善工作环境，提高畜禽养殖的生产效率[21]。因此，在畜禽场所的无臭化处理中，益生菌被广泛应用并取得了一定的效果。

## 3. 益生菌在畜禽养殖废弃物资源化利用中的降解机制

### 3.1. 益生菌在畜禽养殖废弃物资源化利用中的降解机制原理

益生菌通过生物降解作用，分泌酶类物质，加速废弃物中有机物质的降解和分解，将有机物质转化为更简单的物质，如水、二氧化碳和甲烷，从而实现资源化利用[22]。益生菌在废弃物中竞争有害微生物的生存空间和营养物质，从而抑制有害微生物的生长和代谢，减少有害代谢产物的生成[23]。益生菌作为一种生物技术手段，在这一过程中具有分解有机物、控制气体排放、调节微生物平衡等作用[24]。首先，益生菌具有强大的生物代谢活性，通过代谢过程，将废弃物中复杂的有机物质分解为更简单、更稳定的代谢产物，促使有机物在废弃物中更迅速地降解，减少了有机物的残留。此外，益生菌既可以在生长和繁殖的过程中分泌多种降解酶，如蛋白酶、淀粉酶、脂肪酶等，催化有机废弃物中的蛋白质、淀粉和脂肪等有机物质的降解[25]，通过酶的作用，废弃物中的复杂有机物被分解成较小的分子，提高了有机物质的可生物利用性，同时参与了有机废弃物中氮、磷、硫等元素的循环过程，通过代谢作用，促进氮转化为氨、硫酸盐和亚硝酸盐等形式，使得废弃物中的氮、磷、硫等养分更容易被微生物和植物吸收利用，降低了有机废弃物对环境的负担[26]。另外，益生菌通过抑制有害细菌和真菌的生长，降低了废弃物中恶臭气体的生成，有助于改善废弃物的微生物环境，减少硫化氢、氨气等有害气体的排放，提高了养殖场的空气质量。

### 3.2. 益生菌在畜禽养殖废弃物资源化利用应用中的影响因素

益生菌在畜禽养殖废弃物资源化利用中的应用受到多种因素的影响，包括废弃物的性质、益生菌的种类和适应性、处理条件、应用方式、竞争微生物的存在、环境因素等因素。不同种类的畜禽废弃物(如粪便、尿液、废水等)具有不同的化学成分、营养物质含量、pH 值等，这些因素会影响益生菌在废弃物中的生长和降解效果。不同种类的益生菌对废弃物的适应性和降解能力不同，选择适宜的益生菌种类对于提高资源化利用效果至关重要[27]。废弃物和环境的温度、湿度、通气情况、氧气含量等因素会直接影响益生菌在废弃物中的生长、代谢活动和降解活性，从而影响资源化利用效果。温度是影响益生菌降解效果的重要因素，适宜的温度有利于益生菌的生长和代谢活动，提高降解效率；废弃物的 pH 值会影响

益生菌的生长和活性, 不同种类的益生菌对 pH 值的适应能力不同; 氧气含量对于废弃物中微生物的降解过程也有影响, 一些益生菌需要氧气才能进行有效的降解; 废弃物中的营养物质含量也会影响益生菌的生长和降解效果, 适宜的营养物质含量有利于益生菌的降解活性。益生菌的添加方式、添加量以及添加时间等因素都会影响其在废弃物中的降解效果, 合理的应用方式可以提高资源化利用效率。废弃物中可能存在其他微生物, 包括有害微生物, 它们与益生菌之间会发生竞争关系, 这也会影响益生菌的生长和降解效果。

综上所述, 益生菌在畜禽养殖废弃物资源化利用中通过生物降解和竞争作用, 可以加速有机物质的降解, 减少有害气体的生成, 从而实现废弃物的资源化利用。同时, 温度、pH 值、氧气含量和营养物质含量等因素会影响益生菌的降解效果, 因此, 在畜禽养殖废弃物资源化利用中, 需要综合考虑以上因素, 选择适宜的益生菌种类和处理条件, 以提高益生菌的降解效果, 实现废弃物的资源化利用。

## 4. 益生菌在畜禽养殖废弃物资源化利用中可行性分析和面临的挑战

### 4.1. 益生菌在畜禽养殖废弃物资源化利用中可行性分析

益生菌在资源化利用中既带来显著的经济效益, 又具备卓越的环保效益。经济上, 其应用提高了有机肥料的质量, 减少了化肥的使用, 降低了养殖成本, 同时通过提高畜禽健康水平减少了抗生素的需求, 维护了畜禽养殖的经济可持续性。如益生菌通过其代谢活性和降解酶的作用, 能够加速废弃物中有机物质的降解和分解过程[28], 使得生成的有机肥料更为富含养分(氮、磷、钾等), 而且通过益生菌的作用, 其养分更容易被植物吸收。相比于填埋和焚烧等传统方法, 益生菌的生物降解特性使得废弃物更好地转化为有机肥料, 减少了对土地和水资源的需求, 降低了环境负担。环保方面, 益生菌降低了废弃物中有害气体的排放, 改善了空气质量, 减缓了温室气体的释放。如益生菌的应用有助于降低有害气体的排放(氨气和硫化氢)。通过促进废弃物中氮、硫的有效转化, 减缓了有害气体的释放速率, 改善了处理过程中的空气质量, 有助于减缓温室气体的排放, 对气候变化产生积极影响。此外, 通过优化废弃物处理, 益生菌降低了土壤和水体的污染风险, 促进了循环经济的实现。而传统的畜禽养殖废弃物处理方法(填埋、焚烧、堆肥、沼气发电和湿法处理)在处理效果、资源利用和环境影响等方面存在一些问题。如填埋容易导致地下水污染, 占用大量土地资源, 且产生温室气体。焚烧虽能迅速减小体积, 却可能产生有害气体和灰渣, 对环境和空气质量造成负面影响。堆肥处理虽然相对环保, 但需要较长处理时间, 有气味问题, 且占用较大面积。沼气发电虽然能回收能源, 但设备复杂且管理难度大。湿法处理需要大量水资源, 可能导致有机质损失。这些缺点使得传统处理方法在环保、资源利用和经济效益方面面临挑战, 促使人们寻求更为先进和可持续的废弃物处理技术[29]。

### 4.2. 益生菌在畜禽养殖废弃物资源化利用中面临的挑战

同样, 益生菌在畜禽废弃物资源化利用中面临各种挑战, 包括技术问题、成本问题、市场认知度等。益生菌的应用需要掌握相应的技术和工艺, 如何选择和优化益生菌种、确定其在不同废弃物中的适用条件等。以及随着科学技术的发展, 未来可能会有更多的新技术和工艺应用于益生菌的制备和应用中, 如基因工程、纳米技术等。这些新技术可能会进一步提高益生菌的效用和适用范围。大规模生产高效益生菌需要投入较大的生产成本, 包括培养、提取、保藏等方面, 以及购买益生菌的费用、设备运行和维护的成本等, 对一些小型养殖场和农户造成经济压力, 限制益生菌在实际生产中的广泛应用。尽管益生菌在畜禽废弃物处理中具有潜在的价值, 但市场上对其认知度相对较低, 需要开展公众教育和宣传工作, 加强推广和宣传, 提高人们对这些新产品的认识和接受程度, 促使养殖业广泛采用这一技术[30]。

## 5. 结论与展望

### 5.1. 结论

综上所述, 益生菌在畜禽养殖废弃物资源化利用中发挥着积极而重要的作用。通过加速有机物的降解, 促进氨氮的转化, 以及提高产气效果, 益生菌有效地改善了废弃物的质地, 降低了对环境的污染。综合已有的研究成果, 益生菌为畜禽废弃物处理提供了一种可行的生物技术途径, 为实现废弃物资源化利用提供了有力的支持。因此, 全面系统的认识益生菌在如何处理养殖废弃物的机理和降解, 对促进我国养殖业的可持续生态循环发展有重要的指导意义。

### 5.2. 展望

随着生物技术和微生物学的不断发展, 未来益生菌在畜禽废弃物处理中的发展趋势可能将呈现出技术创新、多功能性、微生物组研究与优化、产业链整合和政策支持等多方面的特点。更侧重于益生菌与其他微生物剂的联合应用以及更深入的机制解析研究, 以进一步提升其在畜禽废弃物处理中的效果和可持续性。这一发展趋势将有助于推动畜禽废弃物处理技术朝着更为环保、经济、可持续的方向迈进, 为畜禽养殖行业的可持续发展提供有力支持。

## 参考文献

- [1] 吴玉高, 李卓阳, 方菁. 畜禽粪便还田所致环境污染现状及其健康危害[J]. 环境与职业医学, 2021, 38(11): 1284-1290.
- [2] 韩启春, 吴国芳, 王磊, 等. 微生物发酵饲料在畜禽养殖中的应用[J]. 家畜生态学报, 2021, 42(1): 83-85.
- [3] 陈淑娟. 畜禽养殖废弃物的危害及处理利用技术研究[J]. 中国畜牧业, 2022(16): 85-86.
- [4] 赵懿, 陈海斌, 杜建军, 等. 畜禽粪便肥料化及其在土壤改良中的应用综述[J]. 湖南农业科学, 2023(4): 109-114.
- [5] Hao, X., Zhang, W., Zhao, L., et al. (2023) *Bacillus subtilis* Reduces Antibiotic Resistance Genes of Animal Sludge in Vermicomposting by Improving Heat Stress Tolerance of *Eisenia foetida* and Bacterial Community Adjustment. *Environmental Research*, 219, Article ID: 115088. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.115088>
- [6] 王振刚. 环控益生菌应用技术构建生态循环养殖业新模式[J]. 畜牧业环境, 2019(10): 21-24.
- [7] 马步仓, 赵海霞, 韩莉萍, 等. 益生菌及其在畜禽生产中的应用[J]. 中国饲料, 2023(1): 66-71.
- [8] 凌云, 路葵, 徐亚同. 禽畜粪便堆肥中优势菌株的分离及其对有机物质降解能力的比较[J]. 华南农业大学学报, 2007, 28(1): 36-39.
- [9] 邬苏晓, 肖正中. 复合益生菌对鸡粪饲料发酵效果的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2016(7): 184-185.
- [10] 张春垒, 蒙洪娇, 吴黎, 等. 益生菌在畜禽养殖中的应用及其作用机制[J]. 饲料博览, 2018(7): 16-18, 21.
- [11] 徐少奇, 陈文杰, 解林奇, 等. 我国有机废弃物资源总量及养分利用潜力[J]. 植物营养与肥料学报, 2022, 28(8): 1341-1352.
- [12] 张阳, 吕慧源, 徐盛玉, 等. 复合益生菌与黄芪多糖对生长育肥猪生长性能、血清生化指标和粪便微生物的影响[J]. 动物营养学报, 2021, 33(6): 3542-3553.
- [13] 印德钊, 周家源, 丁亨虎, 等. 微生物肥料对水稻生长发育及产量的影响[J]. 湖北植保, 2020(3): 36-39.
- [14] 宁志芳. 油脂废弃物厌氧消化降解特性及与动物粪便联合产甲烷研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 北京化工大学, 2023.
- [15] 颜准, 吴朝君, 张小兰, 等. 动物双歧杆菌乳亚种 M8 胞外多糖的分离纯化和分子特征[J]. 食品与发酵工业, 2022, 48(2): 33-39.
- [16] 吴占月, 吴森. 添加双歧杆菌对欧拉羊生长性能及粪便微生物多样性的影响[J]. 西南农业学报, 2023, 36(8): 1789-1797.
- [17] 李无双, 潘淑君. 畜禽养殖有机废弃物的污染与治理现状[J]. 农业环境与发展, 2012(5): 15-17.
- [18] 邹强强, 肖爱波, 许云贺, 等. 复合益生菌制剂对叠层笼养白羽肉鸡生长性能、血液指标、粪便中有害气体排放量以及菌群数量的影响[J]. 饲料工业, 2022, 43(15): 16-21.

- 
- [19] 欧蓓, 薛映, 肖可可, 等. 添加秸秆堆肥处理厨余垃圾过程中蛋白类物质转化及微生物群落研究[J]. 华中科技大学学报(自然科学版), 2022, 50(10): 83-96.
- [20] 王小建, 樊燕燕, 曾晓. 复合益生菌对断奶仔猪生长性能、微生物数量及营养物质表观消化率的影响[J]. 饲料研究, 2023, 46(9): 25-28.
- [21] 白帆, 王晓昌. 粪便好氧堆肥过程中温度对有机物的降解和氮的保持特性影响[J]. 中国土壤与肥料, 2011(3): 68-71.
- [22] 黄俊杰, 陆雅海. 土壤拟杆菌与梭菌分解多糖类有机物质的研究进展与展望[J]. 微生物学通报, 2022, 49(3): 1147-1157.
- [23] 高新磊, 王学静, 刘彦慈, 等. 复合益生菌喷雾制剂对肉鸡生产性能、免疫功能、鸡舍空气微生物及有害气体的影响[J]. 中国家禽, 2022, 44(8): 51-56.
- [24] 赵洪军, 梁书丰, 梁晓燕. 一种具有重金属污染土壤修复功能的土壤调理剂[P]. 中国专利. CN201510841335.0. 2016-04-13.
- [25] 王蓉, 何晓娜, 刘维, 等. 海洋放线菌作为益生菌在水产养殖中的潜在应用[J]. 安徽农业科学, 2013(24): 10007-10009.
- [26] 邓昉, 隆雪明, 贺宇文, 等. 益生菌在动物养殖中应用的研究进展[J]. 湖南饲料, 2023(5): 28-33.
- [27] 谢全森, 李磊, 仇晨蕾, 等. 不同益生菌产品在北方内陆地区泥鳅繁育期水质调控效果对比[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(6): 152-155.
- [28] 张勇, 陈骥, 张锋. 有机废弃物降解过程酶作用及其调控机制的研究进展[J]. 生态与农村环境学报, 2020, 36(7): 842-853.
- [29] 顾学珠. 畜禽养殖废弃物无害化处理及综合利用的思考[J]. 中国畜牧业, 2023(3): 73-75.
- [30] 刘丽, 郝荣超, 罗伟林, 等. 畜禽养殖废弃物资源化利用[J]. 中国动物保健, 2022, 24(3): 105-106.