

微生态制剂在凡纳滨对虾养殖中的应用研究进展

罗国栋, 胡美佳, 王慧*, 于兰萍*

山东农业大学动物科技学院, 山东 泰安
Email: *bolilala_715@126.com, *wanghui2328@sdau.edu.cn

收稿日期: 2021年5月28日; 录用日期: 2021年6月19日; 发布日期: 2021年6月28日

摘 要

在水产养殖业飞速发展的同时, 抗生素的危害也逐渐显现出来, 不少国家开始禁止在畜牧行业使用抗生素。在这种紧急情况下, 微生态制剂开始被人们重视起来。近十几年来因为它无毒害作用、效果好、绿色环保等特性被多国大范围推广与使用。本文主要叙述了微生态制剂的定义、分类与它的作用机理及其在养殖南美白对虾与海参中的应用。一般来说微生态制剂在水产养殖中的应用可以分为两类, 一种就是添加在饲料中使用, 通过直接作用于机体的方式来改善水产养殖动物的健康; 另一种是直接加入水中, 通过改善水质的方式去作用于养殖动物。通过以上研究, 对微生态制剂的前景以及微生态制剂存在或潜在的问题进行阐述, 为微生态制剂在水产养殖生产中的使用提供一定的理论指导。

关键词

微生态制剂, 作用机理, 应用, 海参, 南美白对虾

Research Progress in the Application of Microecologics in the Culture of *Litopenaeus vannamei*

Guodong Luo, Meijia Hu, Hui Wang*, Lanping Yu*

College of Animal Science and Technology, Shandong Agricultural University, Taian Shandong
Email: *bolilala_715@126.com, *wanghui2328@sdau.edu.cn

Received: May 28th, 2021; accepted: Jun. 19th, 2021; published: Jun. 28th, 2021

Abstract

With the rapid development of aquaculture industry, the harm of antibiotics has gradually emerged.

*通讯作者。

文章引用: 罗国栋, 胡美佳, 王慧, 于兰萍. 微生态制剂在凡纳滨对虾养殖中的应用研究进展[J]. 微生物前沿, 2021, 10(2): 124-130. DOI: 10.12677/amb.2021.102015

Many countries began to prohibit the use of antibiotics in animal husbandry industry. In this emergency situation, people began to pay attention to the microecological agents. In recent decades, it has been widely promoted and used in many countries because of its non-toxic effect, good effect, green environmental protection and other characteristics. In this paper, the definition, classification, mechanism of microecological and their application in the culture of *Penaeus vannamei* and sea cucumber were described. Generally, the application of microecological in aquaculture can be divided into two categories. One is that they are added to feed and used to improve the health of aquaculture animals by directly acting on the body. The other is to add it directly to the water to improve the water quality. Through the above research, the prospect and the existing or potential problems of microecologies were expounded and may provide some theoretical guidance for the use of microecologies in aquaculture.

Keywords

Microecologies, Mechanism of Action, Application, *Litopenaeus vannamei*, Sea Cucumber

Copyright © 2021 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

随着水产养殖行业的迅速发展, 养殖模式一直在朝着高密度、规模性养殖的趋势迈进, 同时也有不少的问题开始显现开来, 养殖环境与水质出现恶化现象, 养殖的水产品在不同的程度上受到污染。养殖水体中大量吃剩下的饲料和养殖动物的粪便在池底中堆积, 导致溶氧越来越少, 甚至达到严重影响养殖动物的正常生命活动。与此同时, 养殖户大量地使用抗生素和别的化学物品导致许多致病菌的耐药性增加, 致使水产动物体内的药物含量严重超标, 食用过的人类健康受到威胁, 打破了池中有益菌的生长, 破坏了微生态平衡, 给水产养殖业和水产品质量安全带来极大的隐患[1] [2]。

我国最先研究微生态制剂还是在 70 年代, 但由于当时抗生素能快速有效的解决问题, 因此很少有人会注意到微生态制剂的作用。随着生态环境的进一步恶化, 人们才意识到抗生素的潜在危险, 急于寻求替代品的人类通过几十年的应用研究终于开始重视微生态制剂这种绿色、无毒、作用范围广的新型添加剂[3]。又因为它生产方便, 成本便宜而倍受广大水产养殖户的喜爱。

2. 微生态制剂的现状

2.1. 微生态制剂的定义

微生态制剂(Probiotics)又称为微生态调节剂, 其名称是由益生菌的发展而形成的。益生菌一词由 Lilley 和 Stillwell 提出[4]。微生态制剂是一种含有大量有益菌的活性制剂, 能替代或平衡一种或多种细菌在生态系统中的作用, 有助于维持肠道平衡, 饲料系数和提高免疫力, 具有抑菌、杀菌作用[5]。因此, 微生态制被定义为: 一种通过改善动物或周围微生物的群落结构, 从而增强动物的免疫力或改善其周围环境的活菌制剂。

2.2. 微生态制剂的种类

- 1) 光合细菌(Photosynthetic Bacterium, PSB)

是目前为止在水产养殖方面研究较多,应用广泛的微生态制剂,是地球上最早、最广泛存在于自然界、拥有原始光能合成系统的原核生物,是在厌氧条件下进行无氧光合作用的细菌的统称[6]。在水产养殖中,光合细菌能在无氧环境中降解水中的硫化物等有毒物质,净化水质,能作为添加剂加入饲料中以预防疾病的发生。光合细菌有较强的适应性,可以忍受氰化物、苯酚等有毒物质并且在合适的环境中能够分解这些有毒物质,对工业及生活污染中的有机废水也有比较强的耐受能力,具有较强的转化能力。光合细菌的许多特性使其在无抗养殖中具有很大的应用价值[7] [8] [9]。

2) 硝化细菌(Nitrifying Bacteria)

是一种需氧细菌,当水中的含氧量和有机物质达到一定的程度后,硝化细菌在十天内就可以达到稳定,之后只要没有发生剧烈(强酸、强碱)变动可以一直保持平衡。硝化细菌包括亚硝酸细菌和硝酸细菌,这两种菌的共同下可以将土壤中有毒的氨或亚硝酸转化为硝酸盐,减少了水体中有害物质的同时也增加了水体中可以被利用的氮营养[7] [8] [9]。但是只有在适量的有机物浓度下才能稳定繁殖,过量的有机物使硝化细菌的生长减慢[10]。

3) 芽孢杆菌(Bacillus)

是一类能产生抗力内生孢子的革兰氏阳性菌,通过直接使用硝酸盐和亚硝酸盐提纯水质,也可以减少或消除水产养殖动物中的有害菌体[7] [8] [9]。

4) 酵母菌(Saccharomycetes)

是一种天然的发酵剂,高蛋白、高维生素的细菌,富含B族维生素,氨基酸含量高。主要通过消化道的大规模繁殖来抑制有害细菌的生长,形成优势种群,可以作为饲料添加剂用来改善水质[7] [8] [9]。

5) 乳酸菌(Lactic Acid Bacteria)

利用碳水化合物在厌氧条件下生产大量的乳酸,可以降低生物体的pH,减弱其他微生物生理活动,还可以影响动物的免疫力和抗性。此外,乳酸菌生成的一些物质(短链脂肪酸、VB)还可以中和动物体内有毒物质的毒性[7] [8] [9]。

6) EM菌(Effective Microorganisms)

作用机制是EM菌和病原微生物对营养物质的争夺。EM菌为了在土壤中能够更容易生存及繁殖,更快稳定地占据土壤中的生态位,而形成微生物的优势群落并可以抑制病原微生物的生长繁衍。EM菌可以促进机体对饲料的消化吸收,降低蛋白质向氨和胺的转换,减少排泄物中的氨氮含量,起到净化水质,促进生长的作用[11]。

2.3. 微生态制剂的作用机理

2.3.1. 作为微生态内环境改良剂

1) 优势种群说法

在微生物种群中,少数菌种群可以控制动物肠道的所有微生物。动物肠道内的多种微生物,如果失去优势种群,原有的微生态将失去平衡,优势种群发生变化。通常,主要物种是厌氧性的(约99%),而相容的厌氧性只有1% [12]。在养殖过程中,当机体受到外界刺激或者自身免疫力下降时,使用微生态制剂可以恢复或提高肠道中优势种群的数量,抑制病害菌群的生长,从而使动物机体的微生态再次达到平衡,达到防治疾病的目的。

2) 生物夺氧

动物肠道中的有益菌是厌氧菌。如果含氧量增加,会造成大量需氧菌和兼性厌氧菌的,不利于维持微生态平衡。动物体消化吸收微生态制剂后,产生大量的好氧微生物并定植在肠道,降低局部氧分子浓度,降低氧化还原电位,有助于厌氧微生物的成长和恢复微生态平衡[13]。

3) 增强免疫力

微生态制剂是能有效改善干扰素和巨噬细胞活性的有效免疫活性剂，特别是通过产生非特异性免疫调节因子来改善有机体的免疫性，以及加强水产动物免疫性的有效免疫活性剂。微生物活性剂可用作生物免疫的外源或辅助剂。益生菌可以刺激动物干扰素的产生，增加免疫球蛋白的浓度和巨噬细胞的活性，改善人和细胞的免疫，防止疾病的出现[13]。

4) 促进消化吸收

微生态制剂富含多种营养素及维生素，因此能够补充动物的营养。此外，在发酵或代谢过程中，它们会产生促进生长的生理活性物质，能在消化道中分泌多种消化酶，利于饲料中营养物质的进一步消化，提高动物体内消化酶活性，同时还可以分泌一些分解有害物质的酶类，如过氧化物歧化酶、分解硫化氢的酶类将相应的有毒物质分解为无毒无害的物质，保护环境又提高养分的消化吸收[14]。

2.3.2. 作为水质微生态改良剂

微生态制剂作为水质改良剂广泛应用于我国的水产养殖，对养殖水体的有机污染、分解水体的氨氮、亚硝酸等的去除有巨大效果，形成了“水产养殖 - 生物修复”绿色健康养殖的全新模式，成为水产养殖业的重要组成部分。在促进可持续发展方面有重要意义[15]。

3. 微生态制剂在水产养殖中的应用

早在六七十年代人们就已经发现了一些有益菌可以促进机体菌群活动，增强机体健康。通过研究，人们将这些有益菌经特殊工艺制成制剂可以应用的范围十分广泛，现在已被应用于饲料、农业、医药保健和食品等多个领域。由于水质恶化、水环境失调，抗生素一定程度上在水产养殖中被禁用，于是水产养殖业开始广泛运用微生态制剂。本文列举了两种重要的水产养殖经济品种——南美白对虾与海参应用微生态制剂的效果。

3.1. 微生态制剂在南美白对虾养殖中的应用

南美白对虾(*Litopenaeus vannamei*)是世界上养殖产量最高的三大虾种之一，是重要的水产养殖经济品种。南美白对虾的存活率很高(成活率 > 80%)、亩产量高(每亩产量能达到 6000 斤)、经济效益巨大。随着养殖技术的成熟推广面积逐步增加，近几年来南美白对虾的产量在以年均 7%~8%增长。在这种高密度大规模的养殖下，水域越来越承受不了高负荷的运转，南美白对虾养殖问题频发，虾病随之而来。

根据其不同用途，微生态制剂可分为三类：调节水质、加入饲料中和通过控制微生物方式。

1) 调节水质

南美白对虾在养殖过程中，易受养殖水体中各种因素的影响。理化方面，为了保证南美白对虾的正常生长繁殖，要确保水中溶氧足够，而水中氨氮会引起硝化作用，消耗水中的溶解氧，氨对南美白对虾具有较强的毒性。水中亚硝酸盐是发病率的一个重要因素，尤其对虾白斑病可造成对虾死亡率高达 90% 以上[16]。

生物因子方面，养殖水体中对南美白对虾有益和有害的微生物是共存的，有害菌体作为养殖过程中的病原体，人们多研究利用水体中的有益菌来改善调节水质，达到降低溶解在水体与机体中有机质的含量，预防有害物质产生，改善养殖水体和水产养殖动物的体内环境，病原体的繁殖和暴发失去基础，对预防水生动物疾病有着良好的效果[17]。

2) 加入饲料

生物体内主要有芽孢杆菌、乳酸杆菌和双歧杆菌，他们可以为生物提供大量的营养成分，维持着机体的正常生理活动。微生态制剂能够提供水生动物生长发育所需的营养，增加机体内有益菌的数量[27]，

能更好的促使南美白对虾生长,在食物中添加微生物剂可以改善有机代谢和有效降低饲料系数。微生物制剂饲养的南美白对虾其生长率、饲料的利用率均达较好水平,同时很大程度减少了虾病;与没有使用微生物制剂的对照池相比较,生长速度快了 21.9%,产量提高 33.1%,饲料系数降低 0.16 [18]。

3) 通过控制微生物

Byun 等研究表明,微生物有着刺激生长和抑制细菌繁殖的双重功能。微生物制剂的特点是能在培养池中迅速繁殖,形成优势种。通过水中各种营养物质的竞争,一些细菌可以分泌出与抗生素相类似的物质,分泌物可以抑制有害菌的正常生理活动。

在微生物控制方面,有益微生物产生药理学活性物质和非特异性免疫调节因子,使畜牧业及其环境中的多种微生物处于竞争平衡状态。通过控制和利用彼此抑制病原体的生长[19]。

3.2. 微生物制剂在海参养殖中的应用

我国的一些沿海城市,海参养殖业成为水产业的重要产业。尤其是中国辽宁省和中国山东省沿海区域养殖的海参,不管是质量还是产量在全国范围内都遥遥领先[20]。近几年,海参价格走势逐渐低迷,养殖户盈利创低。主要的问题分为三种:一是养殖技术不规范,管理经验缺乏,使用药物不当等一系列问题。现在使用的消毒液多数都含氯,而此类消毒液难以被环境消除,养殖过程中容易造成海参皮化。部分养殖户使用成本低的饵料,这种饲料配制缺乏标准依据,难以完全满足海参的生长需求;二是盲目养殖,因为此前海参利润高,养殖户跟风养殖,造成海参市场供大于求,多地成品海参大量堆积。养殖规模与养殖品种单一;三是环境的恶化,气候的改变,温度、盐度、PH 值等发生剧烈变化,造成海参的死亡及品质下降[21]。

微生物制剂在海参养殖中发挥以下作用:

1) 调节微生态平衡

海参的肠道就像一个小的生态圈,肠内的多种菌种相互作用。海参使用微生物制剂后,微生物制剂主要起到两个方面的作用:一是能够增强机体内有益菌的活性,改变海参肠道内 pH,使 pH 偏向有利于海参生长;另一种则是微生物制剂能抑制海参肠道内有害菌的作用,使平衡偏向有利的一方。在海参养殖过程中一般使用的都是由多种有益菌制成的复合式微生物制剂[22]。

2) 调节水质

海参的生长对水质要求很高,如果生活在较差的水环境中,海参会出现化皮、吐肠等现象。使用微生物制剂之后,菌体会利用各种化学反应(硝化、反硝化、氨化等)的作用,降解水中的有机物,提高水的溶氧能力,增加水中溶氧,水质得到改善,海参生长环境得到优化[23]。目前应用较多的是硝化细菌、光合细菌等。

3) 促进海参生长

海参养殖中海参的生长速度至关重要,与海参养殖户一年的利润息息相关。通过添加微生物制剂的海参饲料投喂后,可以增强肠道中有益菌的活性,以提高各种消化酶的活性,加强机体新陈代谢,极大的提高海参的快速生长[24]。目前应用最多的有光合细菌、乳酸菌、酵母菌等。

4. 微生物制剂存在的问题

近年来微生物制剂的发展越来越好,使用范围及可以应用的领域也越来越广,应用的前景被多国看好。但是微生物制剂在应用过程中也出现不少问题:

1) 在使用微生物制剂过程中,应用效果受到多种条件的影响,导致不同种属、不同个体的使用效果不一,到目前为止,还没有找到具有普遍适应性的微生物制剂[25]。

2) 微生态, 制剂使用过程中, 个别养殖户会把含有抗药因子的工程菌与其它益生菌混用或者直接用工程菌, 导致其它菌的耐药性发生变化。同时, 大量使用抗生素, 又会抑制和杀灭微生态制剂菌, 使其失去作用[26]。另外菌种经过长期使用是否会引起突变, 会不会让有益菌变得对养殖水产动物“有害”[27]。

3) 微生态制剂领域最大的问题就是可用做制剂的菌株种类少, 哪怕是现有的菌种也有很多是由国外引进后通过反复扩培而得, 微生态制剂的发展受到限制, 这就需要我们大量的获得新菌种才可能使微生态制剂得到进一步发展[28]。复合型的微生态制剂存在着所应用的菌株之间作用机理不够明确的问题[29]。

4) 微生态制剂作为活菌制剂, 一个大问题就是制剂的保存和运输过程中怎样使其更好的保持菌株的活性。现在保存的方法基本是真空包装保存或者是低温冷藏保存, 但是当大批量的产品经过长时间的保存后, 原有保存方式达不到理想的效果, 菌种的活性降低, 使用效果减弱[30]。

5) 微生态制剂作用时间短, 甚至有些菌株进入肠道后无法抵抗有机酸、盐酸的作用从而无法在肠道内定植, 导致微生态制剂的作用无法发挥[31], 需要既能保存菌株活性也不会影响菌株特性发挥的高效材料。

6) 抗生素给人们带来了巨大的危害, 因此欧洲联盟国家严格禁止了抗生素的使用, 中国对禁止饲料中添加人用抗生素以及对抗生素的残留也制定了严格的标准。然而禁止使用抗生素也带来了巨大的弊端, 养殖生产中频发病害, 养殖动物的生长发育受到影响, 导致养殖利润的降低[32]。

7) 微生态制剂的生产制作中监管部门没有创建起一个统一的、系统性的标准[33]。

许多水产养殖中的问题不是单一菌株可以解决的, 特别是水产养殖中经常会出现的问题, 可以考虑通过有针对性的使用让微生态制剂的效果更加专一有效, 如通过一些高科技的手段改造现有的菌株, 或者将现有几种菌株的高效特性相结合, 促使菌株更好地发挥作用, 以满足不同类型养殖户的需求[34] [35] [36] [37]。

5. 微生态制剂的发展前景

近年来多个国家都开始开发微生态制剂这类高科技产品。但是目前大范围推广与使用的国家还比较少, 只有美国、中国、奥地利、日本等几个国家。虽然中国对微生态制剂的引进比较晚, 但是基于其他国家的研究基础, 目前微生态制剂的应用研发已经到了比较成熟的阶段, 被广泛应用于农畜牧业以及其它各个行业, 不仅避免了抗菌药物在机体内的残留, 还对环境无污染。使用微生态制剂的动物相较其它同类、同规格的未使用动物来说, 其生长发育明显加快、疾病少, 且饲料系数降低, 大大减少了养殖成本, 畜禽产品的品质也更好[38]。随着研究者更深入的研究, 相信微生态制剂在应用上一定能超过当年的抗生素, 却又不会成为下一个“抗生素”, 而且国家相关部门也该制定相关的法律条例, 严格按照标准执行, 未来的市场终将属于微生态制剂[39]。

基金项目

山东省农业良种工程日子课题(2019LZGC014)及山东省“双一流”奖补资金(Funds of Shandong “Double Tops” Program) (SYL2017YSTD11)资助。

参考文献

- [1] 盖建军, 矫新明, 陈焕根. 4种微生态制剂对养殖水质的影响[J]. 现代农业科技, 2013(10): 257-258.
- [2] 贾治超. 微生态制剂对刺参(*Apostichopus japonicus*)幼参生长、养殖水质及氮、磷收支的影响[D]: [硕士学位论文]. 天津: 天津农学院, 2014.
- [3] 黄运银, 张瑜, 田允波. 微生态制剂在水产养殖中的应用[J]. 养殖与饲料, 2010(8): 74-77.
- [4] 王芬, 宁志力, 范宪生. 微生态制剂的作用机理、功能及在动物生产中的应用[J]. 中国动物保健, 2004(2): 44-46.

- [5] 肖克宇, 单计光, 陈光荣. 微生态制剂在水产养殖上的应用[J]. 水产科技情报, 2003, 30(4): 185-187.
- [6] 刘宇. 猪用乳酸杆菌、双歧杆菌、纳豆芽孢杆菌复合活菌制剂的研制[D]: [硕士学位论文]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2008.
- [7] 侯颖, 孙军德. 微生态制剂在水产养殖中的作用[J]. 微生物学杂志, 2004, 24(4): 49-52.
- [8] 许金花, 肖克宇. 微生态制剂在水产养殖中的应用及前景[J]. 河北渔业, 2006(2): 1-4, 56.
- [9] 吴小兰, 李巍, 马小能. 微生态制剂在水产健康养殖中的应用[J]. 水产科技情报, 2006, 33(3): 130-133.
- [10] Golzwo, J., Ruschk, A. and Maloner, F. (1999) Modeling the Major Limitations on Nitrification in Floating-Bead Filters. *Aquacultural Engineering*, **20**, 43-61.
- [11] 柳方, 蒋文兵. 浅谈水产养殖中的微生态制剂[J]. 养殖与饲料, 2006(10): 45-47.
- [12] 马洪雨, 徐玲, 张巧利, 董辉, 谢宝柱. 微生态制剂及其在动物生产中的应用[J]. 山东饲料, 2004(11): 16-17.
- [13] 马洪雨. 微生态制剂及其在水产养殖业中的应用研究进展[J]. 江西饲料, 2006(1): 19-21.
- [14] 钟如永. 微生态制剂在现代水产养殖中的应用[J]. 现代农业, 2019(4): 79-80.
- [15] 高存川, 徐春厚. 微生态制剂在水产养殖水质改良中的应用[J]. 湖北农业科学, 2012, 51(7): 1419-1422.
- [16] 姚泊, 何建国, 莫福. 白斑综合症杆状病毒对对虾和罗氏沼虾致病性的研究[J]. 广州大学学报 (自然科学版), 2002, 1(1): 35-38.
- [17] 陆锦天, 吴杨平, 沈和定. 微生态制剂在南美白对虾养殖中的应用[J]. 水产科技情报, 2007, 34(2): 1-53, 57.
- [18] 符泽雄. 用微生物制剂饲养南美白对虾的试验[J]. 水产科技情报, 2003, 30(2): 85-87.
- [19] 杨先乐. 南美白对虾的病害及其控制[J]. 渔业现代化, 2002(3): 6-9.
- [20] 赵慧慧, 王忠菊, 温泽民. 海参养殖中微生态制剂的应用探讨[J]. 南方农业, 2018, 12(5): 98-99.
- [21] 胡玉林. 海参养殖现状与未来发展趋势[J]. 乡村科技·水产渔业, 2016(2): 95-96.
- [22] 蔡明城. 微生态制剂在海参养殖中的应用[J]. 乡村科技, 2017(4): 59-60.
- [23] 陈文博, 刘彤, 宋晓阳, 孙阳, 周竹君. 微生态制剂在刺参网箱育苗中的应用研究[J]. 水产养殖, 2016, 37(6): 25-27.
- [24] 刘哲. 海参养殖中微生态制剂的应用探讨[J]. 养殖天地, 2018(8): 45.
- [25] 陈昌福, 陈辉. 从微生物学角度谈微生态制剂应用效果的评价问题[J]. 当代水产, 2018, 43(6): 82-83.
- [26] 王振华, 李建臻, 王迪, 潘康成. 益生芽孢杆菌在水产养殖中研究现状及存在问题[J]. 饲料研究, 2018(1): 1-4, 8.
- [27] 张洪亮. 微生态制剂的作用机理及应用中存在的问题[J]. 现代畜牧科技, 2018(3): 24.
- [28] 曲木, 暴雨梅, 赵子续, 张宝龙, 刘昕阳, 翟胜利. 微生态制剂在水产养殖中的应用[J]. 生物化工, 2019, 5(6): 102-106, 119.
- [29] 蔡艳, 叶盛, 曹根凤. 渔用微生态制剂应用现状及存在的问题[J]. 畜禽业, 2018, 29(8): 55.
- [30] 张连水, 张慧霞, 孟会贤, 张君, 李国信, 张洪志. 微生态制剂的研究现状及前景[J]. 河北渔业, 2016(2): 56-59, 70.
- [31] 孟思好, 孟长明, 陈昌福. 微生态制剂概念及其在水产养殖中应用的一些问题(4) [J]. 渔业致富指南, 2016(20): 65-66.
- [32] 赵锁花. 微生态制剂在无抗养殖时代的应用前景[J]. 健康养殖, 2017, 19(6): 13-14.
- [33] 唐钧. 微生态制剂在水产养殖中的应用及存在的问题[J]. 当代畜禽养殖业, 2020(10): 60-62.
- [34] 邱权, 詹志春, 周樱, 凌华云. 饲料中微生态制剂应用研究[J]. 饲料工业, 2016, 37(2): 55-58.
- [35] 穆巍, 阎宏, 李静. 微生态制剂的作用机理及其在畜禽生产中的应用[J]. 现代畜牧兽医, 2007(5): 70-72.
- [36] 苏绍辉. 益生菌在动物生产中的应用与发展趋势[J]. 安徽农学通报, 2007, 13(3): 116-117, 121.
- [37] 李晓明, 李楠, 赵宝华. 微生态制剂及其在水产领域中的应用[J]. 水利渔业, 2008, 28(3): 1-3, 33.
- [38] 苏家联, 陈忠洪. 一种值得推广的现代生态健康养殖模式[J]. 黑龙江畜牧兽医(下半月), 2016(10): 107-108.
- [39] 贺普霄. 动物微生态制剂与绿色养殖[J]. 饲料广角, 2001(8): 10-12.