

陆基圆池循环水养殖条件下饲料添加剂的研究与应用展望

覃淑仪*, 王梦然, 韦丽彤, 麻艳群#

广西大学动物科学技术学, 广西 南宁

收稿日期: 2025年8月12日; 录用日期: 2025年9月2日; 发布日期: 2025年9月22日

摘要

陆基圆池循环水养殖是集约化、可持续的养殖模式。然而, 该模式的高密度、封闭式养殖环境对水质管理、鱼类健康及生长性能提出了更高要求, 精准营养调控成为保障养殖效益的关键因素。目前, 直接针对陆基圆池循环水养殖的饲料添加剂研究仍较有限, 但传统集约化养殖系统中的相关研究可为其提供重要参考。本文基于常规高密度养殖系统的现有证据, 结合陆基圆池循环水养殖系统的特性, 探讨饲料添加剂在该模式下的转化应用潜力。重点探讨了营养代谢促进类、免疫调节与抗应激类及其他功能性添加剂的作用机制, 并分析其在陆基圆池循环水养殖环境中可能优化方向。未来需开发适配高密度养殖环境的新型功能性添加剂、优化添加剂的应用策略。

关键词

陆基圆池, 循环水养殖, 饲料添加剂, 营养调控

Research and Application Prospects of Feed Additives in Land-Based Circular Tank Recirculating Aquaculture

Shuyi Qin*, Mengran Wang, Litong Wei, Yanqun Ma#

College of Animal Science and Technology, Guangxi University, Nanning Guangxi

Received: Aug. 12th, 2025; accepted: Sep. 2nd, 2025; published: Sep. 22nd, 2025

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 覃淑仪, 王梦然, 韦丽彤, 麻艳群. 陆基圆池循环水养殖条件下饲料添加剂的研究与应用展望[J]. 水产研究, 2025, 12(3): 188-194. DOI: 10.12677/ojfr.2025.123020

Abstract

Land-based circular tank recirculating aquaculture is an intensive and sustainable farming model. However, the high-density and closed breeding environment of this model puts forward higher requirements for water quality management, fish health and growth performance, making precise nutritional regulation a key factor to ensure aquaculture efficiency. At present, research on feed additives specifically for land-based circular tank recirculating aquaculture is still relatively limited, but relevant studies in traditional intensive aquaculture systems can provide important references for it. Based on existing evidence from conventional high-density aquaculture systems and combined with the characteristics of land-based circular tank recirculating aquaculture systems, this paper explores the potential for translational application of feed additives in this model. It focuses on discussing the mechanisms of action of nutritional metabolism-promoting additives, immunomodulatory and anti-stress additives, and other functional additives, and analyzes their possible optimization directions in the land-based circular tank recirculating aquaculture environment. In the future, it is necessary to develop new functional additives adapted to high-density aquaculture environments and optimize the application strategies of additives.

Keywords

Land-Based Circular Tank, Recirculating Aquaculture, Feed Additives, Nutritional Regulation

Copyright © 2025 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

1.1. 陆基圆池循环水养殖模式的发展背景与优势

陆基圆池循环水养殖是农业农村部 and 广西农业农村厅在十四五高质量渔业发展规划里的重要内容，旨在推动渔业现代化、可持续发展，提升渔业养殖的质量与效益。通过维持养殖水体中菌相、藻相的动态平衡，有效弱化养殖水体对鱼类生存的环境胁迫，降低鱼体应激反应发生概率，为鱼类营造稳定适宜的生存环境，有助于提升鱼类成活率，抑制鱼病发生频次，减少抗生素等水产保健类产品投入，从养殖环节保障水产品质量安全。采用循环用水技术，削减外源水取用规模，降低饵料系数，实现养殖成本有效控制；构建尾水生态处理与循环利用体系，高浓度尾水经发酵处理后，转化为液态有机肥应用于果蔬种植场景，达成养殖废弃物资源再利用，提升渔业养殖系统的资源利用效率。构建大循环、小循环双养殖模式体系。大循环模式适配常规养殖鱼类，小循环模式针对鲈鱼等对水质要求严苛的名贵鱼种，可依据养殖对象需求灵活选择；配套完善设备设施，建立标准化操作流程与技术体系，为养殖过程提供全方位保障，推动渔业向高效、绿色发展模式转型[1] [2]。试验证明美洲鳗鲡(*Anguilla rostrata*)池适合陆基圆池养殖，投资成本比传统的水泥池养殖更加低廉，可为当前美洲鳗鲡养殖产业注入新的绿色高效养殖方式，能有效提高渔民收入，助力美洲鳗鲡养殖业提质增效[3]。

1.2. 陆基圆池循环水养殖条件下的研究现状

陆基圆池循环水养殖作为一种新型集约化养殖模式，近年来在养殖工艺优化和系统管理方面取得了

显著进展。现有研究主要集中在养殖模式构建、水质调控以及投饲策略等关键环节，其中养殖密度的优化调控被视为影响系统运行效能的核心参数。研究表明，养殖密度的设定直接关系到水体资源利用效率和鱼类生长性能表现：密度过低会导致养殖空间和饲料资源的浪费，难以实现经济效益最大化；而密度过高则易引发溶解氧不足、种内竞争加剧等问题，最终导致鱼类生长抑制和个体规格差异增大[4]。介百飞等[5]关于大口黑鲈的研究证实了精准调控养殖密度的重要性，随着养殖密度升高，鱼体的日增重率和特定生长率显著下降，同时饲料转化效率恶化，王冠等[6]研究发现受养殖密度影响的SLC27A4等基因，与红鳍东方鲀的生长发育及健康状态密切相关，当养殖处于高密度且持续时间较长时，红鳍东方鲀幼鱼在生长发育进程、免疫功能等方面受影响的程度会加剧，进而间接增加病害发生的概率。赵晚晨[7]等研究发现，黄颡鱼养殖塘水环境压力与养殖容量的大小呈正向关系，高养殖密度所诱导产生的拥挤胁迫，能够对鱼类的免疫应答过程形成抑制作用，同时也会对鱼类的生长进程产生抑制效应[8]。值得注意的是，相较于养殖密度等环境参数的深入研究，针对该模式下鱼类营养需求特征及功能性添加剂应用的基础研究仍显不足，这在一定程度上限制了该养殖模式效能的进一步提升。因此，系统开展陆基圆池循环水养殖条件下的营养调控研究，对于完善该技术体系具有重要的理论和实践意义。

1.3. 饲料添加剂的应用必要性

功能性饲料添加剂作为饲料配方中的膳食组成成分，不仅能够为水生动物提供基础营养，还在促进水生动物健康生长、维护生态环境及提升经济效益等方面发挥关键作用[9]。如在水产饲料中，脂类物质是水生生物不可或缺的营养组分，承担着重要的供能功能。作为天然表面活性剂，胆汁酸能够将脂类物质分解为细微的乳化微粒，显著增加其与消化酶的相互作用界面，促进脂类的高效分解与吸收，这一机制有效提升了饲料转化效率，其对维持养殖生物的正常生理机能和生长发育具有重要作用[10]。还有其他许多类型的添加剂应用于鱼类养殖中，如虾青素[11]，益生菌[12]，氨基酸[13]等，在提升鱼类免疫方面起着重要作用。

2. 集约化养殖系统中饲料添加剂的研究及其对陆基圆池循环水养殖系统的适配潜力

2.1. 营养代谢促进类添加剂的普适性效应与陆基圆池循环水养殖系统的适配可能

常见的营养代谢促进类添加剂主要包括氨基酸螯合微量元素及小肽类，其在集约化水产养殖中已展现出显著应用价值，对陆基圆池循环水养殖系统也具有有良好的适配潜力。

氨基酸螯合微量元素作为水产饲料添加剂优势显著，龙辛宇等[14]选用初始体重40 g草鱼，设置5种饲料组(基础饲料组、100%无机微量元素组及25%~100%氨基酸螯合物替代组)。8周养殖显示，75%替代组增重最显著，50%~75%组饲料效率最优。肠道消化酶检测表明，氨基酸螯合物组胰蛋白酶、淀粉酶和脂肪酶活性均显著提高，结果表明其可增强消化吸收功能。王亚等[15]采用不同比例氨基酸微量元素螯合物饲喂草鱼，结果表明75%替代组显著提高肝脏抗氧化酶活性，改善肝组织结构，效果优于无机微量元素组，证实该比例螯合物可有效促进草鱼肝肠健康。除此之外，氨基酸螯合物还可弥补传统无机盐添加剂适口性差不足[16]，作为新型优质饲料添加剂，其在提升养殖效率方面的作用，与陆基圆池循环水养殖模式追求资源高效利用的目标高度契合。

小肽作为水产饲料添加剂优势突出，由两个以上氨基酸组成，可作优质蛋白源，在水产养殖中，黄子悦等[17]进行小肽对低温胁迫下斑马鱼的保护效果试验后发现，低温使鱼肝脏丙二醛升高，而加小肽组丙二醛降低，超氧化物歧化酶、过氧化氢酶、溶菌酶、碱性磷酸酶活性提升，证明小肽能借增强抗氧化与免疫，缓解低温损伤。张坤等[18]进行实验后发现向大口黑鲈饲料中分别掺入0.2%壳聚糖与2%营养小肽，其生长速率、消化功能、抗氧化水平以及免疫相关基因的转录活性均呈现显著改善趋势。

小肽不仅具有促生长、抗氧化及免疫调控功能，还能改善肠道屏障结构，提升营养利用率；调节肠道菌群稳态，增强黏膜防御能力，降低炎症反应。此外，其可介导胞内信号传导，影响代谢途径，并可能提升肌肉组织品质，同时具备神经保护等潜在价值[19][20]。作为水产养殖领域的重要营养调控因子，小肽在优化陆基圆池循环水养殖系统效能方面的应用潜力值得深入探索。

2.2. 免疫调节类添加剂在高密度环境中的转化应用

免疫调节类添加剂中，益生菌、益生元及矿物质是集约化养殖中常用的免疫调节与抗应激物质，其在缓解高密度环境下鱼类生理压力、提升系统稳定性方面的作用，与陆基圆池循环水养殖的高密度养殖特性具有较强适配性。

益生菌作为水产饲料添加剂作用机理丰富，赵丽梅等[21]采用 0.1%、0.2%、0.4%等 3 种梯度复合益生菌饲喂卵形鲳鲹，结果显示 0.2%及以上添加量显著促进卵形鲳鲹生长，提高其抗氧化能力，经 14 天攻毒实验证实可提升存活率 14%，表明该复合益生菌可改善养殖性能与抗病力。侯赛因等[22]研究表明，在高温养殖环境中，向尼罗罗非鱼饲料中补充特定微生物制剂，能够提升血液中血红蛋白浓度、促进红细胞增殖并增加肠道杯状细胞数量，同时显著抑制热休克蛋白 70 的表达。这一结果证实，此类微生物添加剂对于减轻高温胁迫对水产动物生理机能的不利影响具有潜在调节作用，这对于解决陆基圆池循环水养殖中可能出现的胁迫问题具有积极意义。

益生元是一类难以被宿主消化但可被特定有益肠道微生物发酵利用的碳水化合物类物质。这类物质能够促进动物生长、优化消化道功能、调节免疫系统反应，并对机体健康产生多方面的有益影响[23]。常见益生元有低聚果糖、低聚半乳糖、低聚木糖、菊粉、褐藻寡糖和黄芪多糖等。吴红霞[24]采用 4 种饲料投喂尼罗罗非鱼，结果显示低聚木糖组显著促进生长并减少肝脏脂肪堆积，低聚半乳糖组提升肌肉品质，两种益生元均能改善肌肉结构，并通过调节肠道菌群及代谢物缓解高碳水饲料的不良影响。在尼罗罗非鱼养殖研究[25]里，菊粉具免疫调节与抗应激作用：投喂含菊粉的 45%碳水化合物饮食，受嗜水气单胞菌挑战时存活率更高；其肝脏脂质积累少，基因表达利于缓解代谢综合症，还能改变肠道菌群、增加短链脂肪酸，提升免疫、调节代谢抗病。汤伟等[26]用含 0.25%、0.5%褐藻寡糖的饲料投喂虹鳟，结果显示适宜剂量褐藻寡糖可促进虹鳟生长，优化鱼肉营养与风味品质，并提升免疫力，且高剂量组效果更显著。任艳丽等[27]在尼罗罗非鱼饲料中添加 0.5 g/kg 黄芪多糖，结果显示其可提升生长性能，优化肌肉成分，改善肠道健康，并增强抗氧化能力，表明黄芪多糖有助于促进尼罗罗非鱼生长及生理功能改善。这些研究提示，益生元在调节陆基圆池循环水养殖中鱼类免疫与代谢平衡方面具有较大应用潜力。

矿物质如硒有研究表明，与对照组相比，有机硒组尼罗罗非鱼终末体重、增重和特定生长率显著提高，饲料转化率显著降低；有机硒组鱼体粗蛋白和干物质显著增加，灰分显著低于对照组；免疫相关的血液蛋白、抗氧化及免疫活性物质含量与活性提升，反映肝脏等功能的血清转氨酶及应激、代谢相关的皮质醇、尿素、肌酐等指标降低；亚适宜温度下尼罗罗非鱼日粮中有机硒最佳添加量为 0.36~0.39 mg/kg 日粮，综上所述在亚适宜温度养殖尼罗罗非鱼时，膳食中添加有机硒可促进生长、改善体成分、调节血清生化指标、缓解应激反应并提升免疫性能[28]，这对于维持陆基圆池循环水养殖中高密度养殖鱼类的健康状态具有重要参考价值。

2.3. 其他功能性添加剂对陆基圆池循环水养殖系统的借鉴意义

虾青素在提升鱼类生长性能、免疫功能及品质改良等方面的作用已得到证实，其应用特性对陆基圆池循环水养殖系统具有一定借鉴意义。邓万国[29]通过实验探究虾青素对草鱼的影响，采用四种不同虾青素含量的饲料进行分组饲喂。实验表明，适量添加虾青素的实验组中，草鱼的生长速率显著提高，免疫

机能明显增强，同时炎症相关参数呈现下降趋势。这一研究证实虾青素具有促进草鱼生长发育及增强机体免疫功能的双重功效。万英明等[30]选取 450 尾大马哈鱼分 5 组，对照组喂基础饲料，试验组喂含四种不同虾青素含量的饲料。结果显示，实验组终末体重等显著优于对照组，虾青素含量越高组肥满度越突出；还能增强消化酶活性，肝脏和肠道中胰蛋白酶、 α -淀粉酶和脂肪酶活性显著高于对照组；在抗氧化方面，较高虾青素组抗氧化酶活性与含量提升、丙二醛含量下降；非特异性免疫指标也因虾青素添加得以显著提升，即虾青素能有效改善马苏大麻哈鱼生长、消化、抗氧化及免疫等多方面表现。此外，苏金枝等[31]在基础饲料中添加 5 种含不同剂量虾青素，制成等氮等脂饲料，投喂赤点石斑鱼，测定体色指标。随虾青素添加，鱼体鳍条、皮肤斑点等颜色变化，黄色、红色素细胞数量增加；部分体色参数显著变化，背部和腹部皮肤类胡萝卜素、腹部黑色素浓度受影响，说明饲料中添加虾青素可显著改善体色。

综上，虾青素在促进生长、增强免疫、优化消化及改善品质等方面的综合效能，与陆基圆池循环水养殖追求高效养殖与产品品质提升的目标相契合，其应用潜力也值得进一步探索。

3. 未来研究方向与展望

从新型功能性添加剂研发视角出发，中草药富含的生物活性成分，成为探索其在水产应用的基础。中草药含有丰富的生物活性成分，如生物碱、有机酸及苷类化合物，具备抑制细菌和病毒的功能，能有效预防和治疗水产养殖中由细菌或真菌引发的病害。相较于化学药物，其优势在于不易引发耐药性、无有害物质残留且成本较低。此外，中草药还能增强水生生物的抗病能力并加速其生长发育[32][33]。未来可探究不同中草药活性成分复配对陆基圆池循环水条件下水产动物免疫相关基因表达的协同作用机制、构建此模式下中草药活性成分与水产动物肠道微生物互作的代谢网络模型，探究其对肠道菌群结构及短链脂肪酸合成的影响。

添加剂的应用策略也是未来研究的重要方向。植物蛋白与添加剂混合物部分替代鱼粉可显著提升凡纳滨对虾的生长性能[34]，这一发现为陆基圆池循环水养殖模式下新型功能性添加剂的研发方向提供了重要思路。鉴于循环水系统对饲料利用效率及环境耐受性的更高要求，开发高效、稳定的功能性添加剂对优化养殖效益和可持续生产具有关键意义。在此认知基础之上，可以研究植物蛋白-添加剂复合物在陆基圆池循环水养殖大口黑鲈中的应用，分析其对养殖水体中氨氮、亚硝酸盐等水质指标的调控作用及分子机制。

4. 结论

本文围绕陆基圆池循环水养殖中饲料添加剂的应用展开研究，指出该模式作为集约化、可持续养殖模式，因高密度、封闭式环境对精准营养调控需求迫切，但直接相关的饲料添加剂研究有限。基于常规集约化养殖证据，探讨了三类添加剂的适配潜力：营养代谢促进类可增强消化吸收、促进生长，与陆基圆池循环水养殖资源高效利用目标契合；免疫调节类能缓解高密度胁迫，提升鱼类免疫力，适配陆基圆池循环水养殖高密度特性；虾青素等其他功能性添加剂可改善生长、免疫及品质，具有借鉴意义。未来应聚焦新型功能性添加剂研发及应用策略优化，以完善陆基圆池陆基圆池循环水养殖技术体系，提升养殖效益与可持续性。

基金项目

广西重点研发计划项目(农业农村领域)(桂科农 AB2506910033);自治区级大学生创新训练项目(项目编号: S202510593464)。

参考文献

- [1] 陆基圆池循环水养殖之大循环系统建设要点[J]. 农村新技术, 2025(5): 77.
- [2] 关丽华. 鲟鱼陆基圆池循环水养殖技术[J]. 农村新技术, 2025(5): 36-38.
- [3] 廖军湖, 韩书煜, 黄耀师, 等. 美洲鳗鲡陆基圆池养殖技术[J]. 科学养鱼, 2025(4): 48-49.
- [4] Irwin, S., O'Halloran, J. and FitzGerald, R.D. (1999) Stocking Density, Growth and Growth Variation in Juvenile Turbot, *Scophthalmus maximus* (Rafinesque). *Aquaculture*, **178**, 77-88. [https://doi.org/10.1016/s0044-8486\(99\)00122-2](https://doi.org/10.1016/s0044-8486(99)00122-2)
- [5] 介百飞, 江林源, 麻艳群, 等. 陆基圆池循环水条件下养殖密度对大口黑鲈生长及养殖效能的影响[J]. 水产科技情报, 2022, 49(5): 272-277.
- [6] 王冠. 养殖密度对红鳍东方鲀幼鱼生长和生理指标的影响及脑和肝的转录组分析[D]: [硕士学位论文]. 大连: 大连海洋大学, 2022.
- [7] 赵晚晨. 基于三种养殖容量的黄颡鱼养殖塘生态健康状况及养殖效能评价[D]: [硕士学位论文]. 南宁: 广西大学, 2020.
- [8] Wang, S., Li, X., Zhang, M., Jiang, H., Qian, Y. and Li, M. (2024) Ellagic Acid Can Mitigate Chronic Ammonia Stress-Induced Adverse Effects through the Augmentation of Liver Autophagy in Yellow Catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*). *Aquaculture*, **592**, Article ID: 741171. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.741171>
- [9] 李晓晨. 功能性饲料添加剂在水产养殖中的应用研究进展[J]. 养殖与饲料, 2025, 24(6): 16-20.
- [10] Fu, Z.D., Cui, J.Y. and Klaassen, C.D. (2014) Atorvastatin Induces Bile Acid-Synthetic Enzyme Cyp7a1 by Suppressing FXR Signaling in Both Liver and Intestine in Mice. *Journal of Lipid Research*, **55**, 2576-2586. <https://doi.org/10.1194/jlr.m053124>
- [11] 舒斌, 张磊, 吕小燕, 等. 不同来源虾青素在对虾养殖中的应用研究进展[J]. 中国饲料, 2025(15): 128-134.
- [12] 谢宇翔, 郁二蒙, 江林源, 等. 陆基圆池模式下脆肉罗非鱼和普通罗非鱼生长性能、生理生化指标和肌肉质构比较分析[J]. 饲料研究, 2024, 47(23): 68-72.
- [13] 李菊. 益生菌在水产养殖中的研究进展[J]. 水产养殖, 2024, 45(10): 43-47.
- [14] 龙辛宇, 郭勇, 石勇, 等. 氨基酸微量元素螯合物对草鱼生长性能、血清生化指标及微量元素沉积的影响[J]. 动物营养学报, 2024, 36(3): 1806-1818.
- [15] 王亚, 钟蕾, 胡毅, 等. 氨基酸微量元素螯合物对草鱼肝脏和肠道健康的影响[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2024, 54(7): 149-158.
- [16] 王铎, 梁光哲, 梁志东, 等. 氨基酸铁、锌螯合物在畜禽生产中的应用[J]. 饲料研究, 2021, 44(6): 125-128.
- [17] 黄子悦, 吴浩楠, 祝叶, 等. 小肽对低温胁迫下斑马鱼的保护效果试验[J]. 江西水产科技, 2025(2): 21-24.
- [18] 张坤, 张蕉南, 胡兵, 等. 壳聚糖和营养小肽对大口黑鲈幼鱼生长性能、抗氧化能力及免疫基因表达的影响[J]. 饲料研究, 2024, 47(13): 58-64.
- [19] 司丙文, 吴子林, 邱彦国, 等. 小肽在饲料中的应用研究进展[J]. 中国饲料, 2024(17): 1-11.
- [20] 蔡雨阳, 刘臻, 何莉, 等. 小肽对动物生长性能、肠道健康和品质影响的研究进展[J]. 中国饲料, 2024(11): 15-20.
- [21] 赵丽梅, 姜永杰, 王卓铎. 饲料中添加复合益生菌对卵形鲳鲹生长和抗氧化功能的影响[J]. 广东饲料, 2025, 34(2): 25-29.
- [22] Hossain, M.K., Naziat, A., Atikullah, M., Hasan, M.T., Ferdous, Z., Paray, B.A., et al. (2024) Probiotics Relieve Growth Retardation and Stress by Upgrading Immunity in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) during High Temperature Events. *Animal Feed Science and Technology*, **316**, Article ID: 116054. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2024.116054>
- [23] 金鑫, 程镇燕, 尹靖凯, 等. 益生元的功能及在水产饲料中的应用研究进展[J]. 中国饲料, 2025(9): 72-79.
- [24] 吴红霞. 益生元对高糖饲喂尼罗罗非鱼生长性能、脂代谢和肌肉品质的影响[D]: [硕士学位论文]. 上海: 华东师范大学, 2022.
- [25] Wang, T., Zhang, N., Yu, X., Qiao, F., Chen, L., Du, Z., et al. (2020) Inulin Alleviates Adverse Metabolic Syndrome and Regulates Intestinal Microbiota Composition in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Fed with High-Carbohydrate Diet. *British Journal of Nutrition*, **126**, 161-171. <https://doi.org/10.1017/s000711452000402x>
- [26] 汤伟, 王祺, 李佳欣, 等. 饲料中添加褐藻寡糖、红藻寡糖对虹鳟生长性能、肌肉营养成分及血清免疫功能的影响[J]. 农业生物技术学报, 2024, 32(9): 2100-2111.
- [27] 任艳丽, 刘苏雨, 和子涵, 等. 黄芪多糖对尼罗罗非鱼生长性能和抗氧化指标的影响[J]. 养殖与饲料, 2025, 24(2):

- 7-11.
- [28] Naiel, M.A.E., Negm, S.S., Abd El-Hameed, S.A.A. and Abdel-Latif, H.M.R. (2021) Dietary Organic Selenium Improves Growth, Serum Biochemical Indices, Immune Responses, Antioxidative Capacity, and Modulates Transcription of Stress-Related Genes in Nile Tilapia Reared under Sub-Optimal Temperature. *Journal of Thermal Biology*, **99**, Article ID: 102999. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2021.102999>
- [29] 邓万国. 虾青素对草鱼生长性能、血清生化指标及肠道消化酶的影响[J]. 中国饲料, 2025(4): 61-64.
- [30] 万英明, 李明泽, 尹壮, 等. 虾青素对马苏大麻哈鱼生长性能、抗氧化能力及非特异性免疫的影响[J/OL]. 饲料工业, 1-15. <https://link.cnki.net/urlid/21.1169.S.20250627.1210.002>, 2025-07-27.
- [31] 苏金枝, 邓远, 李振通, 等. 虾青素对赤点石斑鱼生长、体色、皮肤色素和抗氧化性的影响[J]. 广东海洋大学学报, 2024, 44(4): 27-37.
- [32] 曾本和, 王万良, 周建设, 等. 5 种中草药对异齿裂腹鱼鱼卵水霉防治效果[J]. 甘肃农业大学学报, 2019, 54(2): 47-54.
- [33] 陈建军, 张华杰, 刘娜娜, 等. 添加发酵艾草构树叶混合物饲料对鲤鱼生长及免疫性能的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2020, 55(4): 7-13.
- [34] 齐飞, 曹俊明, 黄燕华, 等. 植物蛋白及添加剂组合替代部分鱼粉对凡纳滨对虾生长性能的影响[J]. 饲料研究, 2014(23): 73-78.