

## 水产养殖生物脱氮领域研究的知识图谱可视化分析

司圆圆<sup>1</sup>, 张卓婷<sup>1</sup>, 陈兴汉<sup>1</sup>, 余祥勇<sup>2\*</sup>

(1. 阳江职业技术学院, 广东阳江 529500; 2. 华南农业大学海洋学院, 广东广州 510006)

**摘要** 生物脱氮是一种经典的水处理技术, 目前已在水产养殖废水处理中广泛应用。以 Web of Science 和 CNKI 为数据源, 聚焦研究热点和前沿, 利用 CiteSpace 软件对近 30 年水产养殖生物脱氮领域的研究现状进行知识图谱分析, 解析了国内外研究的特点和规律, 预测了发展趋势。多视角对比分析结果表明, 水产养殖生物脱氮研究领域发展的多样性和深广度在不断增加, 好氧反硝化技术脱氮效果好、适用范围广, 已成为新的发展方向, 具有潜在的应用前景。

**关键词** 生物脱氮; CiteSpace; 可视化分析; 知识图谱

中图分类号 X 703.1 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)13-0236-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.13.060



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Visual Analysis of Knowledge Map of Research on Biological Nitrogen Removal in Aquaculture

SI Yuan-yuan, ZHANG Zhuo-ting, CHEN Xing-han et al (Yangjiang Polytechnic, Yangjiang, Guangdong 529500)

**Abstract** As a classical water treatment technology, biological identification had been widely used in aquaculture wastewater treatment. With Web of Science and CNKI as data sources and focusing on research hotspots and frontiers, CiteSpace software was used to conduct knowledge map analysis of the current research status in the field of biological nitrogen removal in aquaculture in the past 30 years. The characteristics and laws of domestic and foreign researches were analyzed, and the development trend was predicted. The results of the comparative analysis from multiple perspectives showed that the diversity and breadth of the development in the field of biological identification in aquaculture were increasing. Aerobic identification technology had good effect and wide application range, which had become a new development direction and had potential application prospects.

**Key words** Biological removal of nitrogen; CiteSpace; Visual analysis; Knowledge mapping

水产养殖中, 氮素含量过高会引发水质问题, 造成水产动物病害加剧乃至死亡。目前循环水养殖净水系统多为硝化装置, 仅能将氨氮和亚硝酸盐氮转化为硝酸盐氮, 氮素仍然存在水体中。虽然硝酸盐氮也会对水生动物造成不利的影响, 但因传统反硝化多为厌氧(缺氧)环境, 因此限制了反硝化反应器在水产养殖中的应用, 好氧反硝化的出现可以解决此类问题。部分好氧反硝化菌株可以将氮素转化为气态氮, 从水环境中彻底脱除, 但产物中氧化亚氮比重过大也易引发温室效应, 限制其应用。当前影响生物脱氮效果的主要有 2 个方面, 一是菌株, 二是反应器。因此, 筛选高效脱氮的好氧反硝化菌株, 并构建适宜生物反应器对养殖系统进行脱氮具有现实意义。

目前, 生物脱氮是最经济有效的处理手段, 其研究的热点主要集中在厌氧氨氧化<sup>[1-2]</sup>、短程硝化反硝化<sup>[3]</sup>及一步式硝化<sup>[4-5]</sup>。养殖废水处理不当会引发环境污染, 而且会浪费水资源。因此掌握水产养殖领域生物脱氮现状及加强对养殖水体污染控制具有重大的意义。

CiteSpace(Citation Space)是基于 Java 开发的一款信息可视化工具, 其算法是基于共引分析理论(co-citation)和寻径网络算法(pathFinder)原理对既定领域文献进行计量<sup>[6]</sup>, 以探究该研究领域文献演化的关键路径与知识拐点, 将其通过可视化图谱进行呈现, 目前在图书、情报领域及其他相关

专业技术领域应用广泛<sup>[7-9]</sup>。

基于以上背景和工具, 笔者依据关键词, 对养殖水体生物脱氮领域的主要研究文献进行分析, 整理文献分析报告, 以掌握该领域国内外研究趋势及发展状况, 为该领域污染控制提供参考。

### 1 材料与方法

基于“SCI-EXPANDED”“SSCI”“CPCI”和“CPCI-SSH”为数据源, 以主题词“SU=(‘生物脱氮’+‘好氧反硝化’+‘脱氮副球菌’+‘生物强化’+‘群落结构分析’+‘移动床生物膜反应器’)\*(‘养殖’+‘水’)”为检索式, 在 WOS 数据库中, 以“(TS=(Biological denitrification OR Aerobic denitrification OR Paracoccus denitrificans OR Biofortification OR Mobile bed biofilm reactor OR Community structure analysis) AND TS=(Aquaculture)) AND 语种:(English) AND 文献类型:(Article)”为检索式, 时间跨度为 1990 年 1 月 1 日—2020 年 2 月 20 日, 共检索到 WOS 数据库有效文献 412 篇, CNKI 数据库有效文献 205 篇, 将文献进行预处理将数据标准化, 选取高频关键词阈值, 构建共词矩阵。将矩阵导入到 Ucinet 中, 生成关键词共现网络, 在 CiteSpace 中构建关键词知识图谱, 进行聚类分析, 刻画水产养殖生物脱氮领域的研究主题。通过不同视角的深入参照对比把握了中外水产养殖生物脱氮研究的特点和规律, 为该领域后续研究提供借鉴。

### 2 结果与分析

**2.1 文献年度发文量演变情况** 通过绘制发文量年度分布折线图(图 1), 贯穿 1990—2020 年水产养殖生物脱氮领域的发展史, 国外发文量整体呈现平稳上升状态, 主要经历了 2 个阶段。第 1 阶段为 1990—2004 年, 发文曲线平缓, 每年发文量都不足 10 篇, 表示领域研究刚刚起步, 还未有过多关

**基金项目** 广东省农村科技特派员项目(2019); 广东省特色创新人才项目(2019GKTSX123); 广东省大学生科技创新培育项目(2020b1309)。

**作者简介** 司圆圆(1983—), 女, 河南许昌人, 副教授, 博士, 从事养殖水环境调控研究。\* 通信作者, 教授, 博士, 从事养殖水环境调控研究。

**收稿日期** 2020-10-30





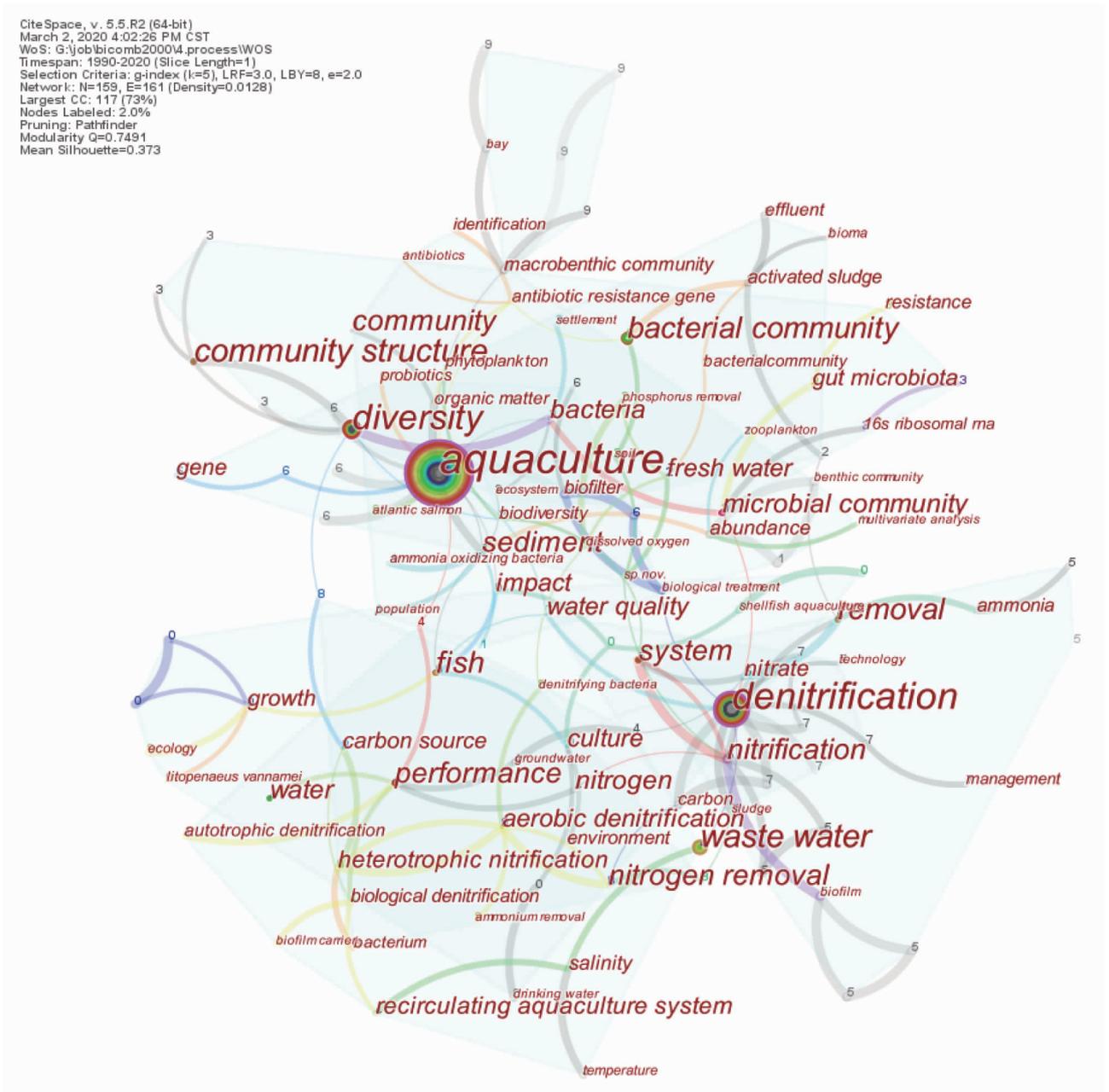


图 5 国外水产养殖生物脱氮研究关键词聚类图谱

Fig. 5 Clustering of keywords for aquaculture biological nitrogen removal in foreign countries

### Top 4 Keywords with the Strongest Citation Bursts

Keywords	Year	Strength	Begin	End	1990—2020
生物脱氮除磷	1990	2.484	8	2005	2009
分段进水	1990	4.043	7	2006	2009
生物脱氮	1990	2.914	8	2006	2008
移动床生物膜反应器	1990	2.288	1	2010	2013

图 6 国内水产养殖生物脱氮研究突现词

Fig. 6 Glossary of emerging research on biological nitrogen removal in domestic aquaculture

国内突现强度最大的关键词是分段进水(4.043 7),持续时间是 2006—2009 年,移动床生物膜反应器为最新突现词,持

续时间是 2010—2013 年;国外突现强度最大的关键词是 microbial community(6.560 4),持续时间是 2018—2020 年,反映

出生物群落属于国外倾向型研究。对比国内热点,国外热点主题的更迭较快,出现了 gene、recirculating aquaculture system 等新兴概念,研究层面向生物信息转化,研究主题向细菌群落过渡。

结合聚类分析和突现词列表,发现在国内外,水产养殖

生物脱氮的研究内容繁多,研究热点之间的联系不甚紧密,呈多维度发展态势,表明在该领域研究的出发点多样化,还未形成固化的模式。国内外部分主题热点具有一定的交集,包括生物脱氮、A/O、好氧反硝化、生物群落微环境等,这反映出国内研究具有一定相似性,也表明了上述主题关注度高。

## Top 11 Keywords with the Strongest Citation Bursts

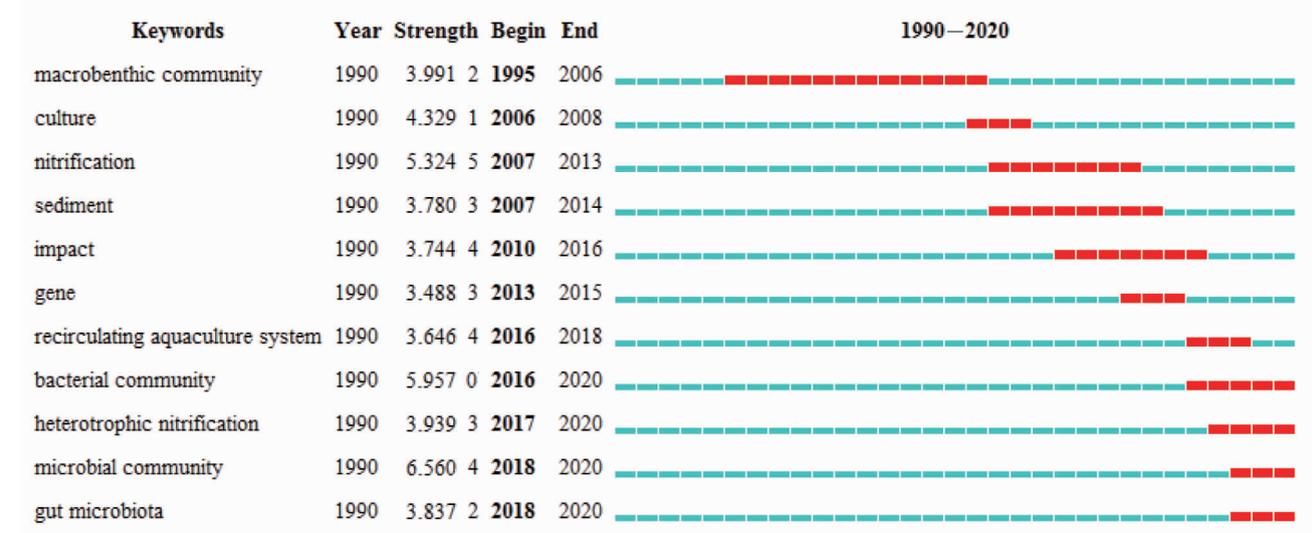


图7 国外水产养殖生物脱氮研究突现词

Fig. 7 Emerging glossary of research on aquaculture biological nitrogen removal in foreign countries

### 3 小结

综上所述,1990—2020年间水产养殖生物脱氮领域呈现多样性发展的趋势,主要表现在研究数量和规模的逐步扩大,研究向更深广度和更高维度发展。在生物脱氮技术的大命题下,好氧反硝化打破了反硝化只在厌氧条件下才能进行的传统观念,表明好氧反硝化细菌为水产养殖脱氮工艺提供了新的道路。

### 参考文献

- [1] LI J, FENG L, BISWAL B K, et al. Bioaugmentation of marine anammox bacteria(MAB)-based anaerobic ammonia oxidation by adding Fe(III) in saline wastewater treatment under low temperature[J/OL]. Bioresource technology, 2020, 295[2020-05-25]. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122292>.
- [2] ZHANG M P, DAI P L, LIN X L, et al. Nitrogen loss by anaerobic ammonium oxidation in a mangrove wetland of the Zhangjiang Estuary, China[J]. The science of the total environment, 2020, 698:1-11.

- [3] PENG B, LIANG H, WANG S S, et al. Effects of DO on N<sub>2</sub>O emission during biological nitrogen removal using aerobic granular sludge via shortcut simultaneous nitrification and denitrification[J]. Environmental technology, 2020, 41(2):251-259.
- [4] DAIMS H, LEBEDEVA E V, PJEVAC P, et al. Complete nitrification by *Nitrospira* bacteria[J]. Nature, 2015, 528(7583):504-509.
- [5] VAN KESSEL M A, SPETH D R, ALBERTSEN M, et al. Complete nitrification by a single microorganism[J]. Nature, 2015, 528(7583):555-559.
- [6] 符荣鑫, 李旋菁, 黄柳欣, 等. 基于 CiteSpace 的湿地生物多样性领域研究的可视化分析[J]. 农业图书情报学刊, 2018, 30(12):52-60.
- [7] 冀宪武, 樊晓璐, 李武佳, 等. 2007—2019年中国党参研究文献计量分析[J]. 图书情报导刊, 2020, 5(6):60-65.
- [8] 郑泽宇, 陈德敏. CSSCI(2009—2019)环境法学研究的知识图谱:基于 Citespace 的文献计量分析[J]. 干旱区资源与环境, 2020, 34(6):62-72.
- [9] 肖畅, 彭婷, 刘继红. 基于 WOS 和 CiteSpace 分析我国近 10 年柑橘研究热点与前沿[J]. 果树学报, 2020, 37(10):1573-1583.
- [10] 丰洪微, 范哲超. 金属增材制造技术研究热点分析[J]. 世界有色金属, 2019(23):172-173.
- [11] 丰洪微, 范哲超. 激光选区熔化技术研究热点可视化分析[J]. 中国金属通报, 2019(11):202-203, 205.