

# 湖滨带生态化学计量学研究热点与趋势分析



贾雨欣\*

云南师范大学云南省高原地理过程与环境变化重点实验室云南师范大学地理学部, 云南昆明 650000

**摘要:** 本研究利用可视化工具 CiteSpace 和 VOSviewer 对关于湖滨带生态化学计量的研究进行直观可视化分析, 通过对该领域的主要研究热点、研究机构以及作者共被引分析, 绘制出湖滨带生态化学计量的研究热点与趋势的知识图谱。方法是从中国知网 (CNKI) 和 Web of Science 数据库中检索近二十年收录的相关期刊文献, 最终检索出符合条件的相关文献, 其中包括 162 条中文文献和 61 条英文文献。检索到的英文期刊运用 VOSviewer 软件绘制, 而中文期刊则采用 CiteSpace 绘制其知识图谱。可视化的结果表明, 国内外湖滨带生态化学计量学研究领域的发文量呈现波动上升的趋势。国内影响力最大的机构是福建师范大学, 国外则是以 Qingdao University of Science & Technology 机构为主体。近 20 年该领域国内外的研究热点主要是湿地修复, 养分储存, 耕地保护, 耕地生态补偿和生态系统服务价值等; 国内外的研究大致经历了从起步到波动上升两个阶段。通过对湖滨带生态化学计量学具有影响力的作者、重要研究机构、关键词等领域的文献分析, 能够为该领域的进一步研究提供参考与借鉴。

**关键词:** 湖滨带; 生态化学计量; 知识图谱; VOSviewer; CiteSpace

**DOI:** [10.57237/j.wjese.2023.01.007](https://doi.org/10.57237/j.wjese.2023.01.007)

## Research Hotspots and Trends of Eco-chemometrics in Lakeside Zone

Jia Yuxin\*

Yunnan Key Laboratory of Plateau Geographical Processes & Environmental Changes, Department of Geography, Yunnan Normal University, Yunnan Normal University, Kunming 650000, China

**Abstract:** In this study, the visualization tools CiteSpace and VOSviewer were used to visually analyze the research on ecostochiometry in the lakeside zone, and the knowledge map of the research hotspots and trends of ecostochiometry in the lakeside zone was drawn through the main research hotspots, research institutions and authors in the field. The method was to search the relevant journal literature collected in the past 20 years from CNKI and Web of Science databases, and finally retrieved the relevant literature that met the criteria, including 162 Chinese literature and 61 English literature. The retrieved English journals were mapped using VOSviewer software, while Chinese journals were mapped using CiteSpace. The visual results show that the number of publications in the field of ecological chemometrics in the lakeside zone at home and abroad shows a fluctuating upward trend. The most influential institution in China is Fujian Normal University, and abroad it is dominated by Qingdao University of Science & Technology. In the past 20 years, the research hotspots at home and abroad in this field have mainly been wetland restoration, nutrient storage,

\*通信作者: 贾雨欣, 1160618157@qq.com

cultivated land protection, cultivated land ecological compensation and ecosystem service value. Research at home and abroad has roughly gone through two stages from the beginning to the rise of fluctuations. Through the literature analysis of influential authors, important research institutions, keywords and other fields of ecological stoichiometry in the lakeside zone, it can provide reference and reference for further research in this field.

**Keywords:** Lakeside Zone; Ecostoichiometry; Knowledge Graph; VOSviewer; CiteSpace

## 1 引言

生态化学计量学是研究各种化学元素(主要是碳(C)、氮(N)和磷(P))在生态系统中的平衡与耦合作用的学科[1]。在生态研究领域, C、N、P 生态化学计量比是用于预测有机物分解率和确定营养限制因素的重要指标物质[2, 3], 它可以有效地解释元素养分在生物生长过程中的约束和限制、调节和稳定生态系统的作用[4, 5]。

随着文献计量分析方法的不断更新, 目前已经存在较多软件对复杂的文献进行梳理分析, 可以让我们以一种较为直观的方式了解湖滨带生态化学计量的研究现状, 对今后掌握了解该领域的发展方向提供了新思路。关于知识图谱的绘制工具有很多, 其中应用较为广泛的有 CiteSpace、Bibexcel、VOSviewer 等[6-8]。之前已经有众多学者对陆生[9]、水生生态系统的植物、微生物、土壤的生态化学计量学方面进行总结, 但很少有人对水陆过渡区域的生态化学计量的研究进行相应的汇总。卢同平等将生态化学计量特征的影响分为气候变化与氮沉降、生态系统演化、添加实验及人类活动等四个方面, 通过上述四个方面对我国陆地生态系统的生态化学计量学方面的应用研究进行了总结[10]。林永静等运用 Citespace 对 2003-2016 年国内外发表的生态化学计量学的相关期刊进行检索, 分析结果表明未来生态化学计量学的研究将侧重于气候变化和营养物动态平衡模型、营养元素对生态化学计量的影响等方面[11]。王芳等综述了水体生态化学计量学的发展历程, 主要从分子基础、生物内稳态与生物进化、食物网与养分循环、全球生物地球化学循环等方面进行了综述, 以期为今后水体生态化学计量学的发展提供参考[12]。

综上所述, 为全面直观的了解湖滨带生态化学计量的研究热点与趋势, 本文分别选取 CNKI 和 Web of Science 核心合集为数据库, 运用 CiteSpace、VOSviewer 软件绘制知识图谱, 对国内外湖滨带生态化学计量的关键词、作者共被引和热点、作者群体、机构合作、主题与前沿等方面进行分析, 以期对湖滨带生态化学计量未来研究发展提供思路。

## 2 数据及研究方法

### 2.1 数据来源

本文采用的数据来源于国内已发表的期刊论文数据和国外已发表的期刊论文数据两个部分。国内以中国知网(CNKI)为来源数据库, 设定检索式为“主题=生态化学计量+湖滨带”或“主题=生态化学计量+湿地”进行检索, 检索时间设定为 2002 年至 2022 年。经人工筛选剔除会议、毕业论文、报纸、新闻、国际会议及不相关文献, 结果纳入符合文献 162 篇国外的英文文献主要是基于 Web of Science 数据库。方法是在 Web of Science 数据库核心合集中以 “ecological stoichiometry” and “wetland”为主题词进行检索。最终检索出符合要求的文献 61 篇。上述两个环节的采集数据时间为 2023 年 1 月 4 日。

### 2.2 研究方法

本文运用可视化工具 Citespace 和 VOSviewer 文献分析软件将上述检索到的中英文文献对研究现状、研究进展、研究热点方面进行分析, 着重分析作者、机构、关键词等, 找出文献之间的关系, 借助视觉图直观地呈现相关信息, 达到将湖滨带生态化学计量学的研究热点和趋势准确、直观的呈现出来的目的。

## 3 结果分析

### 3.1 中文文献研究概述

#### 3.1.1 年度发文量分析

领域内文献的发文量指标体现了该领域的重要性[13]。中文文献年度发文量如图 1 所示, 大致可以分为 3 个阶段: (1) 2003-2009 年关于湖滨带生态化学计量的相关研究处于初级阶段, 年均发文量较少。虽然生态化学计量起步相对较早, 但是其中关于湖滨带的内

容出现相对较晚。(2) 2010-2020 年的发文量呈现波动上升的趋势。随着对生态化学计量学的研究不断深入, 同时关于湖滨带的相关研究不断增加, 越来越多的学者开始关注湖滨带生态化学计量学, 因此发文量开始逐年增长[14, 15]。(3) 2021-2022 年发文量呈现下降趋势, 可能是由于前十年在该领域的研究已经相对成熟, 所以未来需在新的方面进行探索才会出现新发展。

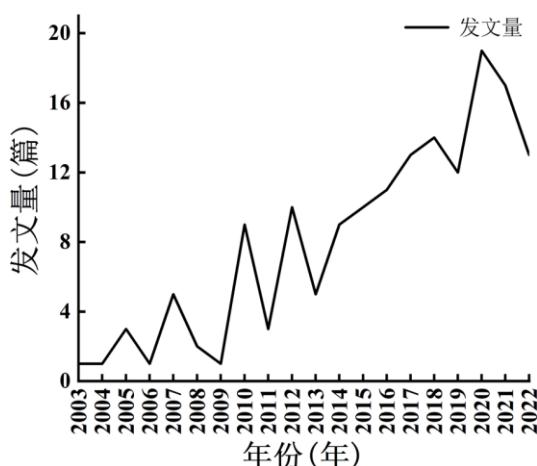


图 1 中文文献年度发文量

### 3.1.2 作者分析

通过对文献作者进行分析更能了解到该领域的杰出推动者以及作者间的合作联系[16]。通过 Citespace 软件进行作者统计分析, 表 1 为发文量排名前五的主要作者列表, 可以发现曾从盛、于秀波、张广帅、张全军、吕宪国等在湖滨带生态化学计量学方面研究较多。曾从盛等人的研究内容主要集中于互米草等与河口湿地土壤碳氮磷的影响机制[17-19]。于秀波等人重点关注于水位变化、湿地植物枯落物分解对鄱阳湖的影响[20]。而张广帅等人较其他学者相比研究范围较广, 涉及到湿地的水质、土壤、枯落物、土壤微生物等几个方面的生态化学计量学, 探讨上述几个方面的相关性。张全军与于秀波、张广帅均有合作, 且与他们的研究内容较为相似[21, 22]。吕宪国等人集中关注于东北湿地, 主要通过构建模型等方式探讨湿地碳氮磷与气候变化之间的关系[23, 24]。

表 1 发文量排名前五的主要作者

序号	作者名字
1	曾从盛
2	于秀波
3	张广帅
4	张全军
5	吕宪国

### 3.1.3 机构分析

采用 Citespace 软件进行研究机构统计分析, 论文发表量排名前五的主要研究机构见表 2, 排名前五的机构主要有福建师范大学、中国科学院大学、国家海洋环境监测中心、中国科学院东北地理与农业生态研究所、中国科学院南京地理与湖泊研究所。其中福建师范大学的发文量占比较大。福建师范大学重点关注于人为干扰下对土壤微生物碳氮磷的影响。其他研究机构以科研院所为主, 且联系较为密集。

表 2 发文量排名前五的研究机构

序号	单位名称
1	福建师范大学
2	中国科学院大学
3	国家海洋环境监测中心
4	中国科学院东北地理与农业生态研究所
5	中国科学院南京地理与湖泊研究所

### 3.1.4 关键词分析

CiteSpace 中用关键词的突现功能可以检测出某一时段引用量变化较大的情况, 用来发现某一关键词引用数量的增加或减少[25]。通过突现词分析, 可以快速发现该领域的研究热点主要变化过程, 该关键词的突现强度越高表明其出现频率越高, 可以分析出领域内众多学者更关注的方向。采用 Citespace 软件进行关键词聚类图谱分析, 发现关键词主要聚类结果主要包括空间分布特征、湿地保护、植被类型、季节变化、湿地植物、微生物生物量、凋落物分解、分解速率、水位梯度等几个方面。研究热点主要集中在湖滨带元素空间分布、微生物元素变化、湿地植被元素分布、土壤植物元素分布等几个方面。

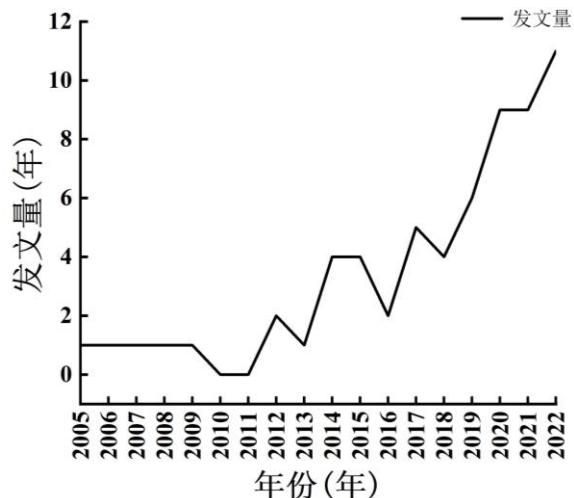


图 2 英文文献年度发文量

## 3.2 英文文献研究概述

### 3.2.1 年度发文量分析

英文文献年度发文量如图 2 所示，大致可以分为 2 个阶段：（1）2005-2010 年国外关于湖滨带生态化学计量的相关研究处于初级阶段，与国内相比发文量较少。（2）2011-2022 年的发文量呈现波动上升的趋势。随着国外对生态化学计量学的研究不断深入，国外越来越多的学者对湖滨带生态化学计量学，具体表现为近几年的发文量逐年增长，在今后也会有逐渐增长的趋势。

### 3.2.2 作者分析

采用 VOSviewer 软件进行研究机构统计分析，表 3 为国外期刊发文量排名前五的主要作者主要以 Wang X、Zhang D、Tong S、Sardans、Penulas 等作者为代表。其中 Wang X 等主要关注于湿地恢复，探究不同植被对退化湿地恢复作用的研究。Zhang D 等人研究土地退化、水位变化等因素对土壤碳氮磷的影响。Tong S 等与 Zhang D 的研究内容相似，存在合作关系。

表 3 发文量排名前五的主要作者

序号	作者名字
1	Wang X
2	Zhang D
3	Tong S
4	Sardans
5	Penulas

### 3.2.3 机构分析

采用 Citespace 软件进行研究机构统计分析，论文发表量排名前五的主要研究机构见表 4，分别是 Qingdao University of Science & Technology、Binzhou University、Northeast Institute of Geography & Agroecology, CAS、Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals、Consejo Superior de Investigaciones Científicas。其中 Qingdao University of Science & Technology 的发文量最多，位居榜首。

表 4 发文量排名前五的研究机构

序号	单位名称
1	Qingdao University of Science & Technology
2	Binzhou University
3	Northeast Institute of Geography & Agroecology, CAS
4	Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals
5	Consejo Superior de Investigaciones Científicas

### 3.2.4 研究热点分析

相比于 CiteSpace，VOSviewer 可以更清晰地反映研究主题。通过 VOSviewer 的共词聚类功能，得到湖滨带生态化学计量学的关键词聚类图（图 3）。图中显示的同种颜色代表一个聚类，节点越大表示词频越高[6]。采用 VOSviewer 软件分析湖滨带生态化学计量的研究热点，设置共现频次大于 10 次，得到图 2。可以看出，研究热点主要有两大部分：第一部分主要以湖滨带植被生长恢复为主，以养分响应转换、根系植被间的营养传输、时空分布状况为次要研究对象。第二部分主要以养分储量为主，以湿地碳储量、生态化学计量比率为次要研究对象。

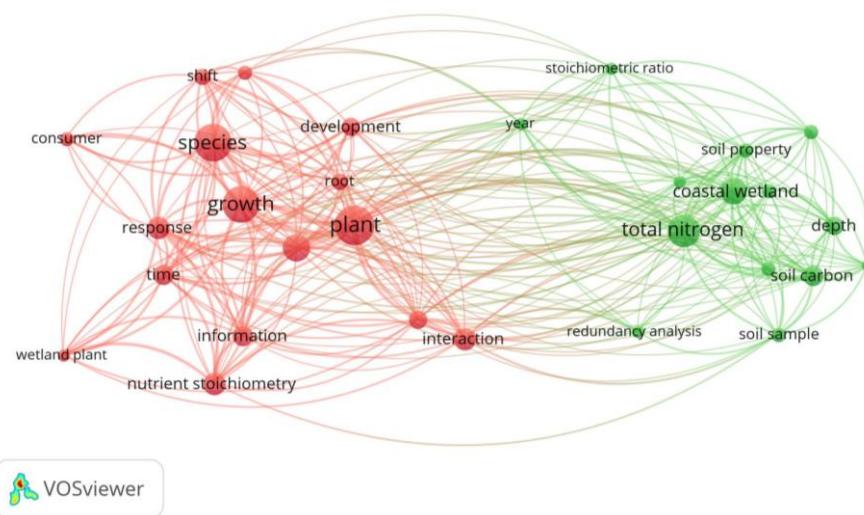


图 3 研究热点图谱

## 4 结论与展望

本文利用 CiteSpace 与 VOSviewer 软件, 对国内外湖滨带生态化学计量的研究进行了图谱绘制和分析, 结果表明最近二十年, 湖滨带生态化学计量学的发文量总体呈上升趋势。从研究力量上看, 国内外整体合作程度相对较高, 其中国内的研究主力是以张全军与于秀波、张广帅等为代表的作者群和以福建师范大学为首的一些高校与科研机构。国际上的比较有影响力的作者有 Wang X、Zhang D 和 Tong S 等。在研究关键词方面, 研究发现国内外的研究有很大的相似点, 均关注湿地植被的生态恢复。但部分研究内容存在区别, 国内更倾向研究湿地土壤与微生物之间的碳氮磷的生态化学计量分布情况, 国际上更倾向研究湿地碳储量。结合研究结论及当前湖滨带生态化学计量研究的发展趋势, 未来有必要考虑将新模型、新技术引入湖滨带生态化学计量学的研究, 以期为未来湖滨带生态化学计量学的发展提供发展方向。

## 参考文献

- [1] Isles P. D. The misuse of ratios in ecological stoichiometry. *Ecology*, 2020, 101: e3153.
- [2] Zechmeister-Boltenstern S, Keibliger K.M, Mooshammer M, et al. The application of ecological stoichiometry to plant-microbial-soil organic matter transformations [J]. *Ecol Monogr*, 2015, 85: 133–155.
- [3] Heuck C, Smolka G, Whalen E. D, et al. Effects of long-term nitrogen addition on phosphorus cycling in organic soil horizons of temperate forests [J]. *Biogeochemistry*, 2018, 141: 167–181.
- [4] Wang M, Gong Y, Lafleur P, et al. Patterns and drivers of carbon, nitrogen and phosphorus stoichiometry in Southern China's grasslands [J]. *Sci. Total Environ.* 2021, 785: 147201.
- [5] Fan H, Wu J, Liu W, Yuan Y, et al. Linkages of plant and soil C: N: P stoichiometry and their relationships to forest growth in subtropical plantations [J]. *Plant Soil*, 2015, 392: 127–138.
- [6] 刘楠, 钟少波, 朱伟. 国内外森林火灾研究的知识图谱分析 [J/OL]. 林业科技通讯: 1-13 [2023-01-06]. DOI: 10.13456/j.cnki.lykt.2022.08.31.0005.
- [7] 张志山, 杨贵森, 吕星宇, 等. 荒漠生态系统 C、N、P 生态化学计量研究进展 [J]. 中国沙漠, 2022, 42 (1): 48-56.
- [8] 钱虹丽, 关海波, 杨卓玛. 基于 CiteSpace 的耕地保护生态补偿研究文献可视化图谱分析 [J]. 可持续发展, 2022, 12 (6): 1804-1812.
- [9] 陈阳, 穆怀中. 中国生态补偿热点研究分析——基于 CiteSpace 的知识图谱分析 [J/OL]. 环境保护科学: 1-9 [2023-01-12].DOI:10.16803/j.cnki.issn.1004-6216.20220700 12.
- [10] 卢同平, 史正涛, 牛洁, 等. 我国陆生生态化学计量学应用研究进展与展望 [J]. 土壤, 2016, 48 (1): 29-35.
- [11] 林永静, 武梦娟, 卢同平, 等. 中国生态化学计量学研究热点的可视化分析 [J]. 生物学杂志, 2018, 35 (2): 63-66.
- [12] 王芳, 国先涛, 董双林. 水域生态系统生态化学计量学研究进展 [J]. 中国海洋大学学报 (自然科学版), 2015, 45 (12): 16-23+71.
- [13] 王坤, 张丽君, 张超, 等. 基于 CiteSpace 的生态城市发展研究动态分析 [J]. 生态学报, 2021, 41 (5): 2097-2105.
- [14] 曾冬萍, 蒋利玲, 曾从盛, 等. 生态化学计量学特征及其应用研究进展 [J]. 生态学报, 2013, 33 (18): 5484-5492.
- [15] 程滨, 赵永军, 张文广, 等. 生态化学计量学研究进展 [J]. 生态学报, 2010, 30 (6): 1628-1637.
- [16] 高自敞, 刘旭玲, 邓兰. 国内生态旅游研究热点及演进可视化分析 [J]. 延边大学农学学报, 2020, 42 (4): 72-81.
- [17] 林少颖, 陈桂香, 刘旭阳, 等. 互花米草入侵对河口湿地土壤细菌群落结构及多样性影响 [J]. 环境科学学报, 2020, 40 (8): 3001-3012. DOI: 10.13671/j.hjkxxb.2020.0141.
- [18] 陈依婷, 乔文慧, 曾从盛. 闽江河口入侵植物互花米草对短叶茳芏的化感效应 [J]. 应用海洋学报, 2018, 37 (1): 45-52.
- [19] 金宝石, 闫鸿远, 章文龙, 等. 互花米草入侵下闽江河口沼泽土壤中各形态氮含量和储量 [J]. 湿地科学, 2017, 15 (3): 375-384.
- [20] 王春晓, 何建华, 刘殿锋, 等. 土地利用变化对鸟类栖息地连通性的影响——以鄂州市为例 [J]. 生态学报, 2022, 42 (10): 4197-4208.
- [21] 张全军, 张广帅, 于秀波, 等. 鄱阳湖湿地优势植物枯落物的分解速率及碳、氮、磷释放动态特征 [J]. 生态学报, 2020, 40 (24): 8905-8916.
- [22] 张广帅, 闫吉顺, 赵全民, 等. 辽东湾小凌河口湿地土壤微生物群落结构与微生态环境因子的关系 [J]. 生态学杂志, 2020, 39 (7): 2283-2291.
- [23] 神祥金, 姜明, 吕宪国, 等. 中国草本沼泽植被地上生物量及其空间分布格局 [J]. 中国科学: 地球科学, 2021, 51 (8): 1306-1316.

- [24] 孟煥, 王琳, 张仲胜, 等. 气候变化对中国内陆湿地空间分布和主要生态功能的影响研究 [J]. 湿地科学, 2016, 14 (5): 710-716.
- [25] 朱德玉, 孙瑞红, 叶欣梁. 基于 Citespace 的国内旅游供应链研究分析 [J]. 物流科技, 2021, 44 (4): 123-126.