

DOI: 10.5846/stxb201511152312

王超, 刘杨, 李新辉. 基于文献计量学的直链藻属的研究进展. 生态学报, 2016, 36(16): - .

基于文献计量学的直链藻属的研究进展

王 超^{1,2,*}, 刘 杨³, 李新辉^{1,2}, 赖子尼^{1,2}

1 中国水产科学研究院珠江水产研究所, 广州 510380

2 农业部珠江中下游渔业资源环境科学观测实验站, 广州 510380

3 深圳大学高等研究院, 深圳 518000

摘要: 基于 1975—2014 年近 40 年间 Web of Science 数据库中有关直链藻的学术论文, 进行了文献计量学分析。研究发现, 每年发表论文数呈明显上升趋势, 但增幅不大; 单篇论文的作者数增长缓慢, 近 5 年每篇论文的作者数开始大于 4 名; 发表论文的学术杂志的影响因子中等偏下, 学术影响力不大; 以上也映射出此研究方向的冷门性。欧美发达国家对直链藻学术论文的贡献最大, 在国际合作方面也处于领先地位。有关直链藻的研究内容仍偏重于基础性研究, 分类、多样性和种群生态学方面的研究仍保持一定的热度。淡水湖泊和江河流域是开展直链藻研究的主要区域。

关键词: 文献计量学; 直链藻属; 研究进展

直链藻属 (*Melosira* 或 *Aulacoseira*) 隶属硅藻门 (Bacillariophyta), 中心纲 (Centricae), 圆筛藻目 (Coscinodiscales), 圆筛藻科 (Coscinodiscaceae)。直链藻种类在淡水、半咸水和海水中均有分布, 主要以淡水、半咸水为主, 河口区域最为常见。直链藻属是组成化石硅藻植物群的重要成分, 该属在地层划分、对比上是不可缺少的生物依据^[1]。在分类学上, 某些淡水直链藻物种如颗粒直链藻 (*M. granulata*)、意大利直链藻 (*M. italica*)、远距直链藻 (*M. distans*) 等已经从直链藻属分出来作为独立的属, 称为沟链藻属 (*Aulacoseira Thwaites*)^[1]。尽管如此, 从历史资料积累、研究传承及发展趋势分析的角度出发, 作者主要将直链藻属和沟链藻属的文献资料一并作为研究直链藻属的基础资料。

近年来, 有关直链藻属的研究多侧重于单个藻种的针对性研究, 包括新物种的发现、分类归属的纠正、室内培养研究、形态特征变化及分布、种群动态变化等。但是, 对于直链藻属的研究进展仍缺乏概括性的总结。在当今信息爆炸的时代, 每天约有 6000 篇新发表的研究论文。文献计量分析是一种已经被广泛应用于很多科学研究领域的分析科研产出和研究趋势的常规方法, 对快速了解某个领域或方向的综合研究趋势有较大的帮助^[2-7]。基于现有的文献资料, 挖掘有关直链藻属的相关信息, 分析和总结有关直链藻属研究的进展和发展趋势, 不仅有助于初学者全面快速地掌握该领域的研究背景和现状, 也有助于专业研究人员依据发展趋势选择相关研究热点来开展下一步的研究。

本文基于 Web of Science 数据库中 1975—2014 年有关直链藻属和沟链藻属的文献资料, 全面分析直链藻属的研究趋势。希望在研究内容与热点、变化趋势和国际合作等方面给予现实的指导意义。

1 材料与方法

本文所使用的研究方法均参考自 Wang et al.^[2], 并稍作修改阐述如下。

1.1 数据源

查询所有引文索引在 Web of Science (Thomson Reuters) 上的, 1975 至 2014 年之间发布的, 任何在标题或

基金项目: 国家自然科学基金青年基金项目 (41403071)

收稿日期: 2015-11-15; 修订日期: 2015-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: chaowang80@163.com

摘要或作者所提供的关键词位置含有关键词“*melosira*”或“*aulacoseira*”的文章。导出一个包含标题,关键词,摘要,出版年份,作者姓名,作者单位,被引次数和被引文献计数的 XML 文件。搜索查询的构造如下:(标题-摘要-关键词:“*melosira*”或“*aulacoseira*”)。

1.2 国家名称提取

所有引文索引的国家名称是从作者单位提取的。出自英格兰、苏格兰、北爱尔兰和威尔士的文章归属到联合王国(英国),出自香港的文章归属到中国。有曾用名国家的名称已被更新,包括“南斯拉夫”(塞尔维亚和黑山)、“德意志联邦共和国”和“德意志民主共和国”(德国)。作者所属机构只有国家/省份的名字,但没有国家名称的不予考虑。只有一个国家名称的出版物被认为是在国家内部的合作,有超过一个国家的名字出现被视为国际合作。

1.3 关键词和国家之间合作的共词分析

共词分析是一个既定的文献计量学的方法,探讨一个学科指定的文档内容中基于配对存在(共同出现)的术语的网络关系^[8-9]。

国家间合作的共词分析的程序:1)根据以上描述提取国家名称;2)准备国家名称文库,例如选出最高产的前 30 个国家;3)共生矩阵构建:首先,为选定的国家名称库建立一个术语-文档-矩阵,例如:从 1000 个出版物中选出前 30 个,这样就产生了 30 × 1000 的矩阵;其次,术语-文档-矩阵被转化为一个共生矩阵,也就是 30 × 30 矩阵;4)国家间合作的可视化:国家用节点来代表,国家间的关系用节点之间的连线来表示。节点的大小和连线的宽度代表了关系的强弱。

关键词共词分析的程序:1)关键词提取与规范化:Web of Science 数据库中每篇论文的关键词均被提取。关键词和短语中的数字和标点符号被拆除,强制小写和减少不同作者的关键词表达的变化,例如“marine-phytoplankton”和“marine phytoplankton”;2)关键词文库制备:如前 30 个出现率最高的关键词;3)共生矩阵的构建:第一,为选定的关键词建立一个术语-文档-矩阵,如从 50 个出版物中的 100 个关键词中选出最热的 30 个关键词,这就产生了一个 30 × 100 的矩阵;第二,术语-文档-矩阵被转化为一个共生矩阵,如 30 × 30 的矩阵;4)关键词的共词分析的可视化如上所述。

1.4 关键词趋势分析

每一个关键词的年出现率,是用每年的出现频率除以特定时间内的总频率计算得出的,然后除以年度出版物总数量,以弥补出版物总数量的增加。

计算为总频率在指定的时间,然后调整(分)的总出版物的数量,总的出版物总金额的增加。之后将 Mann-Kendall 趋势检验应用于每个关键字。当 P 值 < 0.05 ,趋势被确认为显著,另外,既不增加也不减少的趋势被保留。

1.5 统计分析

所有数据处理,图的生成,统计分析都是用自组成的 R 代码操作的。曼肯德尔(MK)趋势检验用来测试关键词的频率和直链藻相关文章的计数/百分比的逐年的增加/减少的趋势。

当下,一些已更名的杂志的现用名称已通过人工完成更新。

2 结果

1975 至 2014 年近 40 年间有关直链藻研究论文的总数为 665 篇。相关信息的时间变化趋势见图 1。每年发表论文数呈明显的上升趋势,变化范围为 1—47 篇/a,最小值出现在 1983 和 1984 年,最大值出现在 2012 年。前 15 年(1975—1990 年)间,文章数波动不大,基本小于 5 篇/a;1991—2000 年的 10 年间,文章数呈缓慢的波动式增长,最大差幅为 16 篇/a;2001 年至今,增幅明显加大,最大差幅可达 34 篇/a(图 1)。每篇文章的作者数虽然随时间也呈现较明显的上升趋势,但是增幅缓慢,大多以 2—4 人/篇为主,偶尔超过 5 人/篇(图 1)。单篇文章引用文献数的时间变化分两个阶段,前 15 年在 0—30 间呈明显波动;之后的 25 年间呈现缓慢

的波动式增长,变动范围主要在 40—55 之间(图 1)。单篇文章的被引用数的时间变动模式呈明显的单峰型,截止提取数据时 2000 年发表的文章的单篇被引用数最高(图 1)。

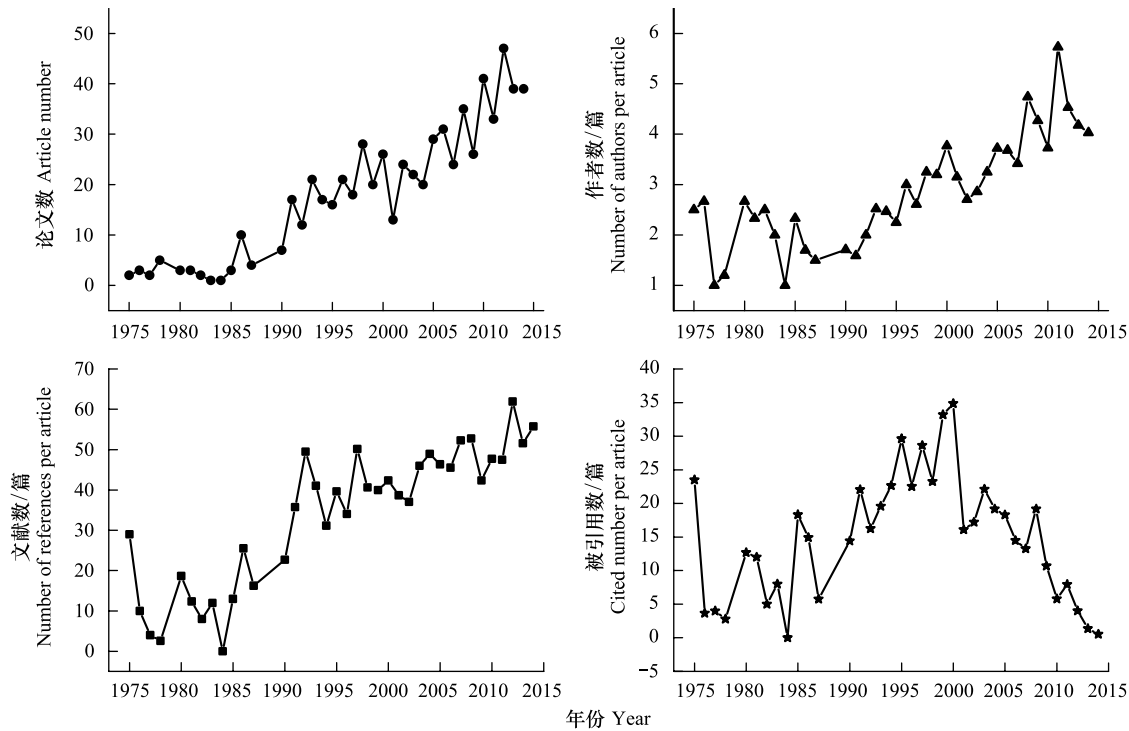


图 1 有关直链藻论文的相关参数的时间序列变化图

Fig.1 Temporal trends of several parameters associated with *Aulacoseira* and *Melosira* papers

直链藻论文发表在 188 个学术期刊上,其中发表论文最多的前 20 个学术期刊的相关信息见表 1。发表文章数最多的杂志为 *Hydrobiologia*,发表文章总数为 65 篇,占直链藻论文总数的 9.77%;影响因子为 2.212,单篇被引用数为 15.38。影响因子最高的杂志为 *Quaternary Science Reviews*,影响因子为 4.571,发表文章总数为 7 篇,单篇被引用数为 29.71。单篇被引用数最高的杂志为 *Limnology and Oceanography*,单篇被引用数为 51.31,发表文章总数为 13 篇,影响因子为 3.615。总的来看,影响因子高的杂志单篇被引用数高,发表文章数不高;影响因子低的杂志单篇被引用数低,发表文章数低;发表文章数高的杂志影响因子居中,单篇被引用数居中。

表 1 直链藻文章贡献居前 20 位的学术期刊

Table 1 Relevant information on top 20 journals associated with *Aulacoseira* and *Melosira* paper publications

序号 Serial number	杂志名称 Journal title	发表直链藻论文数 Number of published papers	影响因子 Impact factor	单篇被引用数 Cited numbers per article
1	<i>Hydrobiologia</i>	65	2.212	15.38
2	<i>Journal of Paleolimnology</i>	48	2.139	14.62
3	<i>Diatom Research</i>	27	1	3.67
4	<i>Freshwater Biology</i>	25	2.905	21.36
5	<i>Journal of Phycology</i>	18	2.529	25.67
6	<i>Journal of Plankton Research</i>	14	2.263	24.50
7	<i>Journal of Great Lakes Research</i>	13	1.771	10.23
8	<i>Limnology and Oceanography</i>	13	3.615	51.31
9	<i>Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology</i>	13	2.752	17.38
10	<i>Nova Hedwigia</i>	12	0.989	7.67
11	<i>Phycologia</i>	9	1.82	11.22

续表

序号 Serial number	杂志名称 Journal title	发表直链藻论文数 Number of published papers	影响因子 Impact factor	单篇被引用数 Cited numbers per article
12	<i>Polar Biology</i>	9	2.071	24.11
13	<i>European Journal of Phycology</i>	8	2.338	19.62
14	<i>Acta Botanica Croatica</i>	7	0.449	3.71
15	<i>Inland Water Biology</i>	7	0.208	1.71
16	<i>Quaternary Science Reviews</i>	7	4.571	29.71
17	<i>Aquatic Ecology</i>	6	1.456	10.17
18	<i>Holocene</i>	5	3.794	10.80
19	<i>Oceanological and Hydrobiological Studies</i>	5	0.867	4.60
20	<i>Quaternary International</i>	5	2.128	7.20

在直链藻文章发表方面贡献最大的前 20 个国家的排序及网络关系见图 2。结果显示,美国的贡献最大,其与加拿大的合作关系最强。英国排名第 2,其与中国和德国的合作关系最强;此外,英国与其他国家的合作关系也反映出其轴心国作用强于美国。中国排名第 6,主要与英国存在较强的合作关系(图 2)。

近 40 年间在有关直链藻文章中出现最多的前 20 个关键词的排序及网络关系见图 3。最重要的关键词是“硅藻”,其与排名靠前的几个关键词的关系也比较紧密;其次是“浮游植物”,其与“硅藻”的关系最紧密。所有的关键词可分为以下几类:第一类与分类归属有关,包括“硅藻”、“硅藻门”、“浮游植物”、“水藻”和“沟链藻属”;第二类与研究内容有关,包括“群落”、“动态”、“种群”、“记录”、“生长”、“形态学”和“古湖沼学”;第三类与环境因素有关,包括“气候变化”、“富营养化”、“磷”和“水温”;第四类与分布有关,包括“湖泊”、“沉积物”和“水”。还有一个关键词“蓝藻”,排名第 20 位。

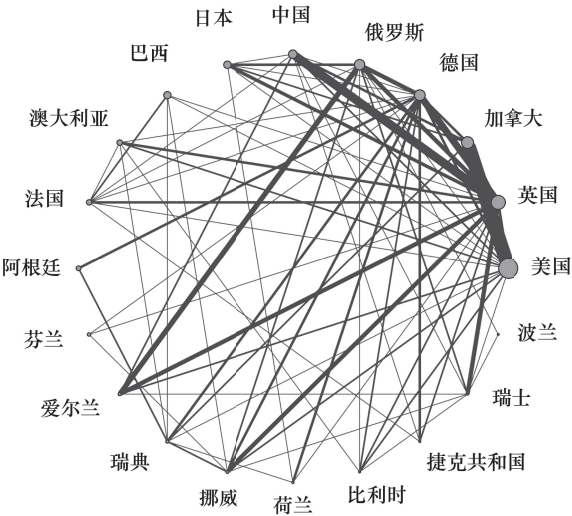


图 2 直链藻论文发表贡献前 20 名国家的排序及网络关系
Fig. 2 Sequence and correlations of top 20 countries in Aulacoseira and Melosira paper publications

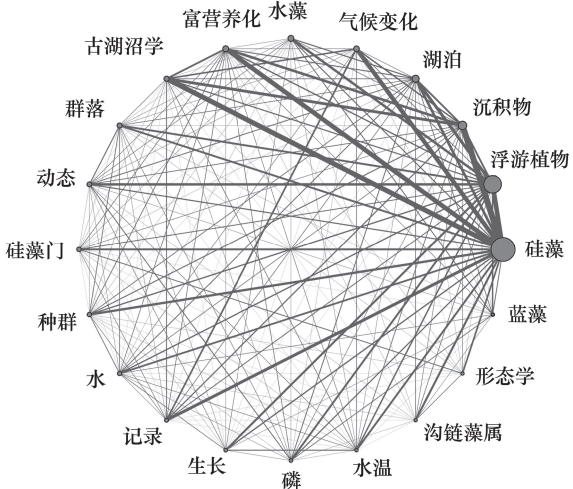


图 3 直链藻文章中出现最多的前 20 个关键词的排序及网络关系
Fig. 3 Sequence and correlations of top 20 key words from Aulacoseira and Melosira papers

近 40 年间有关直链藻文章中出现呈上升趋势的前 20 个关键词见图 4。这些关键词可分为以下几类:第一类与直链藻属的分类归属有关,包括“硅藻”、“硅藻”、“属”、“中心纲”和“浮游植物”;第二类与研究内容有关,包括“多样性”、“种群”、“分类”和“分布”;第三类与地理分布有关,包括“淡水”、“流域”、“北极湖泊”和“南美洲”;第四类与环境因素有关,包括“气候变化”、“气候”、“盐度”和“水深”;第五类与功能作用有关,包

括“管理”和“地球化学”。

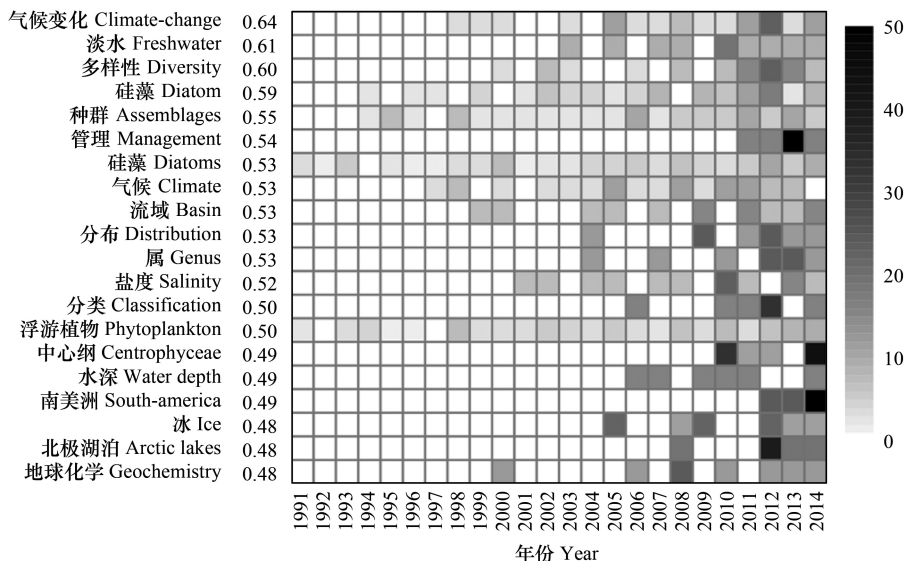


图 4 直链藻文章中呈上升趋势的前 20 个关键词

Fig.4 Top 20 key words with ascending trend in *Aulacoseira* and *Melosira* papers

近 40 年间有关直链藻文章中出现呈下降趋势的 7 个关键词和保持平稳趋势的 13 个关键词见图 5。下降趋势的 7 个关键词可分为 3 类:第一类与环境因素有关,包括“硅”和“碳酸钙”;第二类与湖泊有关,包括“液面波动”、“内伊湖”和“不分层湖”;第三类与底栖环境有关,包括“海洋沉积物”和“大型无脊椎动物”。保持平稳趋势的 13 个关键词可分为三类:第一类与环境因素有关,包括“磷”和“光”;第二类与研究内容有关,包括“古湖沼学”、“生长”、“形态学”、“生物量”、“演替”、“变异性”和“群落”;第三类与分布有关,包括“贝加尔湖”、“水”、“沉积物”和“湖泊”。

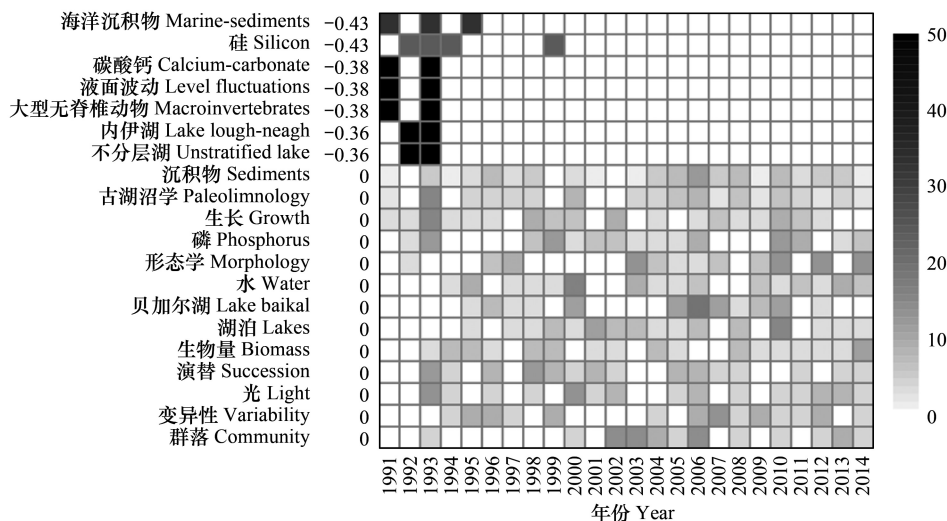


图 5 直链藻文章中呈下降和保持平稳趋势的关键词

Fig.5 The key words with descending and steady trend in *Aulacoseira* and *Melosira* papers

3 讨论

直链藻论文数的增长趋势符合科技论文数量普遍增长的大趋势^[10],这与其他研究方向的论文增长规律

也是一致的^[5,7,11-12],很可能与 SCI 期刊数的快速增长有关。但是,仅从直链藻论文数的绝对值的增长幅度来看,比浮游植物论文数的年度增幅小 70 倍^[2]。从参与直链藻论文发表的人数来看,近 40 年间单篇论文作者数稳定在 2—4 人之间,极少超过 5 人,这在一定程度上也反映出直接或间接从事直链藻研究的人员的稳定性。参考文献可以扩展论文的学术内涵,而参考文献数量可以反映论文的学术水平^[13]。20 世纪 90 年代之前,有关直链藻的研究论文少,可供参考的资料匮乏,因而单篇论文的文献数量也低。之后,虽然论文数逐年增长,但是单篇论文引用文献数增长缓慢,长期稳定在 40—55 篇,这也反映出直链藻研究水平的稳定性。然而,参考文献数与论文的被引频次之间的相关性不明显^[14]。论文的篇均被引频次是判断一篇论文质量和影响力的重要指标,被引频次越多,论文的影响力往往越大^[15]。我们所得到的直链藻论文长期较低的被引用频次则说明了此研究方向的冷门性。根据 Price 所提出的“最大引文年限”问题,文章被引用的峰值是该文章发表以后的第 2 年^[16]。而分析得到的最大篇均被引频次出现在 2000 年,这很可能跟大部分直链藻研究都是基础研究有关,基础研究的引用半衰期都较长。此外,被引频次先上升后下降的规律也表明,基础研究的引用半衰期不会无限大,存在极限值。直链藻研究的引用半衰期约为 15a。

影响因子在全球科学评价,尤其是期刊评价中的应用越来越普遍^[17-18]。学术杂志的影响因子可较公平的评价各类学术期刊,通常影响因子越大,期刊的学术影响力和作用也越大^[15]。由于直链藻研究的冷门和专业局限性,论文发表的学术期刊的影响因子普遍不高。前 20 位的期刊中,*Limnology and Oceanography* 和 *Quaternary Science Reviews* 两个期刊的影响因子较高,单篇论文的被引用数较高,这与其权威性和高关注度有关;但是,由于投稿难度较大,发表相关文章数并不多。两者相比而言,1956 年建刊的 *Limnology and Oceanography* 的单篇论文被引用数高于 1982 年建刊的 *Quaternary Science Reviews*。中等影响因子的杂志投稿难度适中,发表文章数多,而单篇被引用数居中,例如 *Hydrobiologia* 和 *Journal of Paleolimnology* 两个杂志。两者相比而言,1948 年建刊的 *Hydrobiologia* 的论文数高于 1988 年建刊的 *Journal of Paleolimnology*。虽然影响因子低的学术杂志受关注度普遍较低(发表文章数少,单篇被引用数低),但是也有像 *Diatom Research* 这样专业性极强的老牌杂志,发表论文数较多,排在第 3 位。

随着科技全球化的发展,国际合作成为科技领域不可或缺的重要支撑。Frame 和 Carpenter 提出对于国际科技合作而言,国际合著论文的形式是最为有效且直观的评价模式^[19]。作者对浮游植物研究趋势的分析发现,地理分布上的邻近关系是影响国际合作的重要因素^[2]。美国目前是全球最有创造力的国家,其在直链藻研究方面的论文数量最多,其最主要合作国家是邻近国家加拿大。然而,排名第 2 位的英国在直链藻研究方面的轴心国作用更强,其不仅跟欧洲各国保持良好的合作关系,与亚洲国家尤其是中国的合作关系更强。这应该得益于欧洲委员会推行的<欧盟水框架指令>,旨在寻求水资源保护和管理中遇到的同样问题的通用解决方案。

排名前 20 位的关键词中,“硅藻”、“浮游植物”、“水藻”、“硅藻门”和“沟链藻属”是与直链藻的分类归属相关的,这其中的几个关键词随着直链藻论文数的增长也出现上升趋势,但是这些关键词的信息性不强。但是,发现“沟链藻属”居前 20 位,而“直链藻属”被排除在外,说明研究者们更多地关注沟链藻属。沟链藻属的藻种是分布最广和最优势的硅藻之一^[20],他们也是最古老的非海洋硅藻^[21]。该属某些藻种较易在自然水体中形成优势种群,具有较好的生物指示功能^[22-25],同时得到了较多研究者的关注。从关键词反映的研究内容来看,有关直链藻的研究仍偏重于基础性研究,如直链藻“种群”的“生长”和“动态”变化,物种的“形态学”特征和新“记录”物种等。而且有关“多样性”、“种群”、“分类”和“分布”方面的研究仍然呈现明显的上升趋势。扫描电镜下的“形态学”特征观察依然是目前开展直链藻“分类”研究和发现新“记录”物种的基础和手段^[26-28],进而丰富了该属的物种“多样性”。有时“形态学”特征的变化也会作用于直链藻的“种群”“动态”特征,如 Jewson 和 Granin 在贝加尔湖的研究发现,*Aulacoseira baicalensis* 形态尺度的变化与种群密度关系紧密^[29]。“湖泊”、“沉积物”和“水”是与直链藻“分布”的介质或者研究开展的地点相关。“湖泊”的“水”体和“沉积物”中的直链藻物种组成丰富,“多样性”高,成为开展直链藻“形态学”特征、“分类”学、“种群”“动

态”、物种新“记录”和“古湖沼学”研究的重要区域^[29-33]。

“气候变化”对生物“多样性”和生物“群落”“演替”的影响是当下研究的热点^[34-36]。在“湖泊”这样的静水系统中,“浮游植物”的物候变化已经被归因于各种与“气候”相关的过程,包括热分层时间的变化,“冰”过早融化和水温升高^[37]。在“水温”适宜的条件下,水体中可利用的“磷”含量增加,有助于直链藻“生长”,藻链长度增加,这也使直链藻加速沉降至“沉积物”表层,促进了水体中营养盐的清除,可以减缓高生产力“湖泊”中营养盐再生利用的效率^[38]。“湖泊”的“水深”是影响水下可见“光”强度的重要因素,进而影响直链藻的增长速度^[39]。“水深”适宜的条件下,某些直链藻物种如颗粒直链藻因叶绿体含量丰富^[40],对低光照强度具有较强的适应性。已有研究表明,在“淡水”和“海水”交汇的河口水域,“淡水”直链藻物种也能形成优势种群^[23],这一方面说明了江河“流域”中直链藻优势的延续,另一方面反映出对“盐度”变化具有一定的适应能力。

4 结论

对近 40 年间有关直链藻的学术论文进行文献计量学分析,我们发现,每年发表论文数呈明显上升趋势,但增幅不大;单篇论文的作者数增长缓慢;发表论文的学术杂志的影响因子中等偏下,学术影响力不大。欧美发达国家对直链藻学术论文的贡献最大,在国际合作方面也处于领先地位。目前有关直链藻的研究内容仍偏重于基础性研究。淡水湖泊和江河流域是开展直链藻研究的主要区域。

参考文献 (References):

- [1] 齐雨藻,中国科学院中国孢子植物志编辑委员会. 中国淡水藻志-第四卷-硅藻门 中心纲. 北京: 科学出版社, 1995: 13-17.
- [2] Wang C, Liu Y, Li X H, Lai Z N, Tackx M, Lek S. A bibliometric analysis of scientific trends in phytoplankton research. *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology*, 2015, 51(3): 249-259.
- [3] Keiser J, Utzinger J. Trends in the core literature on tropical medicine: a bibliometric analysis from 1952-2002. *Scientometrics*, 2005, 62(3): 351-365.
- [4] Van Raan A F J. For your citations only? Hot topics in bibliometric analysis. *Measurement: Interdisciplinary Research and Perspectives*, 2005, 3(1): 50-62.
- [5] Li L L, Ding G H, Feng N, Wang M H, Ho Y S. Global stem cell research trend: bibliometric analysis as a tool for mapping of trends from 1991 to 2006. *Scientometrics*, 2009, 80(1): 39-58.
- [6] Zhuang Y H, Liu X J, Nguyen T, He Q Q, Hong S. Global remote sensing research trends during 1991-2010: a bibliometric analysis. *Scientometrics*, 2013, 96(1): 203-219.
- [7] Liao J Q, Huang Y. Global trend in aquatic ecosystem research from 1992 to 2011. *Scientometrics*, 2014, 98(2): 1203-1219.
- [8] Callon M, Courtial J P, Laville F. Co-word analysis as a tool for describing the network of interactions between basic and technological research: the case of polymer chemistry. *Scientometrics*, 1991, 22(1): 155-205.
- [9] Cheng B, Wang M H, Mørch A I, Chen N S, Kinshuk, Spector J M. Research on e-learning in the workplace 2000-2012: a bibliometric analysis of the literature. *Educational Research Review*, 2014, 11: 56-72.
- [10] Larsen P O, Von Ins M. The rate of growth in scientific publication and the decline in coverage provided by Science Citation Index. *Scientometrics*, 2010, 84(3): 575-603.
- [11] Yi H, Jie W. A bibliometric study of the trend in articles related to eutrophication published in Science Citation Index. *Scientometrics*, 2011, 89(3): 919-927.
- [12] Zhang G F, Xie S D, Ho Y S. A bibliometric analysis of world volatile organic compounds research trends. *Scientometrics*, 2010, 83(2): 477-492.
- [13] 毛大胜, 周菁菁. 参考文献数量与论文质量的关系. *中国科技期刊研究*, 2003, 14(1): 34-36.
- [14] 姜磊, 林德明. 参考文献对论文被引频次的影响研究. *科研管理*, 2015, 36(1): 121-126.
- [15] 韩婧. 生命科学领域国际合作的现状及趋势分析—以中国科学院上海生命科学研究院为例. *生命的化学*, 2015, 35(3): 457-463.
- [16] 邱瑾. 综述普赖斯对文献计量学的贡献. *群文天地*, 2010, (6): 116-116.
- [17] Palese A, Coletti S, Dante A. Publication efficiency among the higher impact factor nursing journals in 2009: a retrospective analysis. *International Journal of Nursing Studies*, 2013, 50(4): 543-551.

- [18] 金碧辉, 汪寿阳, 任胜利, 刘雅娟. 论期刊影响因子与论文学术质量的关系. 中国科技期刊研究, 2000, 11(4): 202-205.
- [19] Frame J D, Carpenter M P. International research collaboration. Social Studies of Science, 1979, 9(4): 481-497.
- [20] Buczkó K, Ognjanova-Rumenova N, Magyari E. Taxonomy, morphology and distribution of some *Aulacoseira* taxa in glacial lakes in the South Carpathian Region. Polish Botanical Journal, 2010, 55(1): 149-163.
- [21] Ambwani K, Sahni A, Kar R K, Dutta D. Oldest known non-marine diatoms (*Aulacoseira*) from the uppermost Cretaceous Deccan Intertrappean beds and Lameta Formation of India. Revue de Micropaléontologie, 2003, 46(2): 67-71.
- [22] 王超, 赖子尼, 李跃飞, 李新辉, Lek S, 洪颐, 谭细畅, 李捷. 西江颗粒直链藻种群生态特征. 生态学报, 2012, 32(15): 4793-4802.
- [23] Wang C, Li X H, Lai Z N, Tan X C, Pang S X, Yang W L. Seasonal variations of *Aulacoseira granulata* population abundance in the Pearl River Estuary. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2009, 85(4): 585-592.
- [24] Wang C, Baehr C, Lai Z N, Gao Y, Lek S, Li X H. Exploring temporal trend of morphological variability of a dominant diatom in response to environmental factors in a large subtropical river. Ecological Informatics, 2015, 29: 96-106.
- [25] Gibson C E, Anderson N J, Haworth E Y. *Aulacoseira subarctica*: taxonomy, physiology, ecology and palaeoecology. European Journal of Phycology, 2003, 38(2): 83-101.
- [26] Tremarin P I, Ludwig T A V, Torgan L C. Four new *Aulacoseira* species (Coscinodiscophyceae) from Matogrossense Pantanal, Brazil. Diatom Research, 2014, 29(2): 183-199.
- [27] Tremarin P I, Ludwig T A V, Torgan L C. Ultrastructure of *Aulacoseira brasiliensis* sp. nov. (Coscinodiscophyceae) and comparison with related species. Fottea, Olomouc, 2012, 12(2): 171-188.
- [28] Tremarin P I, Paiva R S, Ludwig T V, Torgan L C. *Aulacoseira calypsi* sp. nov. (Coscinodiscophyceae) from an Amazonian lake, northern Brazil. Phycological Research, 2013, 61(4): 292-298.
- [29] Jewson D H, Granin N G. Cyclical size change and population dynamics of a planktonic diatom, *Aulacoseira baicalensis*, in Lake Baikal. European Journal of Phycology, 2015, 50(1): 1-19.
- [30] Shear H, Nalewajko C, Bacchus H M. Some aspects of the ecology of *Melosira* spp. in Ontario Lakes. Hydrobiologia, 1976, 50(2): 173-176.
- [31] Petrova N A. Seasonality of *Melosira*-plankton of the great northern lakes. Hydrobiologia, 1986, 138(1): 65-73.
- [32] Manoylov K M, Ognjanova-Rumenova N, Stevenson R J. Morphotype variations in subfossil diatom species of *Aulacoseira* in 24 Michigan Lakes, USA. Acta Botanica Croatica, 2009, 68(2): 401-419.
- [33] Heudre D, Moreau L, Wetzel C E, Ector L. Discovery of living populations of a purported fossil diatom: *Aulacoseira scalaris* from two lakes in the Vosges Mountains (France). Cryptogamie, Algologie, 2015, 36(3): 357-368.
- [34] Lenard T, Wojciechowska W. Phytoplankton diversity and biomass during winter with and without ice cover in the context of climate change. Polish Journal of Ecology, 2013, 61(4): 739-748.
- [35] Dijkstra J A, Westerman E L, Harris L G. The effects of climate change on species composition, succession and phenology: a case study. Global Change Biology, 2011, 17(7): 2360-2369.
- [36] Morecroft M D, Masters G J, Brown V K, Clarke I P, Taylor M E, Whitehouse A T. Changing precipitation patterns alter plant community dynamics and succession in an ex-arable grassland. Functional Ecology, 2004, 18(5): 648-655.
- [37] Meis S, Thackeray S J, Jones I D. Effects of recent climate change on phytoplankton phenology in a temperate lake. Freshwater Biology, 2009, 54(9): 1888-1898.
- [38] Poister D, Kurth A, Farrell A, Gray S. Seasonality of *Aulacoseira ambigua* abundance and filament length: biogeochemical implications. Plankton & Benthos Research, 2012, 7(2): 55-63.
- [39] Lepskaya E V, Jewson D H, Usoltseva M V. *Aulacoseira subarctica* in Kurilskoye Lake, Kamchatka: a deep, oligotrophic lake and important Pacific Salmon nursery. Diatom Research, 2010, 25(2): 323-335.
- [40] Stoermer E F, Kreis R G Jr, Sicko-Goad L. A systematic, quantitative, and ecological comparison of *Melosira islandica* O. Müll. with *M. granulata* (EHR.) Ralfs from the Laurentian Great Lakes. Journal of Great Lakes Research, 1981, 7(4): 345-356.