

doi:10.7522/j.issn.1000-0240.2016.0091

Wu Xiuping, Zhang Zhenhua, Luo Xiaoyan, *et al.* A bibliometric analysis based on the ecological stoichiometry[J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2016, 38(3): 811 – 818. [吴秀平, 张振华, 罗晓燕, 等. 基于文献计量的生态化学计量学文献分析[J]. 冰川冻土, 2016, 38(3): 811 – 818.]

基于文献计量的生态化学计量学文献分析

吴秀平¹, 张振华², 罗晓燕², 吴锦奎³, 董利苹¹, 张 芬⁴

(1. 中国科学院兰州文献情报中心, 甘肃 兰州 730000; 2. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810008;

3. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所 流域水文及应用生态实验室, 甘肃 兰州 730000;

4. 兰州大学 西部环境教育部重点实验室, 甘肃 兰州 730000)

摘 要: 生态化学计量学已经成为国内外生态研究的热点问题. 作为一门新兴学科, 科技文献能够反映科学研究的发展动态和热点变化. 以 Web of Science 数据库为数据源, 利用专业数据分析工具 TDA (Thomson Data Analyzer) 和 Ucinet 工具, 对所有年份生态化学计量学研究相关的论文进行计量挖掘分析. 结果表明: 2000 年以来发文量呈现直线上升趋势, 且发文量较多的期刊多集中在一区、二区期刊; 研究涉及多个学科领域, 主要集中在环境科学与生态学、海洋与淡水生物两个学科方向. 美国、德国、中国、加拿大等国家在生态化学计量学开展的研究最多, 美国的亚利桑那州立大学、中国的中科院是开展研究最多的机构. 国际该领域的研究热点集中在不同营养级、植物不同部位(如叶片)之间的碳、氮、磷的计量关系以及植物个体生长发育、种群增长、群落生态和生态过程的联系, 尤其是对森林、草地和湿地生态系统的植物、土壤的元素计量特征.

关键词: 生态化学计量学; Web of Science 数据库; 文献计量; 态势分析

中图分类号: G250.252/Q143 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-0240(2016)03-0811-08

0 引言

生态化学计量学(ecological stoichiometry)是分析多重化学元素的质量平衡对生态交互作用影响的一种理论^[1], 从元素比例角度把不同层次的研究结果统一起来. 因此, 化学计量关系可以从分子到生态系统的各层次进行有机联系起来^[2-4], 成为生态学研究的主要方法和热点方向^[5]. 生态化学计量学结合生物学、化学和物理学的基本原理, 利用生态过程中多重化学元素的平衡关系, 为研究碳、氮、磷等元素在生态系统过程中的耦合关系提供了一种综合方法和工具^[6].

自从 2000 年 Elser 等^[1]明确提出生态化学计量学的概念以来, 在验证不同生态系统是否存在恒定的生态化学计量学特征^[7]、生态系统限制养分的判断^[8]以及 C : N : P 与生物生长率的关系^[9]等方面开展了大量的研究. 2004 年著名生态学杂志

《Ecology》(85 卷第 1 177 页)和 2005 年《Oikos》(109 卷第 3 页)分别出版了“Ecological stoichiometry”专辑, 介绍欧美等多个国家的有关研究小组的最新研究进展, 这促使生态化学计量学这一新兴学科受到科学家更广泛的关注. 生态化学计量学的应用范围广泛, 从具有较强均一性的水生生态系统研究扩展到具有较大空间异质性的陆地生态系统研究; 此外, 其研究的对象也从水生的植物、动物研究扩展到陆地的植物、食物网和元素在食物链中的计量变化^[2, 10-14]. 在国内也有多位学者从不同的侧面对生态化学计量学的研究进展进行综述^[6, 15-20], 使得国内生态化学计量学的研究迅速发展, 并向生态学的各个方面渗透, 扩展到不同生态类型. 本文通过文献计量的方法对生态化学计量学研究进行统计分析和内容挖掘, 分析该领域的发展现状和态势, 捕捉国际范围内该领域的前沿和研究热点.

收稿日期: 2016-03-20; 修订日期: 2016-05-08

基金项目: 中国科学院西部之光博士项目(Y30021001); 中央高校业务经费项目(1zujbky-2014-114)资助

作者简介: 吴秀平(1983-), 女, 山东泰安人, 助理研究员, 2012年在兰州大学获得博士学位, 现从事生态学及生态经济相关学科的情报分析研究. E-mail: wuxp@llas.ac.cn.

文献计量学是借助文献的各种特征的数量,采用数学与统计学方法来描述、评价和预测科学技术的现状与发展趋势的图书情报学分支学科^[21].作为一个成熟的工具已经广泛应用于各个学科,近几年开始有学者将此方法应用于生态学研究领域^[22-24].从进入21世纪以后,国际上发表了大量的生态化学计量学方面的科研文献.美国科学信息研究所的科学引文索引扩展版(SCIE)数据库收录了世界各学科领域内最优秀的科技期刊,其收录的论文能在一定程度上及时反映科学前沿的发展动态^[22].检索1990-2014年间SCIE中关于生态化学计量学研究的国际论文,利用美国Thomson科技公司开发的Thomson Data Analyzer(TDA)分析工具对文献进行数据挖掘,对国际生态化学计量学研究的热点与发展态势分析.

1 国际生态化学计量学研究论文的概况

1.1 论文年际变化及影响力分析

在SCIE文献数据库中(<http://apps.isiknowledge.com>),以“ecological stoichiometry” or “stoichiometric ecology” or “N: P stoichiometry” or “C: N stoichiometry”为主题词,检索1990-2014年 article/proceeding paper/review/letter 类型的文章,得到关于生态化学计量学研究的论文共711篇(数据库更新时间2015年1月20日),其中 article 占90%, review 占7%, proceedings paper 和 letter 占3%.这些文章中,只有一篇为法文文章,其他均为英文文章.

科学文献是记录科研成果的重要形式,对某一学科论文发表年份进行统计就可以从时间上了解该学科的发展历程.从图1可见,从1990-2014年,关于生态化学计量学的论文逐年增加.其中

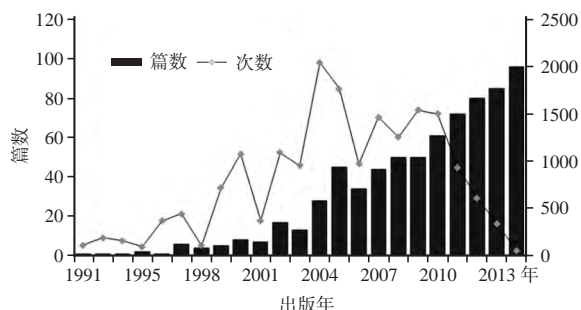


图1 生态化学计量学研究SCIE索引的论文数和总被引频次年度分布

Fig. 1 Annual variations of number and total cited times of ecological stoichiometry research papers (SCIE index)

1990-2000年关于生态化学计量学的文章发文不是很多,但是在这10a里面发文章也是呈增加趋势变化;2000年之后,有关生态化学计量学的研究论文数量明显的呈现上升趋势变化,尤其是最近10a这方面的研究仍然是处于上升趋势变化.在研究论文的被引频次方面,2002-2011年发表的论文被大量引用,这10a的总被引频次占全部被引频次的74.3%.其中,2004年发表相关论文28篇,论文的总被引频次最高为2046次,平均被引次数在78次以上.

图2显示的是生态化学计量学研究论文的年均被引用次数和每年H指数^[25].1990-2000年篇均被引次数过50次的年份比较多,主要原因是在这些年份中每年的发文基数总量较少(文章数量均在10篇以下).从2000年之后篇均引用次数和H指数均先增加趋势而后呈现下降趋势变化,变化模式几乎一致,篇均被引次数最高发生在2003年和2004年,篇均被引频次均>73.H指数反映有N篇论文的被引次数至少被引用N次.2002-2011年的H指数相对较高,表明在这些年份论文无论是发文章还是论文被引次数都是较高,即SCIE索引的生态化学计量学研究高被引论文主要也是集中在这个时段.

1.2 来源期刊分析

通过对某领域研究论文所在期刊的分布进行分析,可以确定该领域的核心期刊,为读者提供相关指导,并指导作者投稿,同时也为该领域研究者对该领域相关文献的搜集和管理提供一定的依据^[26].

如图3所示,列出了1991-2014年中,在Web of Science数据库中收录生态化学计量学研究相关研究论文较多的TOP10个期刊为:《Ecology Letters》《Freshwater Biology》《Ecology》《Oecology》

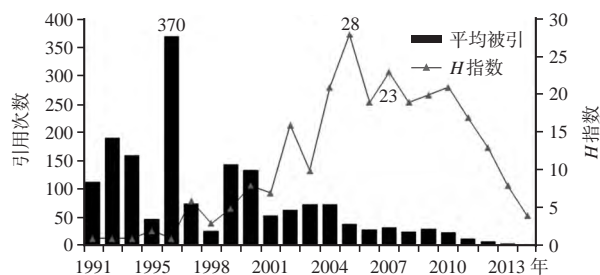


图2 生态化学计量学研究SCIE索引论文篇均引用次数和H指数分布

Fig. 2 Annual variations of cited times per paper and H-index of the ecological stoichiometry research (SCIE Index)

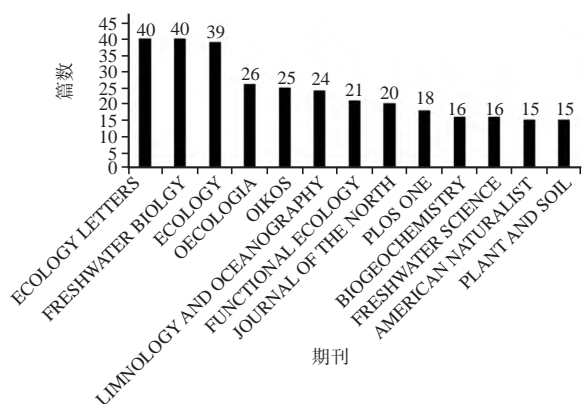


图3 Web of Science 数据库中发表生态化学计量学研究相关论文最多的期刊

Fig. 3 Journals, on which most ecological stoichiometry papers published, based on Web of Science databases

《Oikos》《Limnology and Oceanography》《Functional Ecology》《Journal of the North American Society》《Plos One》《Biogeochemistry》《Freshwater Science》《American Naturalist》《Plant and Soil》。TOP10 期刊的载文量为 315 篇，累计百分比占全部论文总量的 44%，构成了生态化学计量学研究论文分布的核心期刊。按照中科院分区表 2014 版小类学科领域进行分区，其中期刊《Ecology Letters》小类属于生态学，位居 1 区期刊，影响因子为 13.042；《Freshwater Biology》小类属于海洋与淡水生物学，位居二区刊物，影响因子为 2.905；《Ecology》小类属于生态学，位居 2 区刊物，影响因子为 5；这三个期刊载文量最多，遥领先于其他期刊。鉴于以上结果，建议科研人员进行有关生态化学计量学相关研究时，可以关注上述期刊，也可以在工作中一上述期刊作为自己的投稿方向，发表自己的观点，与更多的同行一起交流。

2 生态化学计量学国际研究力量对比

2.1 主要研究国家影响力及合作分析

按照全部作者统计，在 1990 - 2014 年中，Web of Science 数据库中生态化学计量学研究文献前十位的国家是：美国、德国、中国、加拿大、英国、澳大利亚、西班牙、瑞典、法国、日本。从表 1 中可以看到美国的发文量居全球之首，总计 363 篇生态化学计量学研究论文有美国的参与，大约占全部论文的 51%，在该领域占据主导地位。在发文量前十的国家中，美国、加拿大、英国、德国、瑞典的论文总被引频次较高，均超过了 1 000 次，其中美国的总被引频次最高，遥遥领先于其

他国家；美国、英国、瑞典、加拿大、日本篇均被引用频次相对较高。从总被引次数、篇均被引用次数指标综合来看，美国、英国、加拿大在生态化学计量学研究论文的综合影响力较高。中国虽然在发文量指标上有一定的优势：发文量 69 篇，排在第 3 位。但是总被引频次、篇均被引频次指标均处于劣势。

图 4 给出主要国家(TOP10)的合作研究(基于作者共现)情况，圆球的数量表示发文的数量，不同的颜色代表不同的国家。从图中可以看出，主要研究国家之间的合作开展很密切，但是也不乏独立开展研究。其中，美国不仅在发文量上占据优势，而且与其他国家的合作也甚是密切。在合作国

表 1 Web of Science 数据库中各主要国家生态化学计量学研究发文变化

Table 1 Information of the published papers on ecological stoichiometry of major countries, based on Web of Science databases

序号	国家	发文量	总被引次数	篇均被引次数
1	美国	363	12 181	33.56
2	德国	73	1 522	20.85
3	中国	69	399	5.78
4	加拿大	59	1 669	28.29
5	英国	52	1 531	29.44
6	澳大利亚	39	845	21.67
7	西班牙	39	725	18.59
8	瑞典	38	1 080	28.42
9	法国	37	625	16.89
10	日本	36	835	23.19

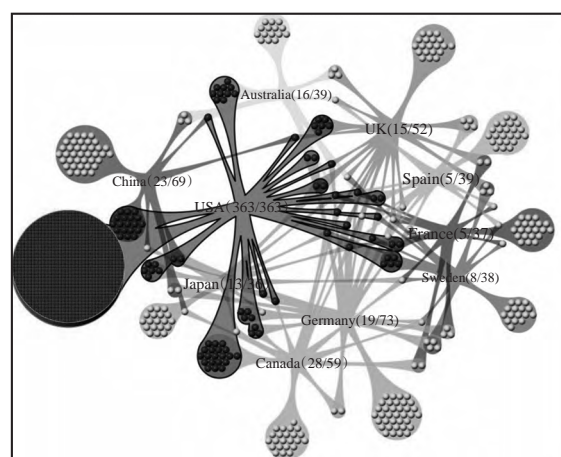


图 4 主要国家研究合作情况

Fig. 4 Cooperation of the main research countries

中,美国与加拿大、中国、日本、澳大利亚、英国的合作最为密切.中国在这方面的研究发文与英国的合作研究最为密切,其次是德国、澳大利亚、加拿大、英国.

2.2 主要研究机构分析

在机构层面,按照第一作者所在机构的发文量进行统计分析.从表2中所统计的数据看,在生态化学计量学领域,主要的发文国家还是集中在美国和中国;其次为瑞士、加拿大、法国和日本.从发文量来看,第一作者发文量最多的机构是美国的亚利桑那州立大学,其次为中国的中国科学院.按照总被引频次统计,亚利桑那州立大学的总被引频次遥遥领先于其他机构;其次为苏黎世联邦理工学院.从总发文量的篇均被引频次来看,中国在生态化学计量学方面研究论文的篇均被引频次最低.说明我们国家尽管在发文量上处于前列,但是国际的影响力尚缺乏,这可能与我国在生态化学计量学方面的研究起步晚有关.

3 研究主题与热点

3.1 学科领域分布

根据SCIE数据库对期刊进行的学科分类,分别分析生态化学计量学相关的研究论文共涉及36个学科类别,表明生态化学计量学已经成为一个多学科交叉领域的研究.图5给出主要的学科领域研究的分布情况,涉及环境科学与生态学、海洋与淡水生物学、海洋地理学、植物科学、地质学、科学与技术、农业、演化植物学、生命科学

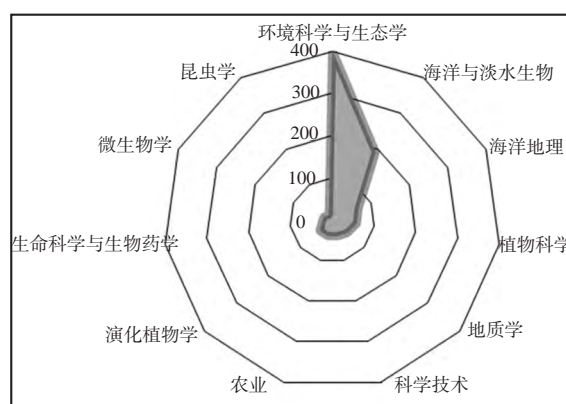


图5 生态化学计量学的学科领域分布

Fig. 5 The major research areas of ecological stoichiometry

与生物药理学、微生物学和昆虫学,这10个主要领域占据了88.68%的学科领域比例.

3.2 热点研究方向

对生态化学计量学热点领域的研究分析,主要是基于对全部论文关键词词频进行分析.关键词是制作使用索引时,所用到的词汇,通过分析关键词的变化可以全面把握该学科发展的动态过程、特点和规律.通过分析关键词之间的亲疏关系,进而分析这些词所代表的学科或主体的研究重点^[26].采用TDA软件获得关于国际生态化学计量学研究的TOP关键词共现矩阵,然后用Ucinet和Netdraw可视化软件进行可视化分析,展现关键词共现网络(图6),连线代表关键词的贡献关系.利用关键词可视化图可以直观反映该领域的研究热点.从发表的SCI关于生态化学计量学研究论文的可视化图来看,研究主要集中在元素生态计量学(C: N、C: N: P、

表2 Web of Science 数据库中生态化学计量学研究论文发文前十的机构被引情况(按发文量排序)

Table 2 The major institutes on ecological stoichiometry research, of which the number of cited papers ranking in the top ten, based on Web of Science databases

机构(第一作)	发文量	国家	总被引次数	篇均被引
亚利桑那州立大学	36	美国	2 467	68.53
中科院	32	中国	137	4.28
明尼苏达大学	15	美国	460	30.67
苏黎世联邦理工学院	13	瑞士	622	47.85
康奈尔大学	12	美国	494	41.17
加拿大特伦特大学	12	加拿大	224	18.67
加利福尼亚州立大学	11	美国	273	24.82
巴黎圣母院大学	10	法国	426	42.60
东北大学	9	日本	59	6.56
马里兰大学	9	美国	129	14.33

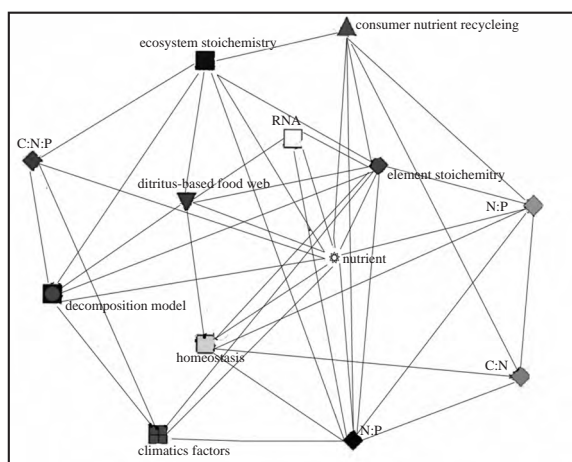


图6 生态化学计量学研究的主题关系图谱

Fig. 6 The researchful topic relationship of ecological stoichiometry

C: P、N: P)、生态统计化学、营养限制的食物流传递与反馈、消费者营养再循环、与气候变化之间的关系、营养物质分解模型研究、元素间动态平衡、基因计量学研究等。

3.3 国际高被引论文

被引频次代表了论文观点被学术圈认可的程度, 高被引频次能够客观地反映该论文的学术影响力以及在学术交流中的作用和地位, 当前高被引论文成为国际上普遍采用的科研水平的评价标准^[27]。从分析结果来看, 1991 - 2014年关于生态化学计量学研究论文中有66篇文章被引用超过66次, 即H指数为66。

表3给出了生态化学计量学的高被引论文

(TOP10)情况。从发文作者来看, 高被引论文被引频次及第一作者发文较多是Elser J J在高被引TOP10论文中发文4篇, 其中2000年的发文被引用频次排名第一; 从机构角度看, 亚利桑那州立大学的TOP论文数量及发文影响力最高, 其次为普林斯顿大学; 从发文年度来看, 高被引论文时间跨度9年(1996 - 2004年), 主要分布在2004年(3篇)、2000年(2篇)、1999年(2篇)。从研究内容来看, 研究集中在生态系统、个体、种群、群落生态过程中化学元素的比例关系, 目前主要集中在C、N、P元素的计量关系。第一, 被引频次最高的论文研究内容集中在不同生态系统的类型之间的趋同与分异。比如, 对全球陆生植物及无脊椎食草动物的研究^[4], 表明尽管陆生环境和淡水湖泊环境有着巨大的差异, 但是陆生植物和无脊椎食草动物具有相近的N: P比率。其次为种内不同发育阶段之间, 对C、N、P等多种元素要求的差异, 比如植物和养分之间的错配可能影响生态学的各个过程, 比如个体生长。第三, 土壤中及不同生物群落的元素比例研究, 比如森林生态系统的C: N: P比值在不同掩体阶段的含量研究。

4 结论

生态化学计量学研究从21世纪初开始受到重视并迅猛发展, 成为环境生态学领域研究的热点。利用文献计量分析工具和社会网络图谱工具, 以Web of Science数据库为数据源, 发现该领域发表

表3 高被引论文前10篇文章

Table 3 The top 10 cited papers of ecological stoichiometry research

第一作者	机构	题目	年份	被引频次
Elser J J	亚利桑那州立大学	Nutritional constraints in terrestrial and freshwater food webs	2000年	479
Gusewell S	瑞士联邦理工学院	N:P ratios in terrestrial plants: variation and functional significance	2004年	437
Elser J J	亚利桑那州立大学	Organism size, life history, and N:P stoichiometry	1996年	370
Elser J J	亚利桑那州立大学	Biological stoichiometry from genes to ecosystems	2000年	323
Gillooly J F	新墨西哥大学	Effects of size and temperature on developmental time	2002年	319
Klausmeier C A	普林斯顿大学	Optimal nitrogen-to-phosphorus stoichiometry of phytoplankton	2004年	283
Cleveland C C	科罗拉多大学	C:N:P stoichiometry in soil: is there a "Redfield ratio" for the microbial biomass?	2007年	277
Elser J J	亚利桑那州立大学	The stoichiometry of consumer-driven nutrient recycling: Theory, observations, and consequences	1999年	277
Bedford B L	康奈尔大学	Patterns in nutrient availability and plant diversity of temperate North American wetlands	1999年	263
McGroddy M E	普林斯顿大学	Scaling of C : N : P stoichiometry in forests worldwide: Implications of terrestrial redfield-type ratios	2004年	251

的相关论文量自2000年以来处于直线增长趋势,且发表刊物的影响因子和分区相对较高,其中期刊*Ecology letters*为该领域的热门期刊.通过文献计量分析,发现生态化学计量学研究发表文献前十位的国家分别是:美国、德国、中国、加拿大、英国、澳大利亚、西班牙、瑞典、法国、日本.其中美国在发文量、总被引频次、篇均被引用均领先于其他国家.中国虽发文量居世界前列,但是论文的影响力却处于劣势.此外,各国家之间的合作研究密切,但也不乏独立开展研究.从发文机构看,第一作者发文量最多的机构是美国的亚利桑那州立大学,其次为中国的中国科学院.按照总被引频次统计,亚利桑那州立大学的总被引频次遥遥领先于其他机构;其次为苏黎世联邦理工学院的被引次数处于第二.从篇均被引频次来看,中国发文中篇均被引频次最低,这可能与我国在生态化学计量学方面的研究起步晚有关系.

生态化学计量学研究是一个多学科交叉的领域,所发表的文献学科分布广泛.涉及环境科学与生态学、海洋与淡水生物学、海洋地理学、植物科学、地质学、科学与技术、农业、演化植物学、生命科学与生物药理学、微生物学和昆虫学等.研究主要集中在元素生态计量学(C: N、C: N: P、C: P、N: P)、生态系统计量化学、营养限制的食物链传递与反馈、消费者营养再循环、与气候变化之间的关系、营养物质分解模型研究、元素间动态平衡、基因计量学研究等.从文献计量角度的分析结果也表明,在众多生态化学计量学的研究中,目前对生物组成的其它元素是否存在相对稳定的计量关系研究甚少,但从生态化学计量学角度,对其它化学元素的探索是必要的,特别是硫的作用.

参考文献(References):

- [1] Elser J J, Sterner R W, Gorokhova E, *et al.* Biological stoichiometry from genes to ecosystems [J]. *Ecology Letters*, 2000, 3(6): 540 – 550.
- [2] Hessen D O, Elser J J. Elements of ecology and evolution [J]. *Oikos*, 2005, 109(1): 3 – 5.
- [3] Hessen D O, Elser J J, Sterner R W, *et al.* Ecological stoichiometry: an elementary approach using basic principles [J]. *Limnology and Oceanography*, 2013, 58(6): 2219 – 2236.
- [4] Hillebrand H, Borer E T, Bracken M E S, *et al.* Herbivore metabolism and stoichiometry each constrain herbivory at different organizational scales across ecosystems [J]. *Ecology Letters*, 2009, 12(6): 516 – 527.
- [5] Vitousek P M, Sterner R W, Elser J J. Ecological Stoichiometry: The biology of elements from molecules to the biosphere [M]. Princeton: Princeton University Press, 2002.
- [6] He Jinsheng, Han Xingguo. Ecological stoichiometry: Searching for unifying principles from individuals to ecosystems [J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 2010, 34(1): 2 – 6. [贺金生, 韩兴国. 生态化学计量学: 探索从个体到生态系统的统一化理论 [J]. *植物生态学报*, 2010, 34(1): 2 – 6.]
- [7] Elser J J, Fagan W F, Denno R F, *et al.* Nutritional constraints in terrestrial and freshwater food webs [J]. *Nature*, 2000, 408(6812): 578 – 580.
- [8] Koerselman W, Meuleman A F M. The vegetation N: P ratio: a new tool to detect the nature of nutrient limitation [J]. *Journal of applied Ecology*, 1996: 1441 – 1450.
- [9] Matzek V, Vitousek P M. N: P stoichiometry and protein: RNA ratios in vascular plants: an evaluation of the growth-rate hypothesis [J]. *Ecology Letters*, 2009, 12(8): 765 – 771.
- [10] Luo Yayong, Meng Qingtao, Zhang Jinghui, *et al.* Species diversity and biomass in relation to soil properties of alpine meadows in the eastern Tibetan Plateau in different degradation stages [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2014, 36(5): 1298 – 1305. [罗亚勇, 孟庆涛, 张静辉, 等. 青藏高原东缘高寒草甸退化过程中植物群落物种多样性、生产力与土壤特性的关系 [J]. *冰川冻土*, 2014, 36(5): 1298 – 1305.]
- [11] Peace A, Zhao Yuqin, Loladze I, *et al.* A stoichiometric producer grazer model incorporating the effects of excess food-nutrient content on consumer dynamics [J]. *Mathematical Biosciences*, 2013, 244(2): 107 – 115.
- [12] Yang Shuli, Gao Xianliang, Chen Litong, *et al.* Variations in leaf functional traits of *Sabina przewalskii* near the alpine timberline in Qaidam Basin, Qinghai [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2015, 37(1): 80 – 86. [杨淑丽, 高贤良, 陈立同, 等. 青海柴达木盆地林线附近祁连山圆柏叶片功能性状的变化特征 [J]. *冰川冻土*, 2015, 37(1): 80 – 86.]
- [13] Reich P B. The world wide fast slow plant economics spectrum: a traits manifesto [J]. *Journal of Ecology*, 2014, 102(2): 275 – 301.
- [14] Chang Zongqiang, Ma Yali, Liu Wei, *et al.* Effect of soil freezing and thawing on the carbon and nitrogen in forest soil in the Qilian Mountains [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2014, 36(1): 200 – 206. [常宗强, 马亚丽, 刘蔚, 等. 土壤冻融过程对祁连山森林土壤碳氮的影响 [J]. *冰川冻土*, 2014, 36(1): 200 – 206.]
- [15] Zhang Lixia, Bai Yongfei, Han Xingguo. Application of N: P stoichiometry to ecology studies [J]. *Acta Botanica Sinica*, 2003, 45(9): 1009 – 1018.
- [16] Zeng Dehui, Chen Guangsheng. Ecological stoichiometry: a science to explore the complicity of living systems [J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 2005, 29(6): 1007 – 1019. [曾德慧, 陈广生. 生态化学计量学: 复杂生命系统奥秘的探索 [J]. *植物生态学报*, 2005, 29(6): 1007 – 1019.]

- [17] Wang Shaoqiang, Yu Guirui. Ecological stoichiometry characteristics of ecosystem carbon, nitrogen and phosphorus elements [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(8): 3937-3947. [王绍强, 于贵瑞. 生态系统碳氮磷元素的生态化学计量学特征[J]. *生态学报*, 2008, 28(8): 3937-3947.]
- [18] Cheng Bin, Zhao Yongjun, Zhang Wenguang, *et al.* The research advances and prospect of ecological stoichiometry [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(6): 1628-1637. [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.]
- [19] Yang Huimin, Wang Dongmei. Advances in the study on ecological stoichiometry in grass-environment system and its response to environmental factors [J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2011, 20(2): 244-252. [杨惠敏, 王冬梅. 草-环境系统植物碳氮磷生态化学计量学及其对环境因子的响应研究进展[J]. *草业学报*, 2011, 20(2): 244-252.]
- [20] Zeng Dongping, Jiang Liling, Zeng Congsheng, *et al.* Reviews on the ecological stoichiometry characteristics and its applications [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2013, 33(18): 5484-5492. [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.]
- [21] Pang Jinan. *Scientometrics research methodology* [M]. Beijing: Science and Technology Literature Publishing House, 2002. [庞景安. *科学计量研究方法论* [M]. 北京: 科学技术文献出版社, 2002.]
- [22] Wang Xuemei, Qu Jiansheng, Li Yanmei, *et al.* Analysis on situation and tendency of international biodiversity research [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(4): 1066-1073. [王雪梅, 曲建升, 李延梅, 等. 生物多样性国际研究态势分析[J]. *生态学报*, 2010, 30(4): 1066-1073.]
- [23] Zhang Yongming, Zhao Shidong. The condition and trends of the world's ecosystem services [J]. *Advances in Earth Science*, 2007, 22(4): 403-409. [张永民, 赵士洞. 全球生态系统的状况与趋势[J]. *地球科学进展*, 2007, 22(4): 403-409.]
- [24] Ning Baoying, Zhang Zhiqiang, He Yuanqing. Development of the research emphasis and main disciplines about the Heihe River basin reviewed through bibliometrics analysis [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2013, 35(2): 504-512. [宁宝英, 张志强, 何元庆. 基于文献统计的黑河流域研究重点和热点学科演变分析[J]. *冰川冻土*, 2013, 35(2): 504-512.]
- [25] Hirsch J E. An index to quantify an individual's scientific research output [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2005, 102(46): 16569-16572.
- [26] Qiu Junping, Wang Mingzhi. The analysis of the digital library research paper in China from the years of 1999 to 2008 [J]. *Journal of Intelligence*, 2010, 29(2): 1-5. [邱均平, 王明芝. 1999-2008年国内数字图书馆研究论文的计量分析[J]. *情报杂志*, 2010, 29(2): 1-5.]
- [27] Zhang Jianhe, Ren Changjiang. Analysis of features of highly cited papers in Chinese Journal of Scientific and Technical Periodical [J]. *Chinese Journal of Scientific and Technical Periodicals*, 2011, 22(2): 207-210. [张建合, 任长江. 《中国科技期刊研究》高被引论文特征分析[J]. *中国科技期刊研究*, 2011, 22(2): 207-210.]

A bibliometric analysis based on the ecological stoichiometry

WU Xiuping¹, ZHANG Zhenhua², LUO Xiaoyan², WU Jinkui³, DONG Liping¹, ZHANG Fen⁴

(1. Lanzhou literature and information Center of Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China; 2. Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008, China; 3. Laboratory of Watershed and Ecology, Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China; 4. MOE Key Laboratory of Western China's Environmental Systems, Lanzhou University, Lanzhou 73000, China)

Abstract: Ecological stoichiometry has become a research hotspot in the ecology research area. As an emerging discipline, science and technology literature can reflect the development of scientific research and hot spots. Choosing the Web of Science database as the data sources, the professional data analysis tools, such as the TDA (Thomson Data Analyzer) and the Ucinet tool, were used for measure mining analysis on the papers about ecological stoichiometry for all years. The results show that the number of published papers has linearly increased since 2000 and the journals which have published more relevant papers concentrated in the journals in areas one and two. The researches involve multiple disciplines, mainly concentrating in environmental sciences and ecology, marine and freshwater organisms. The United States, Germany, China, Canada and other countries have published many papers in ecological stoichiometry study. Arizona State University and Chinese Academy of Sciences are the major research institutions. The international research hotspot is now focused on the measurement relationship of carbon, nitrogen, phosphorus at different trophic levels, and element content of different parts of plant (such as leave) and plant growth, development of individuals, population growth, community ecology and ecological processes, especially the metrological characteristics of forest, grassland and wetland ecosystem of plants and soil elements.

Key words: ecological stoichiometry; Web of Science database; bibliometric analysis; process and trends