

基于 SCI-E 的我国蕨类植物研究进展分析

严欢欢, 肖娟, 梁永书, 南文斌, 杨永清 (重庆师范大学生命科学学院, 植物环境适应分子生物学重庆市重点实验室, 重庆 401331)

摘要 分析了 Web of Science (SCI-E) 数据库中我国蕨类植物相关研究的文献数据, 结果表明: 蕨类植物研究累计发文量呈指数增长趋势, 发文最多的机构为中国科学院, 占比高达 52.897%; 发文最多的作者为中科院植物所的张宪春研究员, 发文占比高达 6.297%; 发文量最多的期刊为《AMERICAN FERN JOURNAL》, 发文占比 3.778%。研究热点主要集中在蕨类植物对污染物的吸收及其机理研究、蕨类植物分子系统发生与分类两方面。

关键词 蕨类植物; 文献计量分析; Web of Science; Citespace

中图分类号 S126 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2016)09-280-04

Research Progress of Ferns in China Based on SCI-E Database

YAN Huan-huan, XIAO Juan, LIANG Yong-shu et al (School of Life Sciences, Chongqing Normal University, Chongqing Key Laboratory of Molecular Biology of Plant Environmental Adaptations, Chongqing 401331)

Abstract Researches on fern was evaluated based on bibliometric analysis by retrieving articles from Web of Science (SCI-E). The results showed that accumulative publications of fern exhibited a trend of exponential growth. Chinese Academy of Sciences exceeded all other institutes in research production, with the proportion of 52.897% of total articles. The most productive author was Zhang XC (from Chinese Academy of Sciences, Institute of Botany), who contributed 6.297% of total publications. American Fern Journal was the predominant journal that published 3.778% of total articles. Researches on mechanism of pollutants accumulation, molecular phylogeny and classification were the mainly two research hotspots.

Key words Fern; Bibliometric analysis; Web of Science; Citespace

蕨类植物是植物界的 6 大门类之一, 其分类地位介于苔藓植物和种子植物之间。我国蕨类植物资源丰富, 达 2 600 多种^[1], 占世界现代蕨类物种数(约 12 000 多种)的 1/5 强。蕨类植物是生态系统的重要组成部分, 在生物多样性与生态系统稳定性的维持方面具有重要功能; 同时, 其作为一个古老的类群, 在研究物种起源、进化与分类方面亦极具价值; 此外, 其在环境治理、生态修复、食用、药用和景观园林等方面亦有广泛应用。文献计量学是对文献进行定量分析的科学, 被公认为能定量测度基础科学活动、学科布局和学科发展动态的重要方法, 已经被广泛应用于各学科的分析, 从宏观上把握科学研究的方向。因此, 总结和归纳相关研究文献, 对客观全面把握蕨类植物研究的热点和前沿具有十分重要的意义。近年来, 文献计量学的新方法特别是信息可视化手段不断完善, 其中, 陈超美^[2]开发的基于 JAVA 平台的 CiteSpace 软件, 在检测科学文献中出现的科学前沿、热点、趋势和动向的各种模式方面具有独到之处, 正成为科学计量学普遍应用的新手段。目前, 在蕨类植物的起源、系统发育、分子系统、细胞分类、区系地理、繁殖培养等方面, 已有不少专题综述发表^[2-8], 但从文献计量学角度, 特别是利用信息可视化手段, 从宏观层面对我国蕨类植物研究的综述还未见报道。笔者运用文献计量学的方法, 从文献数量、年代分布、研究学科分布、研究机构、核心作者和期刊刊源分布等方面着手, 并借助 CiteSpace 可视化软件分析国内外蕨类植物研究现状及热点, 揭示其研究发展趋势。

1 文献采集与信息处理

在 Web of Science (WOS, SCI-E) 数据库中, 为了全面准

确地检索到我国蕨类植物研究的相关论文, 以主题为: “Fern” “Pteridophyte” “Lycopod” “Lycophyte” 以及中国植物志中包含的蕨类植物 39 科的科名, 中间以“OR”为布尔逻辑符, 地址为“China”进行检索, 共获得文献 794 篇。检索时间为 2015 年 10 月 30 日。在泛读的基础上对相关数据进行核对, 并借助 CiteSpace 可视化软件绘制科学知识图谱(该研究所用版本为 CiteSpace III 4.0 R1), 分析文献的特征, 总结研究的热点和前沿问题。

2 结果与分析

2.1 蕨类植物研究文献年代分布 蕨类植物相关研究的文献量及年代分布见图 1。在 SCI-E 数据库中, 最早的相关文献发表于 1983 年, 1983~1996 年发文量时断时续, 年发文量都没有超过 3 篇, 直到 1996 年之后, 才每年维持一定的发文量, 且年发文量缓慢上升, 2004 年后, 发文量呈直线上升, 2012 年达历史最高水平, 发文 86 篇, 尽管 2013 年略有下降, 但 2014 年亦高达 81 篇, 到目前为止, 2015 年也已经可以检索到 74 篇。累计发文量呈显著的指数增长趋势 ($R^2 = 0.9923$), 亦反映蕨类植物研究不断受到重视。

2.2 蕨类植物研究的科研机构 and 核心作者 表 1 列举了蕨类植物研究发文量超过 10 篇的科研机构。由表 1 可知, 中国科学院发文量遥遥领先于其他机构, 占总发文量的 52.897%, 超过其他所有机构的总和; 一些综合性大学(北京大学、云南大学、中山大学、中国科学院大学、武汉大学、南京大学、中国科技大学和浙江大学等)和师范大学(上海师范大学、重庆师范大学、哈尔滨师范大学和云南师范大学等)在蕨类植物研究方面亦有不俗表现; 此外, 华中农业大学、中国医科大学和中国矿业大学等发文量亦较多, 除中国大陆的科研机构外, 密苏里植物园、“中央研究院”(中国台湾)、英国自然历史博物馆、佛罗里达大学和香港浸会大学等机构发文或

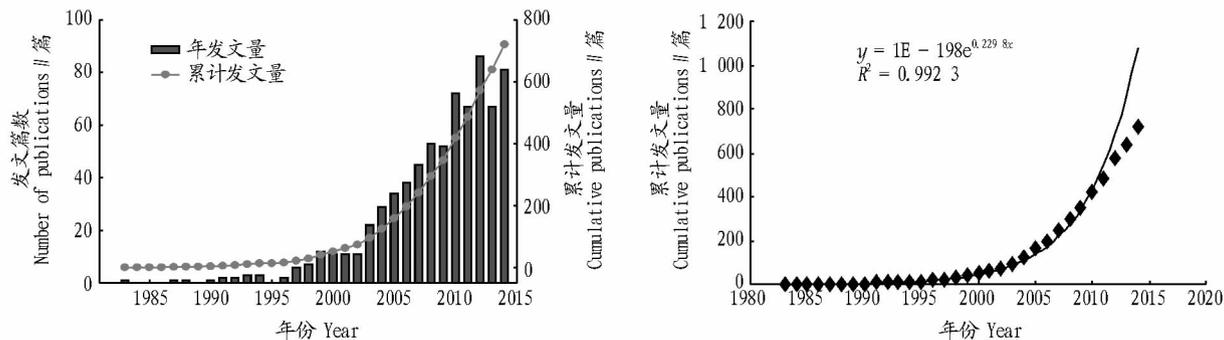


图1 SCI-E 中蕨类植物研究文献的年代分布

Fig. 1 Yearly distribution of publications on fern in SCI-E

表1 SCI-E 中我国蕨类植物研究发文章前20名的机构

Table 1 Top 20 institutions producing publications on fern

排名 Rank	机构 Institute	文献数量 Publication number	比例 Percentage %
1	CHINESE ACAD SCI	420	52.897
2	PEKING UNIV	40	5.038
3	YUNNAN UNIV	39	4.912
4	MISSOURI BOT GARDEN	37	4.660
5	SUN YAT SEN UNIV	27	3.401
5	UNIV CHINESE ACAD SCI	27	3.401
7	ACAD SINICA	25	3.149
8	NAT HIST MUSEUM	23	2.897
9	UNIV FLORIDA	22	2.771
9	WUHAN UNIV	22	2.771
11	HONG KONG BAPTIST UNIV	20	2.519
12	SHANGHAI NORMAL UNIV	19	2.393
12	CHONGQING NORMAL UNIV	14	1.763
14	HUAZHONG AGR UNIV	13	1.637
14	NANJING UNIV	13	1.637
16	CHINA UNIV GEOSCI	12	1.511
16	HARBIN NORMAL UNIV	12	1.511
16	UNI SCI TECHNOL CHINA	12	1.511
19	CHINA MED UNIV	11	1.385
20	CHINA UNIV MIN TECHNOL	10	1.259
20	YUNNAN NORMAL UNI	10	1.259
20	ZHEJIANG UNIV	10	1.259

表2 SCI-E 中我国蕨类植物研究核心作者前15名

Table 2 Top 15 core authors publishing article on fern in SCI-E

排名 Rank	作者 Author	机构 Institute	文献数量 Publication number	比例 Percentage // %
1	ZHANG XC	CHINESE ACAD SCI, INST BOT	50	6.297
2	ZHANG LB	CHINESE ACAD SCI, CHENGDU INST BIOL	39	4.912
3	SCHNEIDER H	CHINESE ACAD SCI, INST BOT	21	2.645
4	WANG YD	CHINESE ACAD SCI, NANJING INST GEOL & PALAEONTOL	17	2.141
4	DONG SY	CHINESE ACAD SCI, SOUTH CHINA BOT GARDEN	17	2.141
6	LEI M	CHINESE ACAD SCI, INST GEOG SCI & NAT RESOURCES RES	16	2.015
7	CHEN TB	CHINESE ACAD SCI, INST GEOG SCI & NAT RESOURCES RES	15	1.889
7	WONG MH	HONG KONG BAPTIST UN	15	1.889
9	HE H	CHONGQING NORMAL UNIV	14	1.763
9	WANG QF	CHINESE ACAD SCI, WUHAN BOT GARDEN	14	1.763
11	LU SG	YUNNAN NORMAL UNIV	13	1.637
12	YE ZH	SUN YAT SEN UNIV	12	1.511
12	LI CS	CHINESE ACAD SCI, INST BOT	12	1.511
12	WEI CY	CHINESE ACAD SCI, INST GEOG SCI & NAT RESOURCES RES	12	1.511
15	HUANG ZC	CHINESE ACAD SCI, INST GEOG SCI & NAT RESOURCES RES	11	1.385
总计			278	35.013

合作发文章较多。运用普莱斯定律^[6], 依据公式 $M = 0.749 (N_{\max})^{1/2}$ (式中, N_{\max} 为所统计时段中最高产的作者论文数), 计算出核心作者发表文章数的门槛值 M 。在 SCI-E 数据库中, 发文章最多的为中国科学院植物所的张宪春 (ZHANG XC) 研究员, 高达 50 篇, 则 $M_{\text{wos}} = 5.30$, 发文章数量 6 篇以上者为核心作者; 限于篇幅, 该研究仅列出发文章数量在前 15 位的发文章作者 (表 2)。其中, 中科院植物所的张宪春研究员和中科院成都生物研究所的张丽兵 (ZHANG LB) 研究员发文章分别占比 6.297% 和 4.912%, 2 人合计贡献了 11.21% 的发文章量。

2.3 蕨类植物研究文章的学科和期刊来源分布 蕨类植物相关研究文章在 WOS 数据库中分布在 PLANT SCIENCES、ENVIRONMENTAL SCIENCES、BIOCHEMISTRY MOLECULAR BIOLOG、CHEMISTRY MEDICINAL、EVOLUTIONARY BIOLOGY、PHARMACOLOGY PHARMACY、MULTIDISCIPLINARY SCIENCES、GEOSCIENCES MULTIDISCIPLINARY、PALEONTOLOGY、ECOLOGY 等学科 (表 3)。载文前 15 位的期刊发文章总计占总发文章量的 35.139%, 各期刊发文章占总发文章量的 1% ~ 4% 的范围之类, 占比较为均匀; 其中, 以植物系统进化与分类期刊为主, 如《AMERICAN FERN JOURNAL》

《JOURNAL OF SYSTEMATICS AND EVOLUTION》《NOVON》《PHYTOTAXA》《REVIEW OF PALAEOBOTANY AND PALYNOLOGY》《ACTA PHYTOTAXONOMICA SINICA》(现名《Journal of Systematics and Evolution》)《CHINESE SCIENCE BULLETIN》,《INTERNATIONAL JOURNAL OF PLANT SCIENCES》《ACTA BOTANICA SINICA》(现名《Journal of Integrative Plant Biology》)《BOTANICAL STUDIES》《TAXON》,其次为环境科学类期刊《INTERNATIONAL JOURNAL OF PHYTOREMEDIATION》《ENVIRONMENTAL POLLUTION》,医药类期刊,如《PHYTOCHEMISTRY》《PLANTA MEDICA》,开放获取期刊《PLOS ONE》;载文量最多的为美国蕨类杂志《AMERICAN FERN JOURNAL》,发文占比 3.778% (表 4)。

表 3 SCI-E 中我国蕨类植物研究排名前 10 位的学科分布

Table 3 Top ten subjects of publications on fern in SCI-E

排名 Rank	学科 Discipline	文献数量 Publication number	比例 Percentage %
1	PLANT SCIENCES	370	46.599
2	ENVIRONMENTAL SCIENCES	88	11.083
3	BIOCHEMISTRY MOLECULAR BIOLOGY	73	9.194
4	CHEMISTRY MEDICINAL	59	7.431
5	EVOLUTIONARY BIOLOGY	51	6.423
5	PHARMACOLOGY PHARMACY	51	6.423
7	MULTIDISCIPLINARY SCIENCES	45	5.668
8	GEOSCIENCES MULTIDISCIPLINARY	39	4.912
9	PALEONTOLOGY	37	4.660
10	ECOLOGY	35	4.408

表 4 SCI-E 中我国蕨类植物研究发文量前 15 名的期刊

Table 4 Top 15 journals publishing article on fern in SCI-E

排名 Rank	期刊 Journal	文献数量 Publication number	比例 Percentage//%	影响因子* Impact factor
1	AMERICAN FERN JOURNAL	30	3.778	0.462
2	JOURNAL OF SYSTEMATICS AND EVOLUTION	24	3.023	1.488
3	NOVON	23	2.897	0.264
4	PHYTOTAXA	22	2.771	1.318
5	REVIEW OF PALAEOBOTANY AND PALYNOLOGY	21	2.645	1.940
6	ACTA PHYTOTAXONOMICA SINICA(现名 Journal of Systematics and Evolution)	19	2.393	1.488
6	CHINESE SCIENCE BULLETIN	19	2.393	1.579
8	PLOS ONE	18	2.267	3.234
9	INTERNATIONAL JOURNAL OF PLANT SCIENCES	16	2.015	1.534
10	ACTA BOTANICA SINICA(现名 Journal of Integrative Plant Biology)	15	1.889	3.335
11	INTERNATIONAL JOURNAL OF PHYTOREMEDIATION	14	1.763	1.739
12	BOTANICAL STUDIES	13	1.637	0.783
13	ENVIRONMENTAL POLLUTION	12	1.511	4.143
14	PHYTOCHEMISTRY	11	1.385	2.547
14	PLANTA MEDICA	11	1.385	2.152
14	TAXON	11	1.385	3.299
总计	Total	279	35.139	

注: * 影响因子来自 JCR2014。

Note: * impact factor came from JCR2014.

2.4 蕨类植物研究的热点 研究热点通常指在某一时间段内,具有内在联系且数量相对较多的一组论文所探讨的科学问题或专题。从文献计量学角度看,在某学科领域被引频次最高的研究型文献通常是该领域研究热点的集中体现。CiteSpace 是一款用于可视化分析科学文献趋势和范式的计量学软件,其绘制的科学知识图谱能够显示某一学科或科学主题在某一时段的发展趋势与动向,其提供的突现检测 (Burst Detection) 功能,将那些频次变化率高、增长速度快的突现词 (burst terms) 从大量的主题词中检测出来,用词频的变化率,来反映出学科的前沿领域和发展趋势^[2]。为了提炼我国蕨类植物研究最新的热点,该研究利用 CitespaceIII 软件绘制了 2005 ~ 2015 年 WOS 数据库中中国学者发表文献的共引知识图谱和关键词共现图谱,并总结了近年来突现度高的关键词、机构和作者。

在 CiteSpaceIII 界面中选中 Node Types 为“cited reference”,设置单个时间分区长度 (time slicing) 的值为 1,整个时间跨度为 2005 ~ 2015 年,数据抽取对象为 Top30,绘制文献共被引聚类图谱 (图 2);选择 Node Types 为“key word”,其他

设置不变,绘制关键词聚类时区图谱 (图 3)。从图 2 可以看出,近 10 年来我国蕨类植物的研究文献中,最大的 4 个主要聚类为砷酸盐 (arsenate)、铁线蕨属 (adiantum)、洞穴植被 (cave flora) 和分子系统发生 (molecular phylogeny) 等,其分别包含 43、42、26 和 22 个节点 (文献)。共被引频次最高的文献为聚类 #0 中的 Ma LQ, 2001, NATURE, V409, P579 (71 次) 和聚类 #3 中 SMITH AR, 2006, TAXON, V55, P705 (61 次), 远超其他文献的共被引频次。Ma 等^[11]发表的题为“A fern that hyperaccumulates arsenic”的论文,发现蕨类植物蜈蚣草 (*Pteris vittata*, brake fern) 对砷具有超富集能力。此后,有关蕨类植物对金属或非金属污染物的吸收或在环境治理方面的应用成为蕨类植物研究最热门的一个方面。而 Smith 等^[12]在综合当前蕨类分子系统研究新证据的基础上提出了一个新的世界蕨类植物分类系统,该系统受到世界蕨类植物研究学者的广泛认可。从图 3 的高频关键词聚类时区图谱可以发现,研究热点主要集中在吸收 (uptake)、鳞毛蕨科 (dryopteridaceae) 和耳蕨属 (polystichum) 等 3 大聚类。从高频关键词的分布不难发现,对污染物的吸收 (如 arsenic, hyperaccumu-

lator, soils, removal cadmium, phytoremediation, heavy-metal, contaminated soils, tolerance, uptake kinetics, hyperaccumulation 等) 和系统发生与分类 (evolution, diversity, speciation, diversification, new species, chooroplast dna, trnl-f, morphology, molecular phylogeny, classification 等) 为 2005 ~ 2015 年蕨类植物研究的两大热点主题。此外, 从高突现度关键词、研究机构和作者 (表 5) 中可以发现, 分子系统发生 (molecular phylogeny), 拟南芥 (arabidopsis-thaliana), 最大似然法 (maximum-likelihood) 和进化 (evolution) 等关键词突现度持续至今, 亦表明蕨类植物的分子系统与进化, 污染物吸收的分子机理 (重要基因功能在拟南芥中的验证) 两方面仍将作为蕨类植物研究的前沿课题, 而中国科学院大学和中科院成都生物研究所的张良 (ZHANG L), 为最近突现度较高的机构和作者, 发文量增加较快。

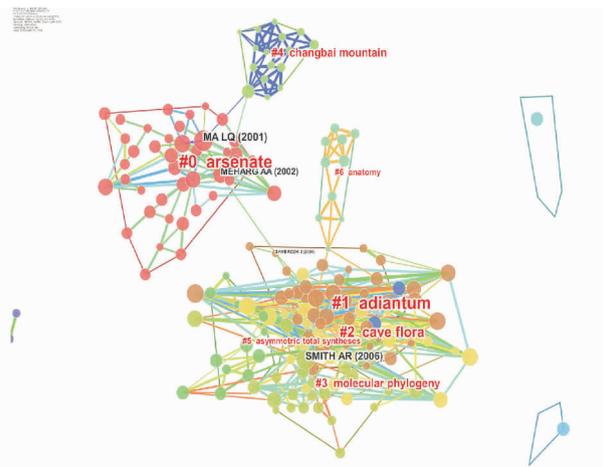


图 2 2005 ~ 2015 年 SCI-E 中蕨类植物文献共引聚类图谱

Fig. 2 Co-citation map on documents of fern in SCI-E (2005 - 2015)

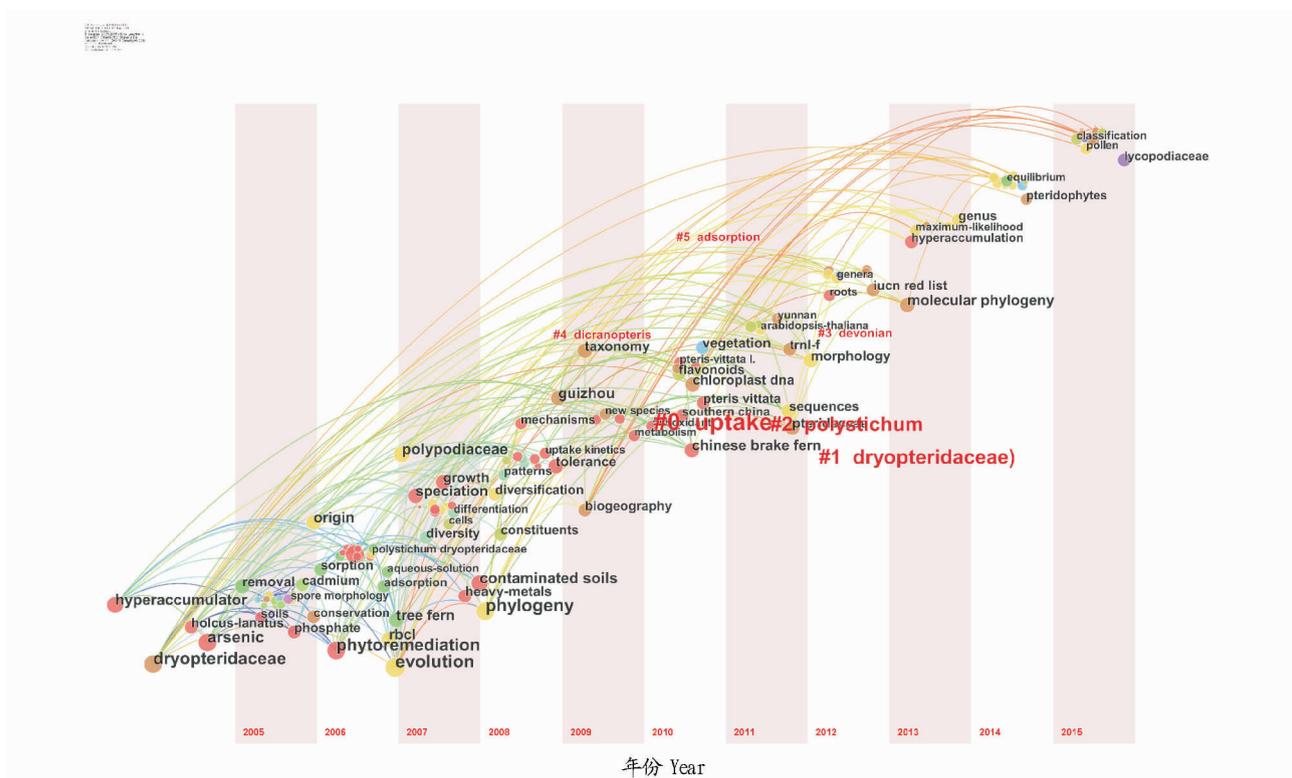


图 3 2005 ~ 2015 年 SCI-E 中蕨类植物文献的高频关键词知识图谱

Fig. 3 Knowledge map of high-frequency keywords on documents of fern in SCI-E (2005 - 2015)

表 5 2005 ~ 2015 年 SCI-E 中蕨类植物研究高突现关键词、机构和作者

Table 5 Top keywords, institutions and authors with strongest citation bursts on fern in SCI-E during 2005 - 2015

关键词	突现强度	突现起始年限	突现结束年限	机构 / 作者	突现强度	突现起始年限	突现结束年限
Key words	Strength	Begin	End	Organization/ Author	Strength	Begin	End
Lanthanum	3.732 3	2005	2006	WUHAN UNIV	4.104 3	2005	2008
Biosorption	2.502 6	2005	2007	ZHANG XC	2.810 1	2005	2006
Holcus-lanatus	2.586 8	2008	2009	LU SG	2.762 0	2006	2008
Guizhou	4.120 3	2010	2012	YUNNAN UNIV	3.188 3	2006	2008
Genera	3.147 1	2012	2015	HO YS	2.499 1	2006	2009
Genus	2.602 7	2013	2015	YE ZH	3.194 5	2007	2009
Molecular phylogeny	3.110 9	2013	2015	WONG MH	3.432 0	2007	2009
Arabidopsis-thaliana	2.497 3	2013	2015	HE H	2.905 4	2009	2012
Maximum-likelihood	2.739 1	2013	2015	ZHANG L	2.556 0	2013	2015
Evolution	5.235 8	2013	2015	UNIV CHINESE ACAD SCI	7.677 6	2013	2015

化池,其主要功能为利用填料上附着生长的生物膜吸附并降解污水中的有机物,同时将氨氮转化为硝酸态氮。接触氧化池尺寸为15.0 m×9.0 m×5.5 m,总有效容积为500 m³,水力停留时间为12 h,COD去除率为87%。接触氧化池内安装弹性立体填料,曝气器选用氧利用率高的球冠型可张微孔曝气器,池内填料采用尼龙绷紧绳的安装结构。鼓风机房设有三叶型低噪声罗茨鼓风机2台(1开1备),性能规格为:Q = 13.1 m³/min,H = 48.8 kPa,P = 15 kW。

好氧接触氧化池出水进入二沉池(设计同中间沉淀池)进行泥水分离,出水达标排放或者回用。

3.4 污泥处理单元 生化污泥经浓缩后进行压滤脱水。根据计算和实际运行经验,厌氧系统和生化处理系统产生的剩余干污泥约为200 kg/d,采用带式浓缩脱水一体机进行脱水处理。由于污泥量较少,污泥经浓缩脱水后装小车外运处置。滤带冲洗水采用污水站处理后的污水;污泥脱水投加高分子絮凝剂PAM,投加量按干污泥量的3‰计,设高分子絮凝剂PAM加药装置1台(溶药罐)和药剂投加泵1台,药剂投加泵采用单螺杆加药泵。

4 工艺运行状况及经济性分析

该啤酒废水处理工程相关设备建设完成后,随即进行为期3个月的运行调试,各处理单元运行状况良好,出水水质完全满足啤酒工业污染物排放标准(GB 19821—2005)的排

放要求,稳定运行阶段出水pH 6~9,COD≤70 mg/L,BOD₅≤10 mg/L,SS≤50 mg/L。

据统计,该啤酒废水处理项目综合运行费用为0.596元/m³,主要包括:人工费0.088元/m³,电费0.456元/m³,药剂费0.047元/m³(主要为PAC和PAM)和自来水费0.005元/m³。

5 结论

啤酒废水可生化性较好,该研究使用的厌氧-好氧工艺中所采用的“一体化厌氧反应器”对COD的去除率超过90%,并且无需进行“预酸化”,有效地降低了废水中有机物浓度;好氧段采用接触氧化工艺,去除剩余的有机物和氨氮。应用该研究的工程处理可使啤酒废水稳定达到啤酒工业污染物排放标准(GB19821—2005)的要求。该工程投资和运行成本较低,处理费用仅为0.596元/m³,有着显著的环境效益和社会效益,应用前景广阔。

参考文献

- [1] 曾勇辉. EGSB-接触氧化工艺处理啤酒废水工程实例[J]. 给水排水, 2013, 37(12): 57-60.
- [2] 唐小伟, 俞婕. UASB-SBR工艺在处理啤酒废水设计中的应用[J]. 西安文理学院学报(自然科学版), 2013, 16(3): 102-105.
- [3] 陈恺立, 王仲旭, 郑艳芬. 啤酒废水治理工程改造[J]. 水处理技术, 2015, 41(3): 128-130.
- [4] 吴晓乾, 施维林, 王浩. 厌氧IC+好氧+混凝沉淀处理啤酒废水[J]. 工业水处理, 2015, 35(10): 97-98.

(上接第283页)

3 结论

从检索到的资料来看,Web of Science数据库中蕨类植物的相关研究呈现逐渐上升的趋势,特别是近10年来呈现快速增长的势头,表明蕨类植物相关研究越来越受科技界重视。以中国科学院为主的研究机构对国内蕨类植物相关研究做出了巨大贡献;发文量最多的期刊为《AMERICAN FERN JOURNAL》。结合载文期刊、核心作者、文献共被引聚类图谱、关键词共现图谱以及高突现度关键词和作者,可以发现,我国蕨类植物相关研究主要集中在植物和环境2大学科,研究热点主要集中在蕨类植物对污染物的吸收及其机理研究、蕨类植物分子系统发生与分类两方面。

参考文献

- [1] 秦仁昌. 中国植物志:第二卷[M]. 北京:科学出版社,1959.
- [2] CHEN C. CiteSpaceII: Detecting and Visualizing emerging trends and tran-

sient patterns in scientific literature[J]. Journal of the American society for information science and technology, 2006, 57(3): 359-377.

- [3] 张宪春, 卫然, 刘红梅, 等. 中国现代石松类和蕨类的系统发育与分类系统[J]. 植物学通报, 2013, 48(2): 119-137.
- [4] 刘红梅, 王丽, 张宪春, 等. 石松类和蕨类植物研究进展: 兼论国产类群的科级分类系统[J]. 植物分类学报, 2008, 46(6): 808-829.
- [5] 刘红梅, 张宪春, 曾辉. DNA序列在蕨类分子系统学研究中的应用[J]. 植物学报, 2009, 44(2): 143-158.
- [6] 李春香, 陆树刚, 杨群. 蕨类植物起源与系统发生关系研究进展[J]. 植物学报, 2004, 21(4): 478-485.
- [7] 王任翔, 陆树刚, 邓晰朝. 中国蕨类植物细胞分类学研究概况[J]. 植物分类学报, 2007, 45(1): 98-117.
- [8] 陈功锡, 杨斌, 邓涛, 等. 中国蕨类植物区系地理若干问题研究进展[J]. 西北植物学报, 2014, 34(10): 2130-2136.
- [9] 王新华, 赵恒田, 盛庆军. 蕨类山野菜人工繁殖及其研究进展[J]. 北方园艺, 2004(6): 4-5.
- [10] 丁学东. 文献计量学基础[M]. 北京: 北京大学出版社, 1993.
- [11] MA L Q, KOMAR K M, TU C, et al. A fern that pyroreaccumulates arsenic[J]. Nature, 2001, 409: 579.
- [12] SMITH A R, PRYER K M, SCHUETTPELZ E, et al. A classification for extant ferns[J]. Taxon, 2006, 55: 705-731.