浙 江 农 林 大 学 学 报，2016，**33**(2)：330–339
Journal of Zhejiang A & F University
doi:10.11833/j.issn.2095-0756.2016.02.020

竹子栽培文献计量分析与可视化图谱分析

王学勤

（浙江农林大学 图书馆，浙江 临安 311300）

摘要：采用文献计量学方法，对 Web of Science 核心版收录的 1980–2014 年间发表的竹子栽培研究的文献进行了全面的统计分析，通过 CitespaceⅡ软件，从文献共被引的角度对文献作者聚类、研究机构聚类、关键词共现等作可视化图谱分析。分析结果表明：①中国、印度、日本和美国是竹子栽培研究的主要国家，中国在该领域研究具有绝对的优势和地位；②中国科学院、浙江农林大学、中国林业科学研究院等单位为竹子栽培研究发文量最多的几个机构，其中以中国科学院的国际合作度和影响力最大，这些机构走在了国际竹子栽培研究的前列；③学者多从竹子组织培养、快速繁殖、植株再生、体外开花、基因与克隆、生长模式与因素等方面展开研究；④竹子基因组序列、系统发育、基因鉴定等代表着竹子栽培研究的新的热点和方向。图 7 表 6 参 7

关键词：竹；栽培；计量分析；知识图谱；可视化分析；研究执点；研究前沿

中图分类号：S795-1　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：2095-0756(2016)02-0330-10

Bibliometric analysis and visualization map analysis of bamboo cultivation literature

WANG Xueqin

(Library, Zhejiang A & F University, 311300 Lin'an, Zhejiang, China)

Abstract: Literature on bamboo cultivation from the Web of Science core edition between 1980 and 2014 was analyzed with bibliometric methods. The CiteSpaceⅡ software was used to conduct a visualization map analysis of authors clustering, research institutions clustering and keywords co-occurrence from the document co-citation perspective. The results indicate that: (1)China, India, Japan and the United States of America are the main nations researching bamboo cultivation; China has the absolute advantage and holds a dominating position in this field. (2)Chinese Academy of Science, Zhejiang A & F University and Chinese Academy of Forestry are the institutions with the most outputs in bamboo cultivation research, Chinese Academy of Science has the most extensive international cooperation and influence; these institutions are taking an international leading position in studying bamboo cultivation. (3)Most scholars conduct research on tissue-culture, micropropagation, plant regeneration, in-vitro flowering, somatic embryogenesis, gene and cloning, growth pattern and factors. (4) Genome sequence, phylogenetic, identification of gene are the new focus and direction for the future research. [Ch, 7 fig. 6 tab. 7 ref.]

Key words: bamboo; cultivation; bibliometric analysis; mapping knowledge domain; visualization analysis; research focus; research front

竹子是重要的森林资源之一，具有生长快、产量高、用途广、一次造林可以永续利用等特性，不仅具有重要的经济价值，而且具有良好的生态功能，在人类经济生活和生存环境中起着重要的作用。随着中国现代化林业建设的发展和退耕还林政策的实施，竹子的栽培和利用越来越受到人们的关注和青

收稿日期：2014-11-14；修回日期：2015-09-17

基金项目：浙江省科技文献共建共享平台资助项目(2014E60002-3)

作者简介：王学勤，研究馆员，从事信息咨询和情报分析研究。E-mail: wxqla@zafu.edu.cn

睐[1]。对竹子组织培育、育种和栽培研究的投入也日益加大，相关领域研究也取得了较大进展，从而促进了竹子这一宝贵资源的开发和利用。为了从全球视野把握竹子栽培研究的状况和趋势，为科研人员的科学研究提供可靠信息支持和决策参考，本研究采用文献计量学方法，结合 CitespaceⅡ的共被引分析和词频分析功能，对 Web of Science 核心版收录的 1980–2014 年间发表的关于竹子栽培研究的文献进行了详尽的计量统计分析，从文献共被引的角度，通过 CitespaceⅡ软件的可视化分析，形象地展示了国际上有关竹子栽培的代表人物、代表机构和研究热点。

1　数据来源

检索美国 Thomson Reuters 公司 Web of Science 核心集数据库平台中 Science Citation Index Expanded (SCI-E)。为了查准、查全竹子栽培的文献，全面查询各种竹子的学名，以及关于栽培的所有检索词，制定检索式：(“Bambusa” or “Bambusoideae” or “Phyllostachys*” or “bambussoides” or “bamboo*” or “Nandina domestica” or “Dendrocalamus latiflorus” or “Dendrocalamus barbatus“ or “Acidosasa edulis” or “Pleioblastus amarus” or “Qiongzhuea tamidinoda” or “Pseudosasa longiligula” or “Dianthus fragrans” or “Oligostachyun lubricum” or “Dendrocalamopsis oldhami” or “Dictyophora duplicata” or “Arundinaria fortunei” or “Lingnania wenchouensis” or “Podocarpus fleuryi” or “Pseudosasa amabilis (MCclure) Keng f” or “B. textiles”) and (cultivation or cultivating or culture or plant* or grow* or breed* or foster* or propagation or Micropropagation or Reproduction or flower* or proliferation or gene* or genome*)，限定在题名字段，年代为数据库的数据回溯年代(1980–2014 年)，检索时间为 2014 年 12 月 12 日，执行检索后获得文献 531 篇，再把检索结果限定在林业、植物、农学、农业多样性、园艺、遗传育种等 6 个学科，论文类型限定为 article，proceedings, meeting abstract，再次精炼后共得文献记录 233 条。这 233 篇文献中仍含少量不相关文献，在分析过程中被排除在外。另外，本研究在对国家和机构的统计分析时不包括中国台湾。

2　统计与分析

2.1　论文年度分布分析

竹子栽培研究 233 篇文献中 1995 年以前只占极少数。图 1 展现了 1995–2014 年论文产出的分布情况，图 2 展现了这些文献每年的被引用情况。

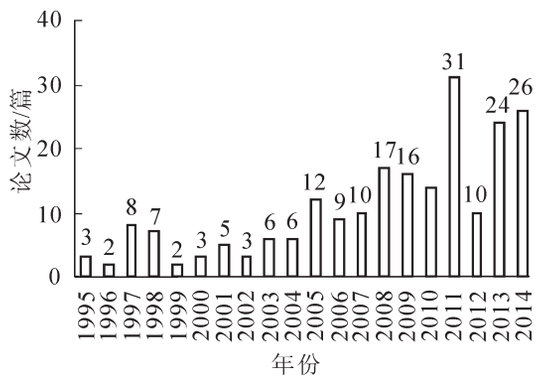

图 1　1995–2014 年竹子栽培研究论文产出量分布

Figure 1　Distribution of bamboo cultivation papers during 1995–2014

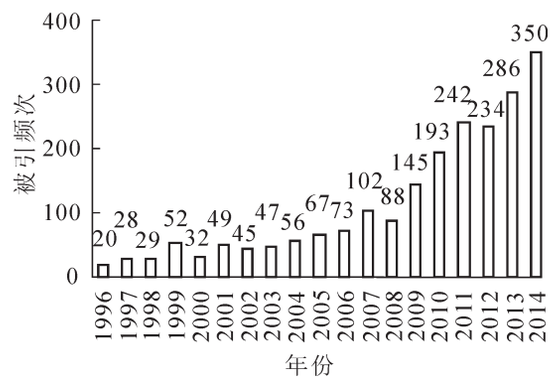

图 2　1996–2014 竹子栽培研究论文的被引用情况

Figure 2　Cited number of bamboo cultivation papers during 1996–2014

从图 1 和图 2 可看出：2008 年以后有一定增长，但 2010 年和 2012 年分别有 2 个低谷，2011 年又有 1 个增长峰值，论文的产出量不稳定。从图 2 的被引用情况看，除 2008 年外，基本呈现稳步增加的态势，且在 2009 年后有个较大幅度的增长，233 篇文献共被用 1 760 次(除去自引)，篇均被引用次数为 7.55。虽然发文量增长不明显，但论文的关注度却持续提高。

2.2　发文的国家和机构分布

一个研究机构的论文产出量、产出的时间覆盖范围以及被引用情况，能反映该机构在特定领域的科

研实力、持续研究的能力以及整体研究水平。研究这些情况有助于科研人员了解竞争对手的状况，也便于寻找合作伙伴。图 3 显示了 233 篇文献的国家分布，表 1 列出了论文产出超过 4 篇的研究机构。

表 1 竹子栽培文献主要产出研究机构(按论文产出数量排名)

Table 1 Main institutions of bamboo cultivation output (more than 4 papers published)

机构名称	研究时间跨度	论文记录数/篇
中国科学院 Chinese Academy of Sciences（中国）	2001–2013	22
浙江农林大学 Zhejiang A & F University（中国）	2002–2013	19
中国林业科学研究院 Chinese Academy of Forestry（中国）	2008–2014	16
东京大学 Tokyo University（日本）	1990–2014	10
印度科学与工业研究理事会 Council of Scientific Industrial Research India（印度）	1990–2014	10
浙江大学 Zhejiang University（中国）	1998–2011	9
国际竹藤中心 International Center Bamboo Battan（中国）	2008–2013	6
北海道大学 Hokkaido Uiversity（日本）	1996–2011	6
斯里兰卡基础科学研究院 Institute Fundamental Studies（斯里兰卡）	1997–2007	5
查尔斯达尔文大学 Charies Darwin University（澳大利亚）	2003–2013	5
阿根廷全国研究委员会 Consejo Nacional De Investigaciones Cientificas Y Tecnicas Conicet（阿根廷）	2007–2014	5
德里大学 University of Delhi（印度）	1985–2013	4
新加坡博特花园 Singapore Bot Gardens（新加坡）	2000–2013	4
贝拿勒斯印度教大学 Banaras Hindu University（印度）	1999–2005	4
日本林产品研究所 Forestry Forest Products Research Institute Japan（日本）	2009–2014	4

从图 3 可看出：中国(占 27%)，印度(占 21%)，日本(占 14%)和美国(占 11%)是竹子栽培研究主要产出国家，这些国家也是竹子分布的主要国家，尤其是中国在国际上明显占据了主导地位。从表 1 看到: 浙江农林大学、中国林业科学研究院、东京大学、印度科学与工业研究理事会、浙江大学等单位的论文产出量居前。

论文的篇均被引频次能从一定角度反映研究机构发文的水平和质量。图 4 显示了发文量超过 4 篇的机构的篇均被引频次(排除自引)。

从图 4 可看出：贝拿勒斯印度教大学、日本北海道大学、印度德里大学、印度科学与工业研究理事会、东京大学、斯里兰卡基础科学研究院的论文篇均被引频次居前。从中国的情况看，中国科学院、浙江农林大学、中国林业科学研究院和浙江大学等 4 家单位的论文产出量位居前。按篇均被引频次从高到低分别是中国科学院(9.82 次·篇$^{-1}$)、浙江大学(6.78 次·篇$^{-1}$)、中国林业科学研究院(6.31 次·篇$^{-1}$)、浙江农林大学(4.28 次·篇$^{-1}$)。中国林业科学研究院的论文产出时间最短(2008–2014 年)，但篇均被引频次不

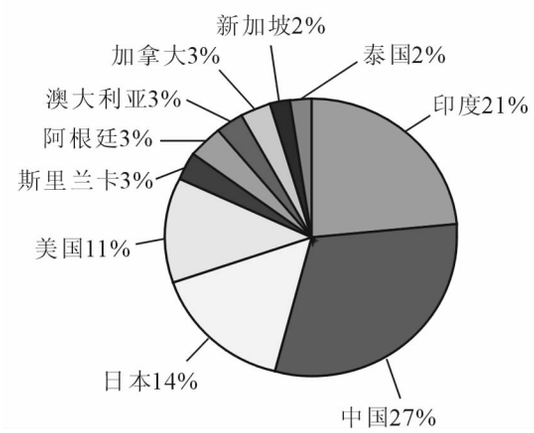

图 3 竹子栽培文献产出国家分布

Figure 3 Nation distribution of bamboo cultivation papers

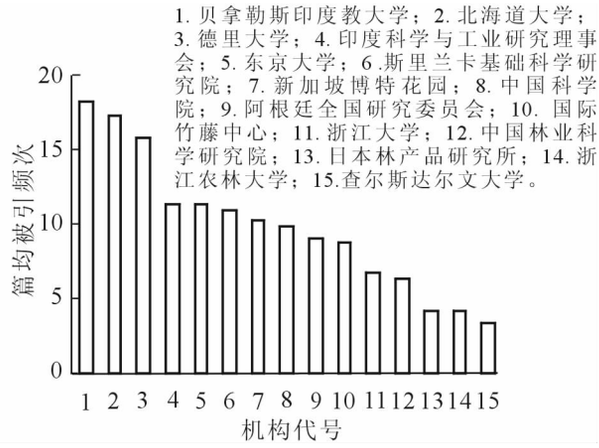

图 4 发文超过 4 篇的机构篇均被引频次

Figure 4 Average citations per paper of each institutions (more than 4 papers)

表 2　载文量超过 4 篇的期刊分布及其影响因子

Table 2　Main journals of bamboo cultivation research (more than 4 papers published)

期刊名	载文数量/篇	影响因子	《期刊引用报告》(JCR)学科分区
Plant Cell Reports	11	2.936	Plant Sciences (Q1)
Forest Ecology and Management	9	2.667	Forestry (Q1)
Plant Cell Tissue and Organ Culture	9	2.612	Plant Science (Q1)
In Vitro Cellular Developmental Biology Plant	8	1.162	Cell Biology (Q4) Developmental Biology (Q4)
Journal of Plant Research	7	2.507	Plant Sciences (Q2)
Botanical Review	7	2.208	Plant Sciences (Q2)
Botanical Bulletin of Academia Sinica	6	0.720(2006 年后该刊未被收录)	Plant Sciences (Q3)
Hortscience	5	0.855	Horticulture (Q2)
Plant Systematics and Evolution	5	1.154	Evolutionary Biology(Q4) Plant Sciences (Q3)
Annals of Botany	5	3.295	Plant Sciences (Q1)
Scientia Horticulturae	4	1.504	Horticulture (Q2)
Plant Species Biology	4	1.327	Ecology(Q3) Plant Sciences (Q3)
Journal of Tropical Forest Science	4	0.667	Forestry(Q3)
Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology	4	0.810	Biochemistry & Molecular Biology (Q4)
Scientia Horticulturae	4	1.504	Horticulture (Q2)
Molecular Phylogenetics and Evolution	4	4.018	Biochemistry & Molecular Biology (Q2)
Journal of Tropical Forest Science	4	0.667	Forestry (Q3)
BMC Plant BIology	4	3.942	Plant Sciences (Q1)

低，其研究成果不仅新且质量高，浙江大学 2011 年以后未见竹子栽培方面的研究。中国科学院、中国林业科学研究院、浙江农林大学这 3 家单位研究持续性较好。

2.3　来源出版物分析

233 篇论共刊载在 100 种期刊上，平均每种期刊载文 2.33 篇，其中载文超过 4 篇的期刊有 18 种。表 2 按载文量多少顺序列出了载文超过 4 篇的期刊，及它们的影响因子和《期刊引证报告》(JCR)分区。

从表 2 可看出：载文量最多的前 3 种期刊，其影响因子均在 2.5 以上，且都处于相应学科的 Q1 区。*Plant Cell Reports*, *Forest Ecology and Management*, *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 这 3 种期刊是刊载竹子栽培研究的主要期刊。影响因子值最高的几种期刊是 *Molecular Phylogenetics and Evolution* (4.018), *BMC Plant Biology* (3.942), *Annals of Botany* (3.295)。这些期刊既是研究人员应重点关注的，也是投稿首选期刊。曾被 SCI 收录的期刊 *Botanical Bulletin of Academia Sinica* 2005 年后被 SCI 踢除后就没有了影响因子，低影响因子的期刊都会面临被踢的可能。

2.4　作者分析

一般把某研究领域发文量较多的作者称为活跃作者群和核心作者群，他们对该领域的研究与发展起着关键作用的领军人物。了解这些作者的研究领域及活跃时间对科研人员跟踪成果、把握研究方向和寻找合作伙伴都有一定帮助。表 3 列出了竹子栽培研究发文量超过 5 篇的作者，包括他们的研究方向、论文数量及篇均被引次数。

从表 3 可见：竹子栽培研究的高产作者主要集中在中国。这些研究者不仅产出量大，且论文的篇均被引频次也较高。中国的高产作者研究内容主要集中在基因序列、遗传和系统发育，且研究时间上基本持续到最近 2 a，论文的篇均被引频次都较高，说明研究成果不仅具有持续性和新颖性，而且质量也较高。篇均被引频次最高且近 2 a 仍在研究的几位高产作者是中国的 PENG Zhenhua, LI Dezhu, GAO Zhimin。这些作者是研究人员重点跟踪的对象，代表着竹子栽培研究的前沿性方向。

2.5　论文学术影响力分析

一般来说，论文的被引次数反映了论文在国际上的影响力以及论文在同行中引起的关注程度，因

表 3 竹子栽培研究发文量超过 5 篇的作者分布

Table 3 Main authors of bamboo cultivation (more than 5 papers published)

作者	研究时期	机构	主要研究方向	论文记录数/篇	篇均被引用次数/篇
LI Dezhu(中国)	2001-2013	中国科学院	基因序列、系统发育、遗传	9	14.44
YANG Hanqi(中国)	2007-2014	中国林业科学研究院	组织培育、基因、遗传育种	8	7.38
SAXENA S(印度)	90 年代初-2011	TATA 能源研究所 TATA Energy Resoures Institute (印度)	体外繁殖、芽繁殖及克隆	6	14.17
RAMANAYAKE S M S D (斯里兰卡)	1997-2007	斯里兰卡基础科学研究院	竹株繁殖和开花	6	12.17
PENG Zhenhua(中国)	2008-2013	中国科学院	基因序列、系统发育	5	17.5
FRANKLIN D C(澳大利亚)	2008-2013	查尔斯达尔文大学	基因、开花	5	4.4
GAO Zhimin(中国)	2010-2013	国际竹藤中心	基因与分子鉴定	5	12.8

此，衡量科研成果学术影响力的一个重要指标就是论文的被引用情况。论文被引次数越高，说明该论文受到的关注越多、利用率越高，其学术价值和影响力也就越大。表 4 列出了总被引用次数超过 35 次的 9 篇论文。

从表 4 可看出：被引次数最多的一篇文献是美国学者 Veblent 于 1982 年发表的题名为 *Growth-patterns of Chusquea bamboos in the understory of Chilean Nothofagus forests and their influences in forest dynamics* 一文《智利假山毛榉 Nothofagus 林中 Chusquea 竹的生长模式及其森林动力学影响》，该文被引用次数达 95 次，奠定了竹子栽培的基础，具有里程碑意义。在这 10 篇重要文献中，3 篇是关于植株繁殖和开花；3 篇是关于竹子生长模式与因素(动力学、物理学特征)；2 篇是关于木本竹基因与系统发育的，除了 2 篇基因与系统发育的文献较新外，其他大多发表于 2005 年前，表明这些研究领域具备了较好的研究基础，引起了学术界广泛的关注。

文献近年被引用情况能反映出该领域的研究趋势与前沿。表 5 列出了近 4 a 被引用频次较高(超过 16 次)的 11 篇文献。从表 5 可看出：近 4 a 被引用次数最高的前 7 篇文章也是表 4 所列的高被引文献。近 4 a 被引用次数最多的是由爱尔兰作者 SUNGKAEW 等于 2009 年发表的 *Non-monophyly of the woody bamboos (Bambuseae; Poaceae): a multi-gene region phylogenetic analysis of Bambusoideae s.s.*《非单系木本竹(竹亚科)：一个竹亚科的多基因系统发育分析》。该文提取 60 多种代表所有竹亚科植物及相关非竹亚科为样本，通过 5 个叶绿体 DNA 区域，*trnL* 基因内含子，trnL-F 间隔区，*ATPB-rbcL* 基因间隔，*rps*16 内含子，和 *matK* 基因的综合分析，进行了一般的竹子，特别是木本类竹的系统发育及它们之间亲缘关系的研究[2]。该文既是高被引论文，近几年又持续高度受到关注，也表明竹子培育遗传育种与基因亲缘关系的研究是近年的一个热点。近 4 a 被引用频次排第 2 位和第 3 位的 2 篇文章都是关于竹子基因组研究。第 4，5，6 篇于 80 年代与 90 年代间发表的关于竹子生长模式与动力学和物理学特征的文献，奠定了竹子生长研究的基础。这 3 篇同时又一直持续被他人引用，说明该竹子生长模式与动力学等研究是一个持续性研究热点。另外，10 篇文献中 5 篇是关于基因组鉴定、测序和系统发育的，其他还有基因克隆、土壤与竹子生长产量、竹林与土壤二氧化碳释放等。这些研究领域也是竹子栽培的最新研究热点和方向。10 篇文献中，中国和印度各占了 3 篇，美国有 2 篇，爱尔兰、意大利各 1 篇，也从一定程度上反映出近年来竹子栽培的前沿性研究主要集中在这些国家。国内中国科学院有 2 篇，浙江农林大学有 1 篇，中国科学院的 PENG Zhenhua 于 2010 年和 2013 年发表的关于竹子基因组研究的 2 篇文章分别列近 4 a 被引用频次排第 2 位和第 3 位，尤其是 2013 年发表的题名为 *The draft genome of the fast-growing non-timber forest species moso bamboo (Phyllostachys heterocycla)*《毛竹 *Phyllostachys heterocycla* 快速生长的基因组草图》一文，2013 年和 2014 年的被引用次数高达 7 次和 13 次，是所有文献中当年和次年被引用次数最高的，也是近 2 a 被引用次数最高的，代表了竹子研究的最新方向和前沿。另外还有 2 篇近 4 a 被引用次数并列排第 4 位的是关于竹子生长动力学的文献也需要引起特别注意，一篇是美国科罗拉多州大学的 VEBLENT 于 1982 年发表的题名为 *Growth-patterns of chusquea bamboos in the understory of Chilean*

表 4　被引用次数排名前 10 位的论文

Table 4　Top 10 articles of bamboo cultivation papers being cited

排名	作者	第一作者机构	题名	发表期刊	被引次数/次
1	VEBLENT T T	科罗拉多大学 University of Colorado（美国）	Growth-patterns of chusquea bamboos in the understory of Chilean Nothofagus forests and their influences in forest dynamics	*Bulletin of Ulletin of the Torrey Botanical Club*, 1982, **109**(4): 474 – 487.	96
2	YAMAMOTO S, NISHIMURA N, MATSUI K	冈山大学 Okayama University（日本）	Natural disturbance and tree species coexistence in an old-growth beech-Dwarf bamboo forest, southwestern Japan	*Journal of Vegetation Science*, 1995, **6**(6): 875 – 886.	60
3	SUNGKAEW S, STAPLETON C M A, SALAMIN N 等	都柏林大学 University of Dublin Trinity（爱尔兰）	Non-monophyly of the woody bamboos (Bambuseae; Poaceae): a multi-gene region phylogenetic analysis of Bambusoideae s. s.	*Journal of Plant Research*, 2009, **122**(1): 95 – 108.	44
4	SINGH A N, SINGHJ S	贝拿勒斯印度教大学	Biomass, net primary production and impact of bamboo plantation on soil redevelopment in a dry tropical region	*Forest Ecology and Management*, 1999, **119**(1/3): 195 – 207.	40
5	ZHANG Yunjie, MA Pengfei, LI Dezhu	中国科学院	High-throughput sequencing of six bamboo chloroplast genomes: phylogenetic implications for temperate woody bamboos (Poaceae: Bambusoideae)	*Plos One*, 2011, **6**(5): e20596	38
6	ROUT G P	区域植物资源中心 Regional Plant Resource Centre（印度）	Somatic embryogenesis and in-vitro flowering of 3 species of bamboo	*Plant Cell Reports*, 1994, **13**(12): 683–686.	37
7	CHAMBERS S M, HEUCH J H R, PIRRIE A	阿伯丁大学 University of Aberdeen,（英国）	Micropropagation and invitro flowering of the bamboo dendrocalamus-hamiltonii munro	*Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 1991, **27**(1): 45 – 48.	37
8	LEE A W C, BA X S, PERALTA P N	克莱蒙森大学 Clemson University（美国）	Selected physical and mechanical-properties of giant timber bamboo grown in south-carolina	*Forest Products Journal*, 1994, **44**(9): 40 – 46.	36
9	TAYLOR A H, HUANG, J Y, ZHOU S Q	宾夕法尼亚州立大学 Penn State University（美国）	Canopy tree development and undergrowth bamboo dynamics in old-growth Abies-Betula forests in Southwestern China: a 12-year study	*Forest Ecology and Management*, 2004, **200**(1/3): 347 – 360.	36

Nothofagus forests and their influences in forest dynamics《智利的假山毛榉林中 *Chusquea* 竹的生长模式及其森林动力学影响》。该文也是总被引用次数最高的文献；另一篇是美国宾夕法尼亚州立大学的 Taylor 等于 2004 年发表的题名为 *Canopy tree development and undergrowth bamboo dynamics in old-growth Abies-Betula forests in Southwestern China: a 12-year study*《在中国西南原始桦冷杉林的冠层树生长和灌木丛竹的动力学：12 年的研究》。该文也是表 4 所列的高被引论文，这 2 篇竹子生长模式与动力学研究的代表性文献一直持续受到关注，对竹子生长研究具有较高的参考价值，也表明竹子的生长模式与机理研究是个经久不衰的研究热点。还有一篇值得关注的文献是浙江农林大学刘娟等于 2011 年发表的题名为 *Seasonal soil CO_2 efflux dynamics after land use change from a natural forest to Moso bamboo plantations in subtropical China*《天然毛竹林种植在中国亚热带后产生土地利用变化后的季节性土壤二氧化碳释放动力学研究》。该文 2013 年被引用 6 次，2014 年被引用 10 次。这篇文章不是直接关于竹子栽培技术或方法的，是关于竹子栽培带来土壤二氧化碳释放的，在研究内容上有较多的学科交叉，代表着竹子栽培的另一个前沿性方向。其他几篇近年被引用较多的文献也大都关于基因组、基因测序、克隆、系统发育、竹子生长模式与特性、竹子生长产量与土壤的关系等。综上所述，竹子基因与系统发育、基因组、克隆、竹子

表 5 2011–2014 年被引次数最高(超过 15 次)的文献

Table 5 Top 10 papers cited more than 15 during 2011–2014

作者	第一作者机构	题名	发表期刊	各年被引用情况/次			
				2011	2012	2013	2014
1 SUNGKAEW S, STAPLETON C M A, SALAMIN N 等	都柏林大学	Non-monophyly of the woody bamboos (Bambuseae; Poaceae): a multi-gene region phylogenetic analysis of Bambusoideae s. s.	*Journal of Plant Research*, 2009, **122**(1): 95 – 108.	3	7	12	12
2 PENG Zhenhua, LU Tingting, LI Lubin 等	中国科学院	Genome-wide characterization of the biggest grass, bamboo, based on 10, 608 putative full-length cDNA sequences	*BMC Plant Biology*, 2010, 10. doi: **10**.1186/1471-2229-10-116	6	7	6	8
3 PENG Zhenhua, LU Ying, LI Lubin 等	中国科学院	The draft genome of the fast-growing non-timber forest species moso bamboo (Phyllostachys heterocycla)	*Nature Genetics*, 2013, **45**(4): 456 – 461.	0	0	7	13
4 VEBLEN T T	科罗拉多大学	Growth-patterns of chusquea bamboos in the understory of Chilean Nothofagus forests and their influences in forest dynamics	*Bulletin of of the Torrey Botanical Club*, 1982, **109**(4): 474 – 487.	3	6	3	8
5 TAYLOR A H, HUANG J Y, ZHOU S Q	宾夕法尼亚州立大学	Canopy tree development and undergrowth bamboo dynamics in old-growth Abies-Betula forests in Southwestern China: a 12-year study	*Forest Ecology and Management*, 2004, **200**(1/3): 347 – 360.	8	5	3	4
6 LEE A W C, BAI X S, PERALTA P N	克莱蒙森大学	Selected physical and mechanical-properties of giant timber bamboo grown in south-Carolina	*Forest Products Journal*, 1994, **44**(9): 40 – 46.	1	4	6	8
7 DAS M, BHAT-TACHARYA S, PAL A	Bose 研究所 Bose Institute (印度)	Generation and characterization of SCARs by cloning and sequencing of RAPD products: a strategy for species-specific marker development in bamboo	*Annals of Botany*, 2005, **95**(5): 835 – 841.	3	4	7	2
8 SINGH A N, SINGH J S	贝拿勒斯印度教大学	Biomass, net primary production and impact of bamboo plantation on soil redevelopment in a dry tropical region	*Forest Biology and Management*, 1999, **119**(1/3):195 – 207.	8	5	1	4
9 GRATANI L, CRESCENTE M F, VARONE L	罗马大学 University of Roma(意大利)	Growth pattern and photosynthetic activity of different bamboo species growing in the Botanical Garden of Rome	*Flora*, 2008, **203**(1): 77 – 84.	5	3	6	3
10 LIU Juan, JIANG Peikun, WANG Hailong, ZHOU Guomo 等	浙江农林大学	Seasonal soil CO_2 efflux dynamics after land use change from a natural forest to Moso bamboo plantations in subtropical China	*Forest Ecology and Management*, 2011, **262**(6): 1131 – 1137.			6	10

生长模式与因素、竹子生长与土壤碳汇等领域是竹子生长与栽培研究具有代表性的研究热点。

3 竹子栽培知识图谱分析

知识图谱(mappingknowledgedomain)是显示知识发展进程与结构关系的一系列各种不同的图形。具体来说，它是把应用数学、图形学、信息科学等学科的理论和方法与计量学引文分析、共现分析等方法结合，用可视化的图谱形象地展示学科的核心结构、发展历史、前沿领域以及整体知识架构的多学科融合的一种研究方法[3]。知识图谱对发现和解释科学文献中潜在的隐藏的规律和演化路径发挥了重要作

用。本研究采用美国德雷塞尔大学(Drexel University)著名信息可视化专家、华人学者陈超美(CHEN Chaomei)博士开发的基于 JAVA 平台的 CitespaceⅡ信息可视化应用软件作为本研究的可视化工具[4]，以 Web of Science 核心版数据库检索出的 1980–2014 年关于竹子栽培的 233 篇文献为样本，运用 CitespaceⅡ软件，从文献的共被引关系角度，提供了竹子栽培研究的作者聚簇、研究机构、和关键词共现的可视化图谱。

3.1　文献作者聚簇分析

通过文献作者聚簇分析，可以了解文献作者通过共被引关系形成的聚类网络图谱，一个类簇代表研究方向相近的一群作者以及他们的关联度。在 CiteSpaceⅡ软件界面，网络节点选择 author，主题词来源选择文献标题(title)，摘要(abstract)，关键词(descriptor)和标志符(identifiers)，算法选择路径搜索(pathfinder)算法，数据抽取对象为 top 50，设置 Time Scaling 的值为 1，运行 CiteSpaceⅡ软件后形成了代表竹子栽培研究不同领域的很多个作者聚类簇，簇团越大，表明进行相关研究的作者越多，是个研究热点，图 5 节选了最大的的几个类簇。簇团中节点的大小反映了某作者发表 *SCI* 文献的多少，发文最多的作者即该领域的领军人物，各节点之间的连线反映了作者之间的关联性。通过作者聚类图谱可以帮助科研人员了解与自己研究方向相近的研究群体以及他们之间的关联度。

从图 5 可知：较大的簇团有以中国科学院的 LI Dezhu 和中国林业科学研究院的 YANG Hanqi 引领的基因、遗传和系统发育为研究方向的作者群；以中国国际竹藤组织的 GAO Zhimin 引领的竹子基因与分子鉴定为研究方向的作者群。这几个作者群簇团较大，连线多，表明了这些研究领域聚集的研究人员较多，文献近年产生的交叉关联较多。

3.2　国家和研究机构分析

CiteSpace 可将各国(不包括中国台湾)发表的论文数量及时间以年轮的大小和颜色深浅直观展示出来。网络节点选择 Country 与 Institution，其他选项不变，运行 CiteSpaceⅡ软件，得到图 6 所示的有关竹子栽培研究的国家和机构图谱。其中，圆形节点代表国家，处于直线分支上的小节点代表机构[5]。

图 5　竹子栽培研究的作者聚类图谱

Figure 5　Author cluster map of bamboo cultivation

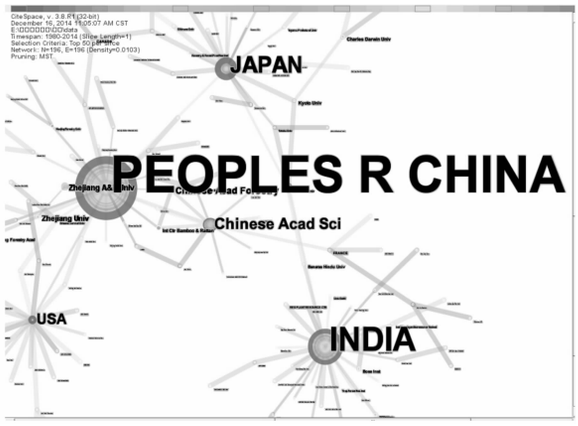

图 6　竹子栽培研究的国家和机构图谱

Figure 6　Countries and institutions cluster map about bamboo cultivation

图 6 展示的结果与图 3 显示的基于 Web of Science 中文献分析结果一致。中国、印度、日本和美国是竹子栽培研究的主要国家。点的中心性是一个用以量化点在网络中地位重要性的图论概念，中心性值越大，表明节点位置越重要[6]，国家或机构的中心性值大小反映了该国或该机构在世界范围内的合作度，从而显现其影响力和地位。在整个网络中，中国的节点中心性值最大，为 0.82，表现为从该节点引出的连线最多，表明相当多的国家及机构都直接或间接地与中国有合作关系。其他依次为日本(中心性值为 0.72)，印度(中心性值为 0.47)，美国(中心性值为 0.35)，法国(0.09)，阿根廷(中心性值 0.05)。从机构看，中心性值最大的是北海道大学(0.43)，其次为中国科学院(0.16)，东京大学(0.06)，查尔斯达尔文大学(0.05)，浙江大学(0.03)，中国林业科学研究院(0.02)。从国家和机构的发文量和中心性值

可以看出，中国的发文量最大，中心性值居第 1 位，显示出中国竹子栽培研究在世界的绝对实力和地位；机构的中心性值最大的是北海道大学，虽然发文量不高，但中心性值高说明它与世界各国的合作非常广泛。

3.3 关键词共现分析

研究热点是指在某一时间段内有内在联系的，数量相对较多的一组论文所探讨的科学问题或专题。CitespaceⅡ 把具有关联的共被引文献中的关键词进行词频统计，展现关键词共现网络图谱，以确定基于文献计量学视角的热点研究领域。选择 Note Type 为“Key word”，其他设置不变，运行 CitespaceⅡ，得到图 7 所示的国际竹子栽培研究研究热点关键词共现的网络图谱。图 7 中各关键词节点年轮状同心圆颜色的深浅反映了节点在不同时间段出现的情况，同心圆的大小反映了节点在所出现年代的数量多少，各节点间连线的粗细反映了节点之间关联性的大小[7]。表 6 列出了共现频次排在前 28 位的关键词。

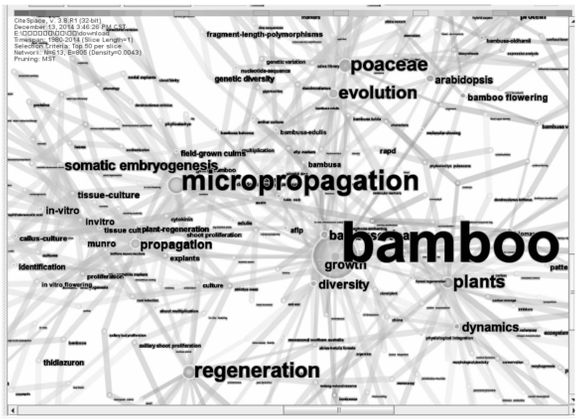

图 7 竹子栽培研究关键词共现图

Figure 7 Keyword co-occurrence map of bamboo cultivation

从图 7 看出：除 bamboo 外，同心圆较大的几个关键词是 micropropagatio, regeneration, poaceae, evolution, plants, dynamics propagation 和 diversity，且同心圆的颜色较深，各节点间连线也较粗，表明这几个关键词在 90 年代末期开始产生关联，且产生的关联较多，集焦了 20 世纪 90 年代末期后的竹子栽培的研究热点。表 6 列出了关键词共现频次超过 7 的前 29 个关键词。

表 6 出现频次超过 7 的前 29 个关键词

Table 6 Top 29 key words of bamboo cultivation research (frequency ≥7)

关键词	出现频次/次	关键词	出现频次/次	关键词	出现频次/次
bambo，bamnusa	62	propagation 繁殖	11	micropropagation 快速繁殖	27
rice 水稻	10	regeneration 再生	20	gbssi gene Gbssi 基因	9
Poaceae 禾本科	19	bamboo flowering 竹子开花	8	*Arabidopsis**Arabidopsis thaliana* 拟南芥	18
munro 蒙罗竹	8	in-vitro 体外	17	tissue-culture 组织培养	8
evolution 进化	17	protein 蛋白质	7	plants 植物	17
field-grown culms 田间生长的茎	7	expression 表达	15	gene 基因	7
somatic embryogenesis 体细胞胚胎发育	13	identification 认证	7	growth 生长	12
forest 森林	7	Bambusoideae 竹亚科	12	plant-regeneration 植株再生	7
dynamics 动力学	12	genetic diversity 遗传多样性	7	propagation 繁殖	11
Bambusa oldhamii 绿竹	7	diversity 多样性	11		

竹子栽培研究的热点关键词主要有快速繁殖、再生、禾本科(竹)、体外(植株)、种植、体细胞胚胎发育、基因、生长、竹亚科、动力学、繁殖、组织培养、多样性等，涉及竹子种类主要有禾本科、竹亚科、蒙罗竹和绿竹。这些关键词出现的年代大都在 90 年代，2011 年以后有一些新的关键词出现，但词频大都只有 1 次，还没有形成明显的研究热点，就不再列举了。

4 结论与建议

通过上述文献分析结果，得出以下结论和建议：①竹子栽培文献的产出量，除了 2011 年发文有明显增长外，其余年份增长不明显，表现得不均衡，但从论文的被引用次数看，2009 年后增长较明显，表明 2009 年以后竹子栽培研究在全球范围内越来越受到关注和重视。②从论文产生量看，从事竹子栽培研

究的主要国家有中国、印度、日本和美国，浙江农林大学、中国林业科学研究院、东京大学、印度科学与工业研究理事会和浙江大学等为主要研究机构，贝拿勒斯印度教大学、日本北海道大学、印度德里大学、印度科学与工业研究理事会、东京大学等机构的影响力较大。从知识图谱的中心性值看，日本北海道大学的国际合度较好，在国际竹子栽培研究中起着引领和主导作用。中国科学院、浙江农林大学、中国林业科学研究院、浙江大学这 4 家机构论文产出量居前，前 3 家机构研究的持续性较好。浙江农林大学论文产出量较高，研究持续性好，但篇均被引频次较低，主要原因是国内与国际合作度都较低，今后要加强国内外合作，扩大论文的影响力，在研究方向上也需跟国际热点和趋势接轨。③刊载竹子栽培研究论文的影响因子最高的期刊有 6 种，分别是 *Molecular Phylogenetics and Evolution*, *BMC Plant Biology*, *Annals of Botany*, *Plant Cell Reports*, *Forest Ecology and Management*, *Plant Cell Tissue and Organ Culture*。前 3 种期刊的期刊影响因子较高(超过 3.0)，后 3 种期刊发文量较高(超过 8 篇)。很多高被引论文、最近 4 a 的高被引论文发表在这几种期刊上，这几种期刊是研究人员应该重点关注，也是投稿首选的期刊。④从高被引论文分析结果得出，竹子生长模式与动力学、物理学与力学特性、系统发育、植株再生、快速繁殖、体外开花、体细胞胚胎发育、基因组等研究领域是具有较好的研究基础，引起了学者广泛关注。从近 4 a 的高被引文献分析结果得出，竹子生长的相关因素(动力学、生态学、环境、土壤等)、基因组与系统发育、基因克隆等领域为持续性研究热点；竹子基因组序列、系统发育、基因鉴定、竹子生长与土壤汇碳等代表着竹子栽培研究的新趋势和方向。

5　参考文献

[1] 陈光才，马乃训. 竹子遗传育种研究进展[J]. 林业科学研究，2005, **18**(6)：749 – 754.
CHEN Guangcai, MA Naixun. Advances in studies on genetics and breeding of bamboos [J]. *For Res*, 2005, **18**(6): 749 – 754.

[2] SUNGKAEW S, STAPLETON C M A,SALAMIN, N, *et al*. Non-monophyly of the woody bamboos (Bambuseae; Poaceae): a multi-gene region phylogenetic analysis of Bambusoideae s.s [J], *J Plant Res*, **122**(1): 95 – 108.

[3] 李运景. 基于引文分析可视化的知识图谱构建研究[M]. 南京：东南大学出版社，2009：1 – 2.

[4] 洪海娟，万跃华. 数字鸿沟研究演进路径与前沿热点的知识图谱分析[J]. 情报科学, 2014, **32**(4): 54 – 58.
HONG Haijuan, WANG Yuehua. Knowledge mapping analysis of the evolution path and frontiers and focus of the digital divide research [J]. *Info Sci*, 2014, **32**(4): 54 – 58

[5] 赵蓉英，王菊. 图书馆学知识图谱分析[J]. 中国图书馆学报，2011, **37**(2)：40 – 50.
ZHAO Rongying, WANG Ju. Knowledge mapping analysis of library science [J]. *J Lib Sci China*, 2011, **37**(2): 40 – 50.

[6] 张哲，沈月琴，龙飞，等. 森林碳汇研究的知识图谱分析[J]. 浙江农林大学学报，2013, **30**(4)：567 – 577.
ZHANG Zhe, SHEN Yueqin, LONG Fei, *et al*. Knowledge mapping of research on forest Carbon sinks [J]. *J Zhejiang A & F Univ*, 2013, **30**(4): 567 – 577.

[7] 严若谷，周素红，闫小培. 西方城市更新研究的知识图谱演化[J]. 人文地理，2011, **122**(6)：83 – 88.
YAN Ruogu, ZHOU Suhong, YAN Xiaopei. The evolution of knowledge map of update research in western city [J]. *Human Geogr*, 2011, **122**(6): 83 – 88.