基于 WOS 文献计量的转 Bt 基因抗虫水稻研究国际动态分析*

刘雨芳**

（湖南科技大学生命科学学院，园艺作物病虫害治理湖南省重点实验室 湘潭 411201）

摘 要 **【目的】** 分析转 Bt 基因抗虫水稻研究国际科研 SCI 文献，客观地呈现转 Bt 基因抗虫水稻的国际研究现状与发展趋势。**【方法】** 利用 Web of Science™ 核心合集数据库，采用文献计量学的方法，对 2003—2015 年转 Bt 基因抗虫水稻研究文献进行科学统计分析。**【结果】** 在 Web of ScienceTM 核心合集中共检索到 2003—2015 年转 Bt 基因抗虫水稻文献 291 篇，被引频次 3 475 次, 291 篇文献来源于 1 057 位作者，分属 41 个国家的 270 个机构，来源出版物 137 个。涵盖了农学、昆虫学、植物科学等 36 个研究方向。**【结论】** 转 Bt 基因抗虫水稻研究呈现增强趋势，在转 Bt 基因抗虫水稻研究领域，中国处于国际领先地位。

关键词 转 Bt 水稻，抗虫，文献计量分析，WOS

Bibliometric review of international research on insect-resistant transgenic Bt rice

LIU Yu-Fang**

(College of Life Science, Hunan University of Science and Technology, Hunan Province Key Laboratory for Integrated Management of the Pests and Diseases on Horticultural Crops, Xiangtan 411201, China)

Abstract **[Objectives]** To analyze the current state of research on Bt transgenic rice globally and provide references for future research.**[Methods]** Bibliometric methods were used to analyze articles published in the Web of Science database on Bt transgenic rice between 2003 and 2015. **[Results]** A total of 291 articles that had been cited 3 475 times were published in 137 journals by 1 057 authors from 270 institutes in 41 countries. Research on Bt transgenic rice includes 36 topics, such as Agriculture, Entomology, plant science, etc. **[Conclusion]** The amount of research conducted on Bt transgenic rice is increasing. Many Bt rice lines have been developed in China in recent years and China is playing a leading role in research in this field.

Key words transgenic Bt rice, insect resistant, bibliometric, WOS, research dynamics

利用遗传修饰改良技术将Bt基因转入水稻，使水稻获得抗虫性（Shelton *et al.*，2002，2009；Kostov *et al.*，2014），在转基因抗虫水稻研发中被广泛应用（Cohen *et al.*，2000；Chen *et al.*，2011；Rahman *et al.*，2015）。二化螟 *Chilo suppressalis*、三化螟 *Tryporyza incertulas*、稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis* 和大螟 *Sesamia inferens* 等鳞翅目水稻害虫取食表达 Bt 蛋白的转基因抗虫水稻而致死（Bravo *et al.*，2007；刘雨芳，2014），从而能减少杀虫剂施用量、解决粮食安全生产与水稻虫害防治问题。因此转 Bt 基因抗虫水稻相关研究受到国际上各科研机构的普遍重视，开发出许多转 Bt 基因抗虫水稻品系（Datta，1998；Shu *et al.*，2000；Lee *et al.*，2009；Ye *et al.*，2009），也成为公众与研究者关注的热点（Domingo and Bordonaba，2011；Hua *et al.*，2012；Wang *et al.*，2014；Xiao *et al.*，2015；Liu *et al.*，2016）。因此在该领域发表了大量的研究

*资助项目 Supported projects：国家转基因生物新品种培育重大专项（2012ZX08011002）

**通讯作者 Corresponding author，E-mail：yfliu2011@126.com

收稿日期 Received：2016-02-23，接受日期 Accepted：2016-05-12

文献信息。

文献计量学基于文献事实，科学计量分析和比较相关研究产出，被广泛应用于了解相关领域的研究发展态势，如应用于可再生资源（Blaine，2009）、北极底栖生物（刘爱原等，2015）、外来生物入侵（贺萍等，2009）、稻瘟病（丁麟和路文如，2013）、马铃薯病毒（崔晓艳等，2013）、昆虫病原线虫（Emeato，2013）、桃小食心虫（孙丽娜等，2015）、农药残留（赵伶俐等，2015）、水稻基因组学（李楠，2016）等领域的动态分析研究。在应用文献计量学研究转基因作物领域，牛丛丛等（2015）分析了我国转基因油菜研究进展，王祎等（2016）分析了转基因生物安全研究现状，但尚未见有通过文献计量来分析转基因抗虫水稻的研究动态的报道。Web of Science 数据库收录了世界各学科领域内最优秀的科技期刊，其收录的文献能够反映科学前沿的发展动态，已成为世界公认的自然科学领域最为重要的评价工具。为了更好地了解转基因抗虫水稻研究的国际动态，本文从文献计量学的角度对国际上 2003—2015 年 Web of Science 数据库中收录的研究文献进行统计，并分析转基因抗虫水稻研究的国际动态。

1　数据来源与研究方法

1.1　数据来源

数据来源于 Web of Science 数据库，检索期限为 2003—2015 年。检索日期为 2016 年 1 月 31 日。

1.2　研究方法

采用文献计量学方法对国际上 SCI 收录的转基因抗虫水稻研究文献的发文量、被引用记录、研究国家与机构、研究作者、来源出版物与学科方向、基金支持等进行比较研究。以“ Bt rice ” and “transgenic”为主题词，并最终精炼至 Web of Science™ 核心合集（含 SCI-EXPANDED，SSCI，A&HCI）完成检索，利用 Excel 2010 完成相关数据信息的统计。

核心作者的确定方法：采用普赖斯公式计算: $M=0.749(N_{pmax})^{1/2}$，N_{pmax} 为最高产作者的论文篇数。论文数在 M 篇以上的作者为核心作者（钟文娟，2012）。

2　结果与分析

2.1　转 Bt 基因抗虫水稻 SCI 文献量趋势分析

在 2003—2015 年时间段，从 Web of Science™ 核心合集中共检索到国际上转 Bt 基因抗虫水稻研究文献 291 篇。年度发文量呈逐年增加趋势，其中 2014 年文献量最多，53 篇，是 2003 年（4 篇）的 13.25 倍（图 1）。用多种回归方法对 2003-2015 年时间段的发文量进行趋势分析，均呈上升趋势，R^2 值均较高，其中以指数回归分析 R^2=0.8602，值最高（图 1，表 1）。

在 291 篇文献中，被引频次总计 3 475 次，每项平均引用次数 11.94，H-index = 31。从引文分析可知，国际上转 Bt 基因抗虫水稻研究文献被引用量增加迅速，从 2003、2004 年分别引用 1、15 次迅速增加到 2014、2015 年被引用 597、617 次，呈显著增长趋势（图 2）。用多种回归方法对 2003—2015 年时间段文献引用频次进行趋势分析，均呈上升趋势，其 R^2 值均较高，其中以多项式回归分析 R^2=0.9896，值最高（图 2，表 1）。这说明，对于转 Bt 基因抗虫水稻的研究受到国际上广大科研工作者的重视。

文献类型分析表明，291 条文献归属于 6 个类群，以文献量排序依次为论文、综述、会议论文、编辑素材、更正、书章，其中 264 条记录为研究论文（Article），占 90.72%，综述性文章(Review)25 篇，占 8.59%，其他 4 个类型的文献记录各 1 条共计 4 条，各仅占 0.34%。即原创性研究报告占绝对优势。从发文语种分析，共有 4 种语言，其中 288 条记录为英文文献，占发文量的 98.97%，其他 3 种语言分别为日语、法语、中文各仅占 1 篇，即国际发文文献以英文占绝对优势。

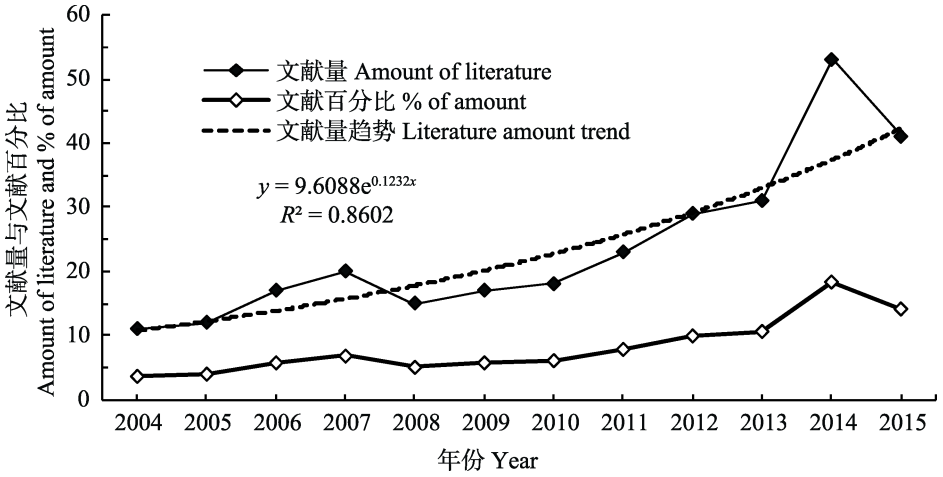

图 1　2003—2015 年国际转 Bt 基因抗虫水稻研究文献量
Fig. 1　Amount of literature on Bt rice in the world during 2003 to 2015

表 1　2003—2015 年转 Bt 基因抗虫水稻研究国际发文量与引用频次趋势回归分析
Table 1　Analysis of literature and citation frequency on Bt rice in the world during 2003 to 2015

回归方法 Regression method	发文量趋势 Trend of literature		引用频次趋势 Trend of citation frequency	
	方程式 Equation	R^2	方程式 Equation	R^2
指数回归 Exponential regression	y=8.4947e$^{0.1282x}$	0.8602	y=8.9895e$^{0.3873x}$	0.7049
线性回归 Liner regression	y=3.0315x+1.1807	0.7514	y=52.236x–98.346	0.9713
对数回归 Logarithm regression	y=16.732ln(x)–7.5277	0.6035	y=240.43ln(x)–149.78	0.7949
多项式回归 Polynomial regression	y=0.3429x^2–2.1121x+16.383	0.8411	y=2.1633x^2+21.95x–22.629	0.9896
幂回归 Power regresion	y=5.5933$x^{0.7147}$	0.7617	y=2.6603$x^{2.2647}$	0.9369

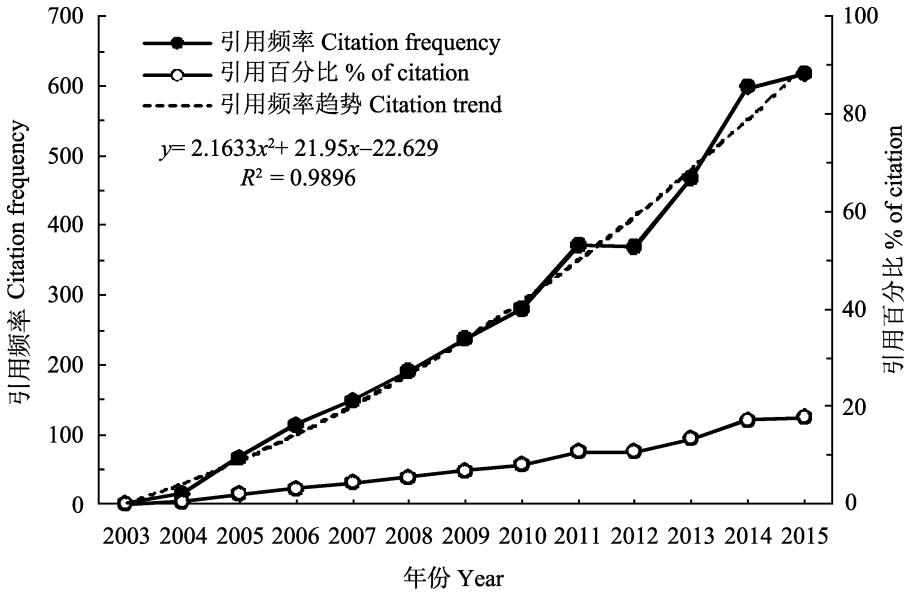

图 2　2003—2015 年国际转 Bt 基因抗虫水稻研究文献被引用频率
Fig. 2　Citation frequency of literature on Bt rice in the world during 2003 to 2015

2.2　转 Bt 基因抗虫水稻研究的国家与机构分布分析

291 篇文献源自 41 个国家的 270 个机构，发文数量位居前 5 位的国家依次是中国、美国、印度、加拿大与巴基斯坦，其发文量依次为 197、52、19、17 与 15 篇，分别占发文量的 67.698%、17.869%、6.529%、5.842%与 5.155%。2003—2015 年转 Bt 基因抗虫水稻研究国际文献量 Top 20 的国家如表 2 所示。

在 270 个发文机构中，SCI 发文数量位居前 5 位的机构均为中国机构，他们依次是中国的浙江大学、中国农业科学院、华中农业大学、中国科学院与浙江省农业科学院。SCI 发文数量位居前 20 位的机构中中国机构有 14 个，占 70%，美国的机构有 3 个，加拿大、巴基斯坦与菲律宾各有 1 个，详情见表 3。

2.3　转 Bt 基因抗虫水稻研究 SCI 发文作者与被引用频次分析

经普赖斯公式计算可知，M=4.795，即发文量 5 篇或 5 篇以上的作者是核心作者。数据检索结果表明，291 篇文献有 1 057 位作者，发文量大于 4.795（5 篇及以上）的核心作者有 42 位。发文量前 5 位的作者均为中国作者，发文量前 20 位的作者中，有 17 位为中国作者，其余加拿大、美国与巴基斯坦各有 1 位作者。最高发文量 41 篇，作者是 Peng YF，Ye GY 位于第 2 位，25 篇。详情如表 4 所示。

在 291 篇文献中，总被引频次 3 475 次，每项平均引用次数 11.94。引用频次大于 10 的文献 105 篇，引用频次 5~9 的文献 37 篇，引用频次为 4、3、2 与 1 次的文献分别为 11、13、24 与 36 篇，有 65 篇文献至今未被引用。最高单篇被

表 2　2003—2015 年国际转 Bt 基因抗虫水稻研究文献量 Top 20 的国家
Table 2　Top 20 countries of cited articles on Bt rice in the world during 2003 to 2015

排名 Rank	国家 Country	文献量 Amount of literature	% of 291
1	中国 China	197	67.698
2	美国 USA	52	17.869
3	印度 India	19	6.529
4	加拿大 Canada	17	5.842
5	巴基斯坦 Pakistan	15	5.155
6	瑞士 Switzerland	13	4.467
7	南韩 South Korea	8	2.749
8	德国 Germany	7	2.405
9	英国 England	7	2.405
10	丹麦 Denmark	7	2.405
11	西班牙 Spain	6	2.062
12	法国 France	6	2.062
13	菲律宾 Philippines	5	1.718
14	日本 Japan	5	1.718
15	伊朗 Iran	4	1.375
16	埃及 Egypt	4	1.375
17	土耳其 Turkey	3	1.031
18	荷兰 Netherlands	3	1.031
19	肯尼亚 Kenya	3	1.031
20	比利时 Belgium	3	1.031

表 3 2003—2015 年国际转 Bt 基因抗虫水稻研究文献量 Top 20 的研究机构
Table 3 Top 20 institutes of articles on Bt rice in the world during 2003 to 2015

排名 Rank	研究机构 Institute	国家 Country	文献量 Amount of literature	% of 291
1	浙江大学 Zhejiang University	中国 China	58	19.931
2	中国农业科学院 Chinese Academy of Agricultural Sciences	中国 China	52	17.869
3	华中农业大学 Huazhong Agricultural University	中国 China	41	14.089
4	中国科学院 Chinese Academy of Sciences	中国 China	19	6.529
5	浙江农业科学院 Zhejiang Academy of Agricultural Sciences	中国 China	17	5.842
6	渥太华大学 University of Ottawa	加拿大 Canada	14	4.811
7	福建农业科学院 Fujian Academy of Agricultural Sciences	中国 China	13	4.467
8	复旦大学 Fudan University	中国 China	13	4.467
9	南京农业大学 Nanjing Agricultural University	中国 China	11	3.78
10	康奈尔大学 Cornell University	美国 USA	10	3.436
11	扬州大学 Yangzhou University	中国 China	9	3.093
12	中国农业部 Minist Agr	中国 China	9	3.093
13	旁遮普大学 University of Punjab	巴基斯坦 Pakistan	8	2.749
14	中国国家水稻研究所 China National Rice Research Institute	中国 China	8	2.749
15	俄亥俄州州立大学 Ohio State University	美国 USA	7	2.405
16	西南大学 Southwest University	中国 China	5	1.718
17	上海交通大学 Shanghai Jiao Tong University	中国 China	5	1.718
18	路易斯安那州立大学 Louisiana State University	美国 USA	5	1.718
19	国际水稻研究所 International Rice Research Institute	菲律宾 Philippines	5	1.718
20	中国农业大学 China Agricultural University	中国 China	5	1.718

引频次为作者 Flores S 的论文，总被引用 117 次，次高单篇被引频次为作者 Dutton A 的论文，总被引用 101 次。单篇被引频次位于前 5 位的作者依次来源于美国、瑞士、美国、加拿大与丹麦，单篇被引频次位于前 20 位的作者中，美国 6 位，中国 5 位，印度 2 位，瑞士、加拿大、丹麦、日本、英国、巴基斯旦与意大利各 1 位作者。2003—2015 年世界转 Bt 基因抗虫水稻研究被引用排名 Top 20 的作者详见表 5。

2.4 转 Bt 基因抗虫水稻研究载文量国际排名 Top20 的来源出版物与研究方向

291 篇文献的来源出版物有 137 个，载文量达 3 篇的出版物进入前 20 名，其文献收录量 157 篇，占总文献的 53.95%，其他 117 个出版物的文献收录量 134 篇，占总文献的 46.05%。文献收录量位居前 4 位的出版物依次为 Environmental Entomology（22 篇，占 7.586%），PLos ONE(14 篇，占 4.828%)、Journal of Economic Entomology（9 篇，占 3.103%）与 Journal of Integrative Agriculture（8 篇，占 2.759%），载文量均为 3 篇的出版物有 9 个，如表 6 所示。

291 篇文献涵盖了 36 个研究方向，农学（Agriculture）86 篇、昆虫学（Entomology）60 篇，植物科学（Plant Sciences）53 篇、生物技术应用微生物学（Biotechnology Applied Microbiology）40 篇，食品科学技术（Food Science Technology）30 篇，位居前 5 位。主要发文在排名前 10 个方向，发文量达到 2 篇的研究方向进入排名前 20 位（含并列 20 位），共有 23 个（表 7）。

表 4　2003—2015 年国际转 Bt 基因抗虫水稻研究文献量排名 Top 20 的作者
Table 4　Top 20 authors of articles on Bt rice in the world during 2003 to 2015

排名 Rank	作者 Author	文献量 Amount Of literature	% of 291	机构 Institute	国家 Country
1	Peng YF	41	14.089	中国农业科学院 Chinese Academy of Agricultural Sciences	中国 China
2	Ye GY	25	8.591	浙江大学 Zhejiang University	中国 China
3	Li YH	19	6.529	中国农业科学院 Chinese Academy of Agricultural Sciences	中国 China
4	Wang F	18	6.186	浙江大学 Zhejiang University	中国 China
5	Hu C	15	5.155	浙江大学 Zhejiang University	中国 China
6	Altosaar I	15	5.155	渥太华大学 University of Ottawa	加拿大 Canada
7	Lin YJ	14	4.811	华中农业大学 Huazhong Agricultural Universit y	中国 China
8	Chen XP	13	4.467	中国农业科学院 Chinese Academy of Agricultural Sciences	中国 China
9	Tian JC	12	4.124	浙江大学 Zhejiang University	中国 China
10	Chen Y	12	4.124	中国农业科学院 Chinese Academy of Agricultural Sciences	中国 China
11	Romeis J	11	3.78	佐治亚大学 Univ Georgia	美国 USA
12	Lu BR	11	3.78	复旦大学 Fudan University	中国 China
13	Wu WX	9	3.093	浙江大学 Zhejiang University	中国 China
14	Husnain T	9	3.093	COMSATS Inst Informat Technol	巴基斯坦 Pakistan
15	Guo YY	9	3.093	中国农业科学院 Chinese Academy of Agricultural Sciences	中国 China
16	Ye QF	8	2.749	浙江大学 Zhejiang University	中国 China
17	Yang X	8	2.749	复旦大学 Fudan University	中国 China
18	Wu KM	8	2.749	中国农业科学院 Chinese Academy of Agricultural Sciences	中国 China
19	Hua HX	8	2.749	华中农业大学 Huazhong Agricultural University	中国 China
20	Ge F	8	2.749	中国科学院 Chinese Academy of Sciences	中国 China

2.5　全球资助转 Bt 基因抗虫水稻研究的基金情况分析

从文献提供的基金资助情况分析，获得基金资助开展转基因抗虫水稻研究排名前 20 位文献中，除第 18 位由加拿大资助外，其余均由中国的各类基金资助完成，资助最多的是中国支持基础研究的国家自然科学基金项目，占比 14.777%（表 8）。

3　结论与讨论

从文献量分析，2003—2015 年国际转基因抗虫水稻研究越来越受到世界科研工作者的重视，发表的文献数量与引用频次逐年增加，在检索年限内以 2014 年文献量最多，研究深度和领域不断加深和拓宽。中国不仅培育出多个表达不同 Bt 蛋白的抗虫水稻品系，而且中国研究者在 2003—2015 年间在转基因抗虫水稻研究领域的国际 SCI 发文量占世界的 67.698%，在发文量排名前 20 位的研究机构中，中国有 14 个机构，排名前 5 位均为中国的大学与科研机构，发文量前 5 名也均是中国研究者，同时中国也是政府提供转基因抗虫水稻研究经费最多的国家，远超美国与其他国家。作为发展中国家，可耕地有限，中国在培育与使用转基因作物提高农业产量上作出了巨大努力，特别在培育转基因抗虫水稻品种及其相关研

表 5 2003—2015 年转 Bt 基因抗虫水稻研究被引用文献国际排名 Top 20 的作者
Table 5 Top 20 authors of cited articles on Bt rice in the world during 2003 to 2015

排名 Rank	第一作者 First author	出版年 Publication year	总/年均引用数 Total/Average annual citation frequency	机构 Institute	国家 Country
1	Flores S	2005	117/9.75	纽约大学 New York University	美国 USA
2	Dutton A	2003	101/7.21	瑞士联邦农业生态与农业研究站 Swiss Fed Res StnAgroecol&Agr	瑞士 Switzerland
3	Stotzky G	2004	94/7.31	纽约大学 New York University	美国 USA
4	High SM	2004	75/5.77	渥太华大学 University of Ottawa	加拿大 Canada
5	Schroder M	2007	73/7.3	丹麦食品与兽医研究所 Danish Inst Food & Vet Res	丹麦 DENMARK
6	Chen H	2005	73/6.08	杭州农业大学 Huazhong Agricultural University	中国 China
7	Saxena D	2004	73/5.62	纽约大学 New York University	美国 USA
8	Chen M	2011	71/11.83	康奈尔大学 Cornell University	美国 USA
9	Kazama T	2008	71/7.89	东北大学 Tohoku University	日本 Japan
10	Tang W	2006	67/6.09	华中农业大学 Huazhong Agricultural University	中国 China
11	Sharma HC	2004	66/5.08	国际半干旱热带作物研究所 Int Crops Res InstSemi Arid Trop	印度 India
12	Toenniessen GH	2003	65/4.64	洛克菲勒基金会 Rockefeller Fdn	美国 USA
13	Mehlo L	2005	63/5.25	纽卡斯尔大学 The University of Newcastle Upon Tyne	英国 England
14	Bashir K	2004	63/4.85	旁遮普大学 University of Punjab	巴基斯坦 Pakistan
15	Delmer DP	2005	54/4.5	洛克菲勒基金会 Rockefeller Fdn	美国 USA
16	Wu WX	2004	52/4	浙江大学 Zhejiang University	中国 China
17	Craig W	2008	51/5.67	生物安全部 Biosafety Unit	意大利 Italy
18	Liu W	2008	48/5.33	浙江大学 Zhejiang University	中国 China
19	Kumar S	2008	45/5	印度草地与饲料研究所 Indian Grassland & Fodder Res Inst	印度 India
20	Rong J	2007	42/4.2	复旦大学 Fudan University	中国 China

究方面，中国处于国际领先地位（Li *et al.*，2014）。

研究者在某一领域的成就可通过有影响力的发文量来评估，但更具影响力的评估指标则是通过论文被引频次来反映。通过对引文量前 20 位的国家与作者的被引频次分析可知，所发文献最具有影响力的前 5 位国家依次为美国、中国、印度、瑞士与加拿大，各国的文献被引用的总频次分别为 403、282、111、101 与 75 次。单篇被引频次最高 117 次，年均引用 9.75 次，是美国纽约大学的 Flores S 于 2005 年发表于“Soil Biology & Biochemistry”的论文，而中国的单篇被引频次最高 73 次，年均引用 6.08 次，是杭州农业大学 Chen H 于 2005 年发表于“Theoretical and Applied Genetics”的论文。通过累计被引频次和篇均被引频次分析，表明在中国与美国对转基因抗虫水稻的相关研究关注度最高。美国总文献 52 篇，总被引频次 1 031 次，占总被引频次的 29.67%，每项平均引用 19.83 次，有 6 篇文献

无被引记录，占发文量的 11.54%。中国总文献 197 篇，总被引频次 1 972 次，每项平均引用 10.01 次，有 47 篇文献无被引记录，占发文量的 23.86%，是美国的 2.07 倍。说明中国在转基因抗虫水稻相关领域研究发文质量上与美国还存在较大的差距。

尽管实验室和田间试验证实，转基因抗虫水稻品系可以经济有效地控制为害水稻的鳞翅目害虫，对环境风险少（Chen *et al.*，2011，刘雨芳等，2005，2006；桂芳艳等，2015a，2015b），但同时也证实了出于对转基因作物产品作为食物安全性的担忧，消费者对转基因产品的态度与行为并不是一个纯粹的罗辑过程，转基因作物研

表 6　2003—2015 年转 Bt 基因抗虫水稻研究载文量 Top 20 的来源出版物
Table 6　Top 20 publications of articles on Bt rice in the world during 2003 to 2015

排名 Rank	来源出版物名称 Name of source publication	文献量 Amount of literature	% of 291
1	Environmental Entomology	22	7.56
2	PLoS ONE	14	4.811
3	Journal of Economic Entomology	9	3.093
4	Journal of Integrative Agriculture	8	2.749
5	Transgenic Research	7	2.405
6	Journal of Agricultural and Food Chemistry	7	2.405
7	Field Crops Research	7	2.405
8	European Food Research and Technology	7	2.405
9	Scientific Reports	6	2.062
10	Pest Management Science	6	2.062
11	Crop Protection	6	2.062
12	Soil Biology Biochemistry	5	1.718
13	Food and Chemical Toxicology	5	1.718
14	Biological Control	5	1.718
15	Plant Cell Reports	4	1.375
16	Journal of Soils and Sediments	4	1.375
17	Euphytica	4	1.375
18	Ecotoxicology	4	1.375
19	Plant Soil and Environment	3	1.031
20	Plant Biotechnology Reports	3	1.031
	Plant Biotechnology Journal	3	1.031
	Plant and Soil	3	1.031
	Journal of Invertebrate Pathology	3	1.031
	Environmental Toxicology and Chemistry	3	1.031
	Environmental Pollution	3	1.031
	Ecotoxicology and Environmental Safety	3	1.031
	Crop Science	3	1.031

表 7 2003—2015 年国际上转 Bt 基因抗虫水稻研究排名 Top 20 的研究方向
Table 7 Top 20 reaearch areas of articles on Bt rice in the world during 2003 to 2015

排名 Rank	研究方向 Reaearch area	文献量 Amount of literature	% of 291
1	Agriculture	86	29.553
2	Entomology	60	20.619
3	Plant Sciences	53	18.213
4	Biotechnology Applied Microbiology	40	13.746
5	Food Science Technology	30	10.309
6	Science Technology Other Topics	25	8.591
7	Environmental Sciences Ecology	25	8.591
8	Biochemistry Molecular Biology	23	7.904
9	Toxicology	20	6.873
10	Chemistry	19	6.529
11	Life Sciences Biomedicine Other Topics	6	2.062
12	Genetics Heredity	6	2.062
13	Nutrition Dietetics	5	1.718
14	Zoology	4	1.375
15	Physiology	4	1.375
16	Microbiology	4	1.375
17	Geology	4	1.375
18	Pharmacology Pharmacy	3	1.031
19	Public Administration	2	0.687
20	Developmental Biology	2	0.687
	Cell Biology	2	0.687
	Business Economics	2	0.687
	Biophysics	2	0.687

表 8 2003—2015 年世界转 Bt 基因抗虫水稻研究排名 Top 20 的资助基金与来源
Table 8 Top 20 funding support the research on Bt rice in the world during 2003 to 2015

排名 Rank	基金资助机构 Funding agency	文献量 Amount of literature	% of 291	国家 Country
1	National Natural Science Foundation of China	43	14.777	中国 China
2	Special Research Projects for Developing Transgenic Plants	9	3.093	中国 China
3	National Gmo New Variety Breeding Program of PRC	9	3.093	中国 China
4	Ministry of Science and Technology of China	8	2.749	中国 China
5	Natural Science Foundation of China	7	2.405	中国 China
6	National Program of Development of Transgenic New Species of China	7	2.405	中国 China
7	National Basic Research Program of China	6	2.062	中国 China
8	Ministry of Science and Technology of China	6	2.062	中国 China
9	Fundamental Research Funds for the Central Universities	5	1.718	中国 China

续表 8（Table 8 continued）

排名 Rank	基金资助机构 Funding agency	文献量 Amount Of literature	% of 291	国家 Country
10	China National Science Fund for Innovative Research Group of Biological Control	5	1.718	中国 China
11	National Program on Key Basic Research Projects 973 Program	4	1.375	中国 China
12	National Genetically Modified Organisms Breeding Major Project Technology of Environmental Risk Assessment on Transgenic Rice	4	1.375	中国 China
13	Ministry of Agriculture of China	4	1.375	中国 China
14	Zhejiang Provincial Natural Science Foundation of China	3	1.031	中国 China
15	Zhejiang Provincial Foundation for Natural Science	3	1.031	中国 China
16	Special Program for New Transgenic Variety Breeding of the Ministry of Science and Technology China	3	1.031	中国 China
17	Postdoctoral Science Foundation of China	3	1.031	中国 China
18	Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada	3	1.031	加拿大 Canada
19	Natural Science Foundation of P R China	3	1.031	中国 China
20	National Special Key Project of China	3	1.031	中国 China
	National Nature Science Foundation of China	3	1.031	中国 China
	National Key Basic Research and Development 973 Program	3	1.031	中国 China
	National Gmo New Variety Breeding Program of the PRChina	3	1.031	中国 China
	National Gmo New Variety Breeding Program of the People Republic of China	3	1.031	中国 China
	Key Project for Breeding Genetically Modified Organisms	3	1.031	中国 China
	111 Project	3	1.031	中国 China

究的巨大进展与被农民接受并商业化种植之间仍有很大的距离（Jan，2015）。同时，由于昆虫和其它害虫的复杂性，也为了确保世界粮食安全生产，需要全面的虫害综合管理计划。转基因抗虫水稻的各相关研究仍有待进一步深入。

参考文献 (References)

Blaine EZ, 2009. Methods for bibliometric analysis of research: renewable energy case study. Master diserdation. Massachusetts : Massachusetts Institute of Technology.

Bravo A, Gill SS, Soberón M, 2007. Mode of action of *Bacillus thuringiensis* Cry and Cyt toxin and their potential for insect control. *Toxicon*, 49(4): 423−435.

Chen M, Shelton A, Ye GY, 2011 Insect-resistant genetically modified rice in China: from research to commercialization. *Annu. Rev. Entomol.* , 56: 81−101.

Cohen MB, Gould F, Bentur JS, 2000. Bt rice: practical steps to sustainable use. *International Rice Research*, 25(2): 4−10.

Cui XY, Gu HP, Yuan XX, Zhang HM, Chen HT, Chen X, 2013. Research dynamics on *Potyvirus* based on bibliometric. *Microbiology China*, 40 (5): 891–903. [崔晓艳, 顾和平, 袁星星, 张红梅, 陈华涛, 陈新, 2013. 马铃薯 Y 病毒属 (Potyvirus) 研究的文献计量分析. 微生物学通报, 40(5): 891–903.]

Datta K, Vasquez A, Tu J, Torrizo L, Alam MF, Oliva N, Abrigo E, Khush GS, Datta SK, 1998. Constitutive and tissue-specific differential expression of the *cryIA*(*b*) gene in transgenic rice plants conferring resistance to rice insect pest. *Theoretical and Applied Genetics*, 97(1/2): 20–30.

Ding L, Lu WR, 2013. Analysis and comparison of research on the development of rice blast based on the bibliometric analysis. *Acta Phytopathologica Sinca*, 43(3): 258–266. [丁麟, 路文如, 2013. 基于文献计量的稻瘟病研究水平分析与比较. 植物病理学报, 43 (3): 258–266.]

Domingo JL, Bordonaba JG, 2011. A literature review on the safety assessment of genetically modified plants. *Environ. Inter.*, 37(4): 734−742.

Emeato SB, 2013. Progress on entomopathogenic nematology research:

A bibliometric study of the last three decades: 1980–2010. *Biological Control*, 66(1): 102–124.

Gui FY, Liu YF, Mo SY, Sun LC, Liu WH, Ge F, 2015a. Ecological safetyof transgenic Cry1Ab/Ac rice on zoobenthos community in paddy fields. *Journal of Plant Protection*, 42(5): 715–723. [桂芳艳, 刘雨芳, 莫书银, 孙丽川, 刘文海, 戈峰, 2015. 转 Cry1Ab_Ac 基因水稻对稻田底栖动物群落的生态安全性. 植物保护学报, 42(5): 715–723.]

Gui FY, Liu YF, Mo SY, Sun LC, Sun YD, Liu WH, Ge F, 2015b. Effects of transgenic Cry1Ab/Ac rice on zoobenthos communities in paddy fields. *Chinese Journal of Eco-Agriculture,* 23(9): 1178–1184. [桂芳艳, 刘雨芳, 莫书银, 孙丽川, 孙远东, 刘文海, 戈峰, 2015a. 转 Cry1Ab/Ac 基因水稻对稻田底栖动物群落的影响. 中国生态农业学报, 23(9): 1178–1184.]

HE P, Luo YQ, Lu WR, 2009. A bibliometric analysis on literatures of biological invasion. *Journal of Beijing Forestry University*, 6 (3): 77–83. [贺萍, 骆有庆, 路文如, 2009. 全球林业外来有害生物研究的文献计量分析. 北京林业大学学报, 6(3): 77–83.]

Hua F, Bin D, Hu Y, Tang FF, Wang BC , Yu YL, 2012. Effect of vegetation of transgenic Bt rice lines and their straw amendment on soil enzymes, respiration, functional diversity and community structure of soil microorganisms under field conditions. *Journal of Environmental Sciences*, 24(7): 1259–1270.

Jan ML, 2015. Public acceptance of plant biotechnology and GM crops. *Viruses*, 7(8): 4254–4281.

Kostov K, Christian FD, Niels BH, Jeremy BS, Paul HK, 2014. Are population abundances and biomasses of soil invertebrates changed by Bt crops compared with conventional crops? A systematic review protocol. *Environmental Evidence*, 3:10. (http://www. environmentalevidencejournal. org /content/3/1/10).

Lee KR, Shin KS, Suh SC, Kim KY, Jeon YH, Park BS, Kim JK, Kweon SJ, Lee YH, 2009. Molecular characterization of lepidopteran pest-resistant transgenic rice events expressing synthetic *Cry1Ac*. *Plant Biotechnol. Rep.* , 3: 317–324.

Li N, 2016. Trend and hotspot analysis of rice genomics based on bibliometric analysis. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 32(5):184–193. [李楠, 2016. 基于文献计量的水稻基因组学研究趋势以及热点分析, 中国农学通报, 32(5): 184–193.]

Li YH, Peng YF, Eric MH, Wu KM, 2014. Biosafety management and commercial use of genetically modified crops in China. *Plant Cell Rep*, 33: 565–573.

Liu AY, Lin RC, Guo YQ, 2015. A bibliometric study of the arctic benthos in world. *Acta Ecologica Sinica*, 35(9): 2789–2799. [刘爱原, 林荣澄, 郭玉清, 2015. 全球北极底栖生物研究文献计量分析. 生态学报, 35(9): 2789–2799.]

Liu YB, Li JS, Luo ZL, Wang HR, Liu F, 2016. The fate of fusion *Cry1Ab/1Ac* proteins from Bt-transgenic rice in soil and water. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 124: 455–459.

Liu YF, 2014. An overview of the potential ecological riskof insect-resistant transgenic Bt rice on non-target arthropods aboveground in fields. *Chinese Journal of Applied Entomology,* 51(5): 1133–1142. [刘雨芳, 2014. 转 Bt 抗虫稻对地上非靶标节肢动物的生态风险性. 应用昆虫学报, 51(5): 1133–1142.]

Liu YF, He L, Wang Q, Hu SQ, Liu WH, Chen KG, You MS, 2006. Evaluation of the effects of insect-resistant cry1Ac/sck transgenic rice on the parasitoid communities in paddy fields. *Acta Entomologica Sinica*, 49(6) : 955–962. [刘雨芳, 贺玲, 汪琼, 胡斯琴, 刘文海, 陈康贵, 尤民生, 2006. 转 cry1Ac/sck 基因抗虫水稻对稻田寄生蜂群落影响的评价. 昆虫学报, 49 (6): 955–962.]

Liu YF, Su J, You MS, Wang Q, Hu SQ, Liu WH, Zhao SX, Wang F, 2005. Effect of transgenic pest-resistant rice on pest insect communities in paddy fields. *Acta Entomologica Sinica*, 48(4): 544–553. [刘雨芳, 苏军, 尤民生, 汪琼, 胡斯琴, 刘文海, 赵士熙, 王锋, 2005. 转基因抗虫水稻对水稻害虫群落的影响. 昆虫学报, 48(4): 544–553.]

Niu CC, Wen W, Long HF, Zhang YJ, Wu XW, 2015. Research progress of transgenic oilseed rape based on bibliometric analysis. *Sci. Tech. Information Development & Economy*, 25(22): 156–158. [牛丛丛, 文雯, 龙海飞, 张禹佳, 吴小文, 2015. 基于文献计量学分析的我国转基因油菜研究进展. 科技情报开发与经济, 25(22): 156–158.]

Rahman M, Muhammad Z, Tayyaba S, Samra I, Yusuf Z, 2015. Safe use of *Cry* genes in genetically modified crops. *Environ. Chem. Lett.*, 13: 239–249.

Shelton AM, Naranjo SE, Romeis J, Hellmich RL, Wolt JD, Federici BA, Albajes R, Bigler F, Burgess EPJ, Dively GP, Gatehouse AMR, Malone LA, Roush R, Sears M, Sehnal F, 2009. Setting the record straight: a rebuttal to an erroneous analysis on transgenic insecticidal crops and natural enemies. *Transgenic Res*., 18(3): 317–322.

Shelton AM, Zhao JZ, Roush RT, 2002. Economic, ecological, food safety, and social consequences of the deployment of Bt transgenic plants. *Annu. Rev. Entomol*., 47: 845–881.

Shu QY, Ye GY, Cui HR, Cheng XY, Xiang YB, Wu DX, Gao MW, Xia YW, Hu C, Sardana R, Altosaar I, 2000. Transgenic rice plants with a synthetic *cry1Ab* gene from *Bacillus thuringiensis* were highly resistant to eight lepidopteran rice pest species. *Molecular Breeding,* 6(4): 433–439.

Sun LN, Qiu GS, Zhang HJ, Yan WT, Yue Q, Li YY, 2015. Research

dynamics on the peach fruit moth *Carposina sasakii* based on bibliometric. *Journal of Fruit Science*, 32(6): 1208–1219. [孙丽娜, 仇贵生, 张怀江, 闫文涛, 岳强, 李艳艳, 2015. 基于文献计量学的桃小食心虫研究动态分析. 果树学报, 32(6): 1208–1219.]

Wang EH, Zhou Y, Jing H, Xu DJ, Hai BX, 2014. A two-generation reproduction study with transgenic Bt rice TT51 in Wistar rats. *Food and Chemical Toxicology*, 64:312–320.

Wang Y, Feng YL, Ma CY, Pang JH, Hu RF, 2016. Research status about safety of genetically modified organisms based on bibliometric. *Journal of Library and Information Sciences in Agriculture*, 28(2): 51–54. [王祎, 封勇丽, 马彩云, 逄金辉, 胡瑞法, 2016. 基于文献计量研究的转基因生物安全研究现状. 农业图书情报学刊, 28(2): 51–54.]

Xiao MQ , Dong SS, Li ZL, Xu T, Yi C, Yang SM , Wu CY , Ouyang DX , Fang CM, Song ZP, 2015. Effects of water management practices on residue decomposition and degradation of Cry1Ac protein from crop-wild Bt rice hybrids and parental lines during winter fallow season. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 122: 275–289.

Ye R, Huang Q, Yang Z, Chen TY, Liu L, Li XH, Chen H, Lin YJ, 2009. Development of insect-resistant transgenic rice with cry1C-free endosperm. *Pest Manag. Sci*., 65(9): 1015–1020.

Zhao LL, 2015. Research progress of pesticide residues in vegetables in China based on bibliometrics. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 31 (1): 156–159. [赵伶俐, 2015. 基于文献计量分析中国蔬菜农药残留的研究概况. 中国农学通报, 31(1): 156–159.]

Zhong WJ, 2012. Evaluation about the core authors based on price law and comprehensive index method—take journal of library development as an example. *Science and Technology Management Research*, 2: 57–60. [钟文娟, 2012. 基于普赖斯定律与综合指数法的核心作者测评—以《图书馆建设》为例. 科技管理研究, 2: 57–60.]