

2017 年作物育种领域科技成果总体分析

杨艳萍¹, 吕慧颖², 魏 珣³, 迟培娟¹, 谢华玲¹, 董 瑜¹, 葛毅强³, 杨维才²

(¹中国科学院文献情报中心, 北京 100190; ²中国科学院遗传与发育生物学研究所/种子创新研究院, 北京 100101; ³中国农村技术开发中心, 北京 100045)

摘要: 本文以 Web of Science, Derwent Innovation 数据库为主要数据来源, 利用文献计量学的方法, 从文献数量、国家、机构以及研发主题等方面对 2017 年作物育种领域的研究论文和专利进行了全面分析。结果表明, 中国和美国是作物育种领域科技产出大国, 并且在研发主体和专利布局等方面不尽相同, 具有各自特点。

关键词: 作物育种; 文献计量学; 专利分析

Analysis of Scientific and Technological Achievements of Crop Breeding in 2017

YANG Yan-ping¹, LV Hui-ying², WEI Xun³, CHI Pei-juan¹,
XIE Hua-ling¹, DONG Yu¹, GE Yi-qiang³, YANG Wei-cai²

(¹National Science Library, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190; ²Institute of Genetic and Development Biology, Chinese Academy of Sciences/Innovative Academy of Seed Design; ³China Rural Technology Development Center, Beijing 100045)

Abstract: Taking the Web of Science and Derwent Innovation database as the main data sources, a comprehensive analysis of research papers and patents referring to crop breeding in 2017 was performed from many aspects such as the number of documents, the state, institution and research topics based on bibliometrics. The results showed that China and the United States contributed most to the science and technology output of crop breeding. However, the two countries exhibited different characteristics in terms of R & D subjects and patent layouts, therefore, they have their own characteristics.

Key words: crop breeding; bibliometrics; patent analysis

1 研究方法和数据来源

1.1 研究论文分析

总体论文分析: 通过关键词在 Web of Science 平台中的 Science Citation Index Expanded (SCIE) 数据库中检索作物育种领域相关研究论文。其中作物包括水稻、小麦、玉米、棉花、油菜、大豆、大白

菜、马铃薯、番茄、黄瓜; 模式植物包括拟南芥、苜蓿、短柄草。育种领域创新链包括种质资源鉴定与利用、基因组学研究、育种关键技术(远缘杂交、自交不亲和、杂种优势利用、单倍体、多倍体、无融合生殖、基因编辑、全基因组选择育种、分子设计育种、转基因育种)等环节^[1]。筛选的文献类型包括 Article、Letter、Meeting abstract 和 Editorial

收稿日期: 2018-03-06 修回日期: 2018-04-09 网络出版日期: 2018-04-17

URL: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20180417.1019.008.html>

基金项目: 中国农村技术开发中心“农作物育种行业动态专题研究”项目

第一作者主要从事现代农业科技情报研究。E-mail: yangyp@mail.las.ac.cn; 吕慧颖, 魏珣为共同第一作者

通信作者: 杨维才, 研究方向植物生殖发育的分子遗传学, E-mail: wcyang@genetics.ac.cn;

葛毅强, 主要从事农业科技领域战略研究与创新管理, E-mail: 68511009@163.com

material。数据时间跨度为 2017 年 1 月 1 日至 2017 年 12 月 13 日。

高水平论文分析:利用关键词 + 高水平期刊的检索策略,在 SCIE 数据库中对作物育种领域的相关文献进行检索。其中,高水平期刊是指影响因子大于 5 或在农业领域研究人员公认的重要期刊。通过上述方法,本研究共遴选出 39 种重要期刊。

研究主题分析:基于关键词共现的方法^[2-3],利用 VOSviewer 可视化工具^[4]对育种领域的研究文献进行聚类,通过人工判读后,分别对每个聚类簇进行命名和分析。

1.2 专利文献分析

通过关键词 + IPC 分类号的检索策略,在 Derwent Innovation 数据库中检索作物育种领域相关专利。与研究论文一样,作物种类涉及农作物、蔬菜和模式植物三大类,以公开年作为检索依据,专利数据时间跨度为 2017 年 1 月 1 日至 12 月 6 日。

研发主题分析:通过 Derwent Innovation 平台中的 THEMES 主题分析功能,对作物育种领域的研发主题进行可视化,形成类似等高线地形图^[5]。其中,地图中的点为单篇专利,山峰表示相似专利形成的不同技术主题,白色表示专利集中领域和热点。

2 作物育种领域科技文献产出特点分析

2.1 在育种创新链环节中,育种技术的研究论文数量位居首位

在 SCIE 数据库共检索到 2723 篇作物育种相关的研究论文。从育种创新链看,育种技术相关研究论文数量最多,为 1818 篇,占作物育种领域发文量的 67%;其次是基因组学领域,发文 954 篇,占作物育种领域发文量的 35%;种质资源鉴定与利用的论文数量相对较少,共 438 篇,占作物育种领域发文量的 16%(图 1)。

在高水平论文中,育种技术相关研究论文数量仍然最多,为 366 篇,占作物育种领域高水平发文总量的 77%;其次是基因组学研究,发文 178 篇,占作物育种领域高水平发文总量的 37%;种质资源鉴定

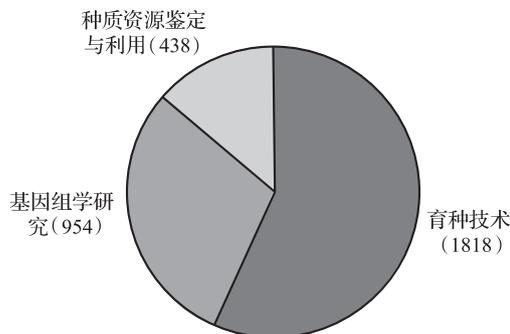


图 1 作物育种各领域发文情况^①

Fig. 1 The number of papers in each field of crop breeding

与利用论文数量相对较少,共 43 篇,占作物育种领域高水平发文总量的 9%(图 2)。

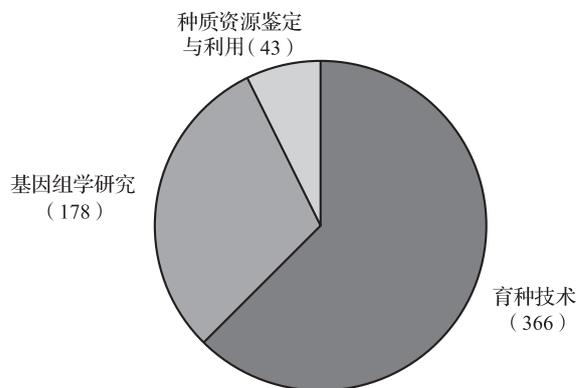


图 2 作物育种各领域高水平研究论文数量

Fig. 2 The number of high level papers in each field of crop breeding

2.2 在各物种中,水稻研究论文数量最多,玉米育种专利数量最多,大豆专利授权比例最高

在总体论文中,水稻相关的研究论文数量最多,达到 618 篇,占比为 22.7%,小麦相关的研究论文数量排名第 2,达到 554 篇,占比为 20.3%,拟南芥、短柄草等模式植物相关的研究论文数量排名第 3,达到 356 篇,占比为 13.1%。玉米、大豆、棉花相关的论文数量分列第 4、5、6 位;大白菜的相关论文数量最少,只有 24 篇(表 1)。

在高水平论文中,水稻、小麦和玉米等作物发文数量较多。其中,水稻相关论文数量最多,共计 120 篇;小麦相关论文数量为 116 篇,位居第 2;玉米相关论文数量为 71 篇,排名第 3(表 2)。

① 备注:三个领域的论文有少部分重叠,故三者合计数量大于 2723 篇

表 1 各物种发文数量

Table 1 The number of papers for each species

物种 Crop species	发文量 No. of publications	比例 (%) Ratio
水稻 Rice	618	22.7
小麦 Wheat	554	20.3
模式植物 Model plant	356	13.1
玉米 Maize	346	12.7
大豆 Soybean	274	10.1
棉花 Cotton	182	6.7
番茄 Tomato	174	6.4
马铃薯 Potato	142	5.2
油菜 Oilseed rape	102	3.7
黄瓜 Cucumber	50	1.8
大白菜 Cabbage	24	0.9

表 2 各物种高水平论文发文量

Table 2 The number of high level papers for each species

序号 Rank	物种 Crops	发文量 No. of publications
1	水稻 Rice	120
2	小麦 Wheat	116
3	玉米 Maize	71
4	模式植物 Model plant	66
5	大豆 Soybean	38
6	番茄 Tomato	27
7	棉花 Cotton	22
8	黄瓜 Cucumber	10
9	油菜 Oilseed rape	9
10	马铃薯 Potato	9
11	大白菜 Cabbage	2

在作物育种专利中,大田作物中玉米育种专利数量^①最多,高达 1311 件;其次是水稻和大豆,专利数量分别为 889 件和 803 件;小麦、棉花和油菜的专利数量依次为 371 件、348 件和 225 件。蔬菜中番茄育种专利数量最多,达 240 件;马铃薯、黄瓜和大白菜的专利数量依次为 184 件、132 件和 54 件。模式植物中,拟南芥育种相关专利最多,达 161 件;苜蓿和短

柄草专利量均较少,分别为 64 件和 11 件(图 3)。

从专利授权情况看,大田作物中,大豆的专利授权比例最高,达 48.6%;其次为玉米,其专利授权比例为 47.6%;棉花的专利授权比例为 36.7%,排在第 3 位。蔬菜作物中,番茄的授权专利占比最高,为 33.8%;模式植物中,短柄草的授权专利占比最高,为 36.4%(图 3)。

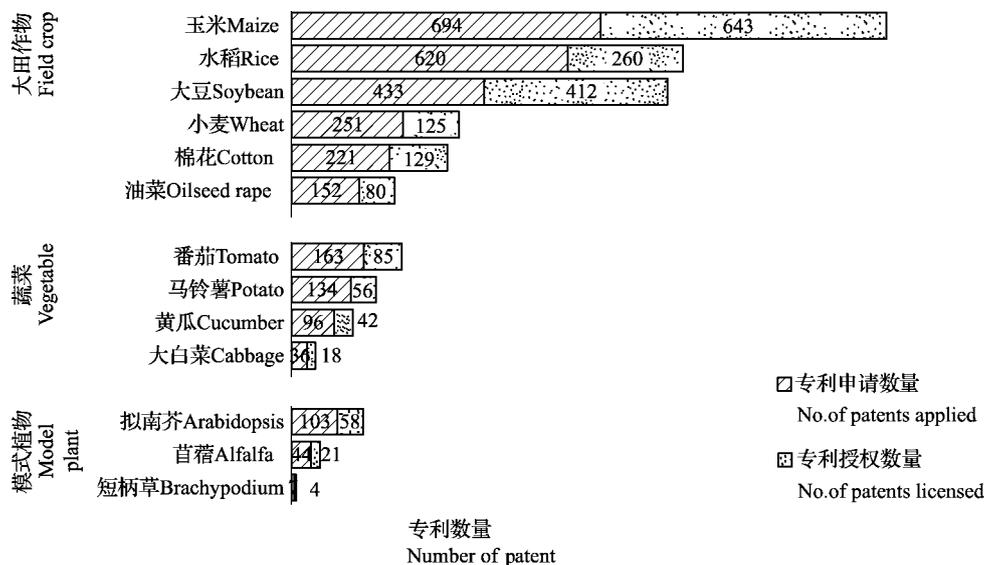


图 3 各物种专利数量分析

Fig. 3 The number of patents for each species

① 同一件专利的不同法律状态(申请和授权)在 Derwent Innovation 数据库中会被记录多次。本文中的专利数量是指经过申请号归并的专利申请与授权数量之和,由于经过归并后的专利申请量不包含授权数量,导致专利总数少于两者直接相加之和,下同。

2.3 作物育种研究论文主要涉及基因组学研究、分子标记辅助育种、抗生物/非生物胁迫研究、基因编辑等主题

通过作者关键词的共现聚类,育种领域的研究论文共聚成3个大簇,分别为基因组学研究、分子标记辅助育种、抗生物/非生物胁迫研究。在分子标记辅助育种聚类簇中,小麦、玉米和大豆等作物相关研

究论文数量最多,研究内容主要涉及 QTL、全基因组关联分析、遗传多样性等。在基因组学研究聚类簇中,主要涉及代谢组、基因组、蛋白质组等组学以及基因编辑技术。在抗生物/非生物胁迫研究聚类簇中,主要涉及水稻、拟南芥等模式物种,内容包括病虫害等生物胁迫以及盐、氧化、冷等非生物胁迫抗性相关研究(图4)。

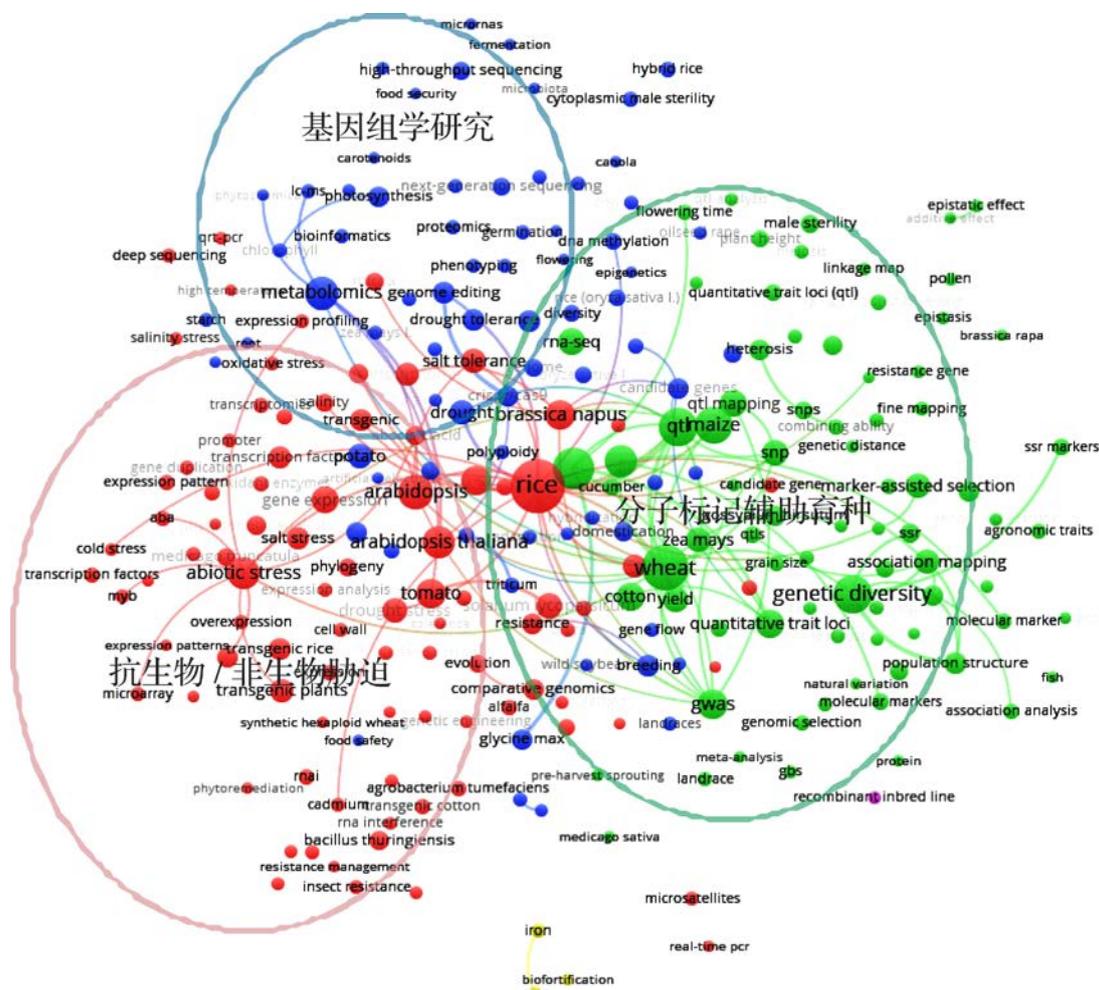


图4 作物育种研究论文主题分布

Fig. 4 The thematic analysis of papers on crop breeding of papers on crop breeding

高被引论文(Highly Cited paper)分析是基于基本科学指标数据库(ESI)中的31篇育种领域相关的高被引论文或热点论文的解读。总体而言,高被引论文涉及了玉米、小麦、水稻、番茄和模式植物等物种,研究内容主要集中在基因编辑技术(7篇)和抗生物/非生物胁迫(7篇)等方面。

2.4 中国和美国表现突出,是作物育种领域科技产出大国

在总体论文中,中国发文量最多,以964篇位居第1,占该领域总发文量的35%,是美国发文量

的2倍多;美国发文405篇,排名第2;印度发文数量为169篇,排名第3;韩国发文数量为100篇,排名第4;日本发文99篇,排名第5;德国、澳大利亚、巴西、加拿大、法国和意大利紧随其后,发文数量分别为89篇、67篇、58篇、56篇、46篇和46篇(表3)。

在高水平论文中,作物育种相关的高水平论文共计477篇。其中,中国发表的高水平论文数量最多,为136篇;其次是美国,共117篇;德国排名第3,发文量为38篇(表4)。

表 3 作物育种领域主要发文国家

Table 3 The number of papers in major countries

排序 Rank	国家 Country	发文量 No. of publications
1	中国 China	964
2	美国 USA	405
3	印度 India	169
4	韩国 South Korea	100
5	日本 Japan	99
6	德国 Germany	89
7	澳大利亚 Australia	67
8	巴西 Brazil	58
9	加拿大 Canada	56
10	法国 France	46
10	意大利 Italy	46
11	英国 UK	43
12	巴基斯坦 Pakistan	41
13	墨西哥 Mexico	36
14	荷兰 Netherlands	35
15	西班牙 Spain	34
16	波兰 Poland	25
16	俄罗斯 Russia	25
16	土耳其 Turkey	25
17	伊朗 Iran	23
17	菲律宾 Philippines	23

表 4 作物育种领域高水平论文主要发文国家

Table 4 The number of high level papers in the Top 10 countries

排名 Rank	国家 Country	发文量 No. of publications
1	中国 China	136
2	美国 USA	117
3	德国 Germany	38
4	澳大利亚 Australia	25
5	法国 France	20
6	日本 Japan	15
7	加拿大 Canada	14
8	英国 UK	13
9	韩国 South Korea	12
10	荷兰 Netherlands	11

从专利申请量来看,位居前 5 位的国家分别为中国(1414 件)、美国(725 件)、瑞士(92 件)、韩国(52 件)和荷兰(61 件);中国和美国是作物育种专利申请大国,两个国家专利申请量的总和占前 5 位

国家专利申请总量的 91.3%。在上述 5 个国家中,对其专利授权量进行排名,依次为美国(975 件)、中国(447 件)、瑞士(99 件)、韩国(71 件)和荷兰(17 件)。此外,比利时、德国和日本等国家的专利申请量不高,均在 40 件以下,但相对而言,其专利授权数量较高,分别为 32 件、17 件和 27 件(图 5)。总体而言,中国的作物育种专利申请量最多,而美国则是授权专利数量最多的国家。

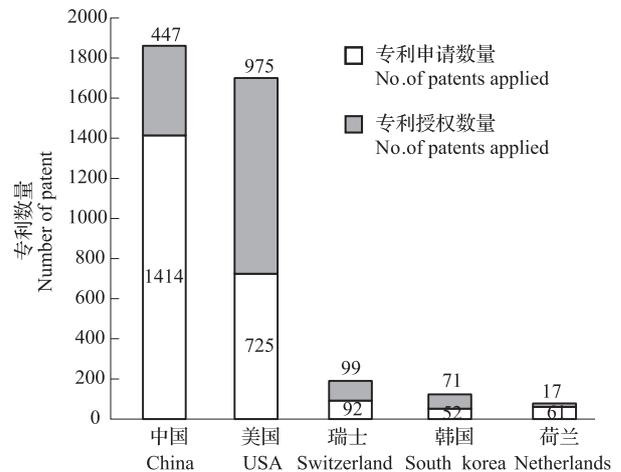


图 5 作物育种专利主要申请国
Fig. 5 The Top 5 patents application countries in crop breeding

对作物育种 PCT 专利分析表明,美国和中国拥有的 PCT 专利数量位居前两位,其专利数量及占比分别为 42 件(35.9%)和 19 件(16.2%);比利时和荷兰均以 6.8% 的占比并列第 3,PCT 专利量为 8 件;英国和日本均以 6 件的申请并列第 4,占比为 5.1%;并列第 5 的国家为法国和意大利,PCT 申请量均为 4 件,占比 3.4%。澳大利亚、瑞士、西班牙、韩国等国家的 PCT 专利数量均在 3 件以下(图 6)。中国的 PCT 申请专利内容涉及植物雄性育性相关蛋白及其编码基因、植物抗性基因、抗草甘膦转基因大豆和水稻、光温敏核不育水稻、玉米淀粉调控基因、小麦抗性植株培育等。

2.5 中国农业科学院、中国科学院等公益性机构是基础研究论文的发文主体,孟山都、杜邦先锋等跨国企业是专利技术的研发主体

在总体论文中,中国农业科学院在该领域发文数量最多,为 73 篇;华中农业大学和中国农业大学紧随其后,分别发文 57 篇和 56 篇。我国机构在作物育种发文量上表现突出,全球发文量在 15 篇以上(含 15 篇)的机构有 20 个,我国机构占据其中 13 个席位(图 7)。

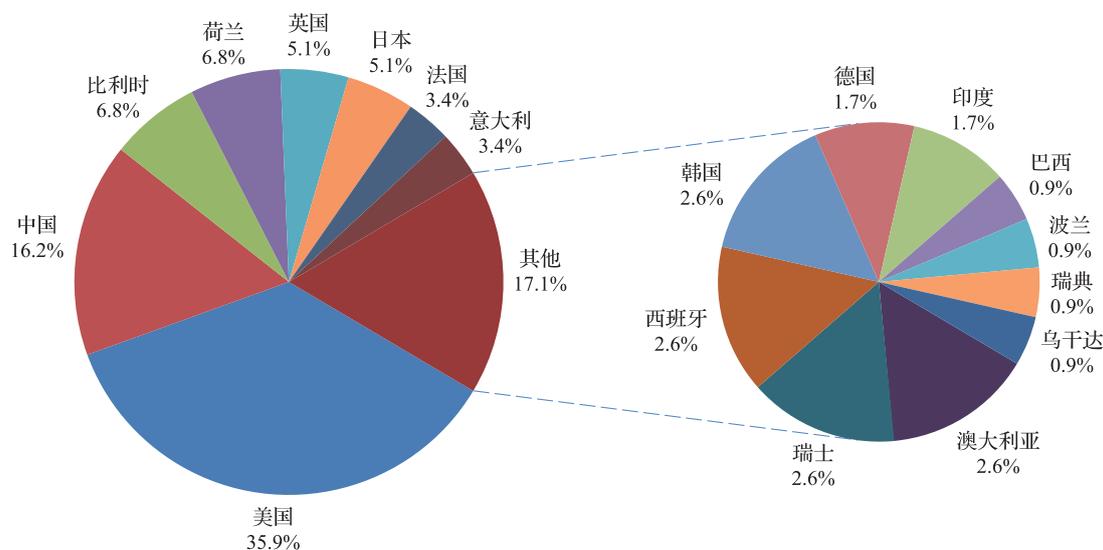


图 6 主要国家作物育种 PCT 专利申请情况

Fig. 6 PCT patents application in major countries



图 7 作物育种领域论文数量排名前 20 机构

Fig. 7 The number of papers in Top 20 institutions

在高水平论文中,中国科学院在作物育种领域发表的论文数量最多,为 19 篇,排名第 1;华中农业大学发文 15 篇,排名第 2;中国农业大学发文 11 篇,排名第 3,美国农业部农业研究局发文 10 篇,排名第 4。在排名前 11 位的机构中,我国机构占据了 4 个(图 8)。

从专利申请量来看,前 5 位机构的排序依次为

孟山都(247 件)、陶氏益农(174 件)、杜邦先锋(165 件)、先正达(91 件)和拜耳作物科学(70 件);中国机构的专利申请量与国外机构的专利申请量差距明显,华中农业大学等 5 家中国机构的专利申请量在 44 件以下,排在第 6~10 位。从专利授权量来看,排名前 5 位的机构依然为上述农业跨国企业,依次为孟山都(415 件)、杜邦先锋(286 件)、陶氏益农(187 件)、



图 8 作物育种领域高水平论文主要发文机构

Fig. 8 The number of high level papers in major institutions

先正达(96 件)和拜耳作物科学(41 件)。中国农业科学院作物科学研究所的专利授权量排在第 6 位,为 35 件。由此可见,孟山都、陶氏益农、杜邦先锋、先正达和拜耳作物科学等农业跨国企业在作物育种领域的专利申请非常活跃(表 5)。

表 5 作物育种专利主要申请机构

Table 5 The patent numbers of Top10 institutions in crop breeding

机构名称	专利申请数量	专利授权数量
Organizations	No. of patents applied	No. of patents licensed
孟山都 Monsanto	247	415
杜邦先锋 Dupont pioneer	165	286
陶氏益农 Dow AgroSciences	174	187
先正达 Syngenta	91	96
拜耳作物科学 Bayer	70	41
中国农业科学院作物科学研究所 Institute of crop science, CAAS	39	35
南京农业大学 Nanjing Agricultural University	40	16
中国农业大学 China Agricultural University	41	12
华中农业大学 Huazhong Agricultural University	43	9
江苏省农业科学院 Jiangsu Academy of Agricultural sciences	37	12

PCT 专利中,杜邦先锋公司以 13 件 PCT 专利排名第 1,专利内容涉及大豆、玉米种质资源鉴定与利用,研发重点是重要农艺性状基因的挖掘,包括花期调控基因、抗倒伏基因、抗褐茎腐病分子标记等。

拜耳作物科学的 PCT 专利申请量排在第 2 位(11 件),专利内容涉及黄瓜产量 QTL、西瓜育种、分子标记及其在小麦等 G 型细胞质雄性不育育性恢复基因中的应用。中国科学院遗传与发育生物学研究所所以 3 件 PCT 专利申请量与其他 6 家国外机构并列第 4,专利内容主要涉及通过核苷酸定点替换获得抗草甘膦水稻的方法、植物雄性育性相关的蛋白及其编码基因的应用以及抗白粉病小麦植株培育(表 6)。

表 6 PCT 专利主要申请机构

Table 6 The major application institutions for PCT patents in crop breeding

机构名称	PCT 专利数量	所属国家
Organizations	No. of PCT	Country
杜邦先锋 Dupont Pioneer	13	美国
拜耳作物科学 Bayer	11	德国
陶氏益农 Dow AgroSciences	9	美国
孟山都 Monsanto	9	美国
中国科学院遗传与发育生物学研究所 Institute of Genetics and Developmental Biology, CAS	3	中国
英国英美烟草集团 British American Tobacco	3	英国
澳大利亚联邦科学与工业研究院 CSIRO	3	澳大利亚
日本钟渊化工 KANEKA	3	日本
RIJK ZWAAN 种子公司 RIJK ZWAAN seed company	3	荷兰
先正达 Syngenta	3	瑞士
Vilmorin & Cie 集团 Vilmorin & Cie Groups	3	法国

3 国内外作物育种领域科技产出对比分析

3.1 我国的论文总量和高水平论文数量均较高,美国的高水平论文比例较高,德国的发文少而精

从总体研究论文数量来看,我国在育种领域占据了绝对优势,以 964 篇位居第 1,约占该领域总发文量的 35%。从发文机构来看,我国机构在作物育种发文量上表现突出;全球发文量 Top 20 机构中,我国占据其中 13 个席位,并且排名前 5 位的机构中有 4 家来

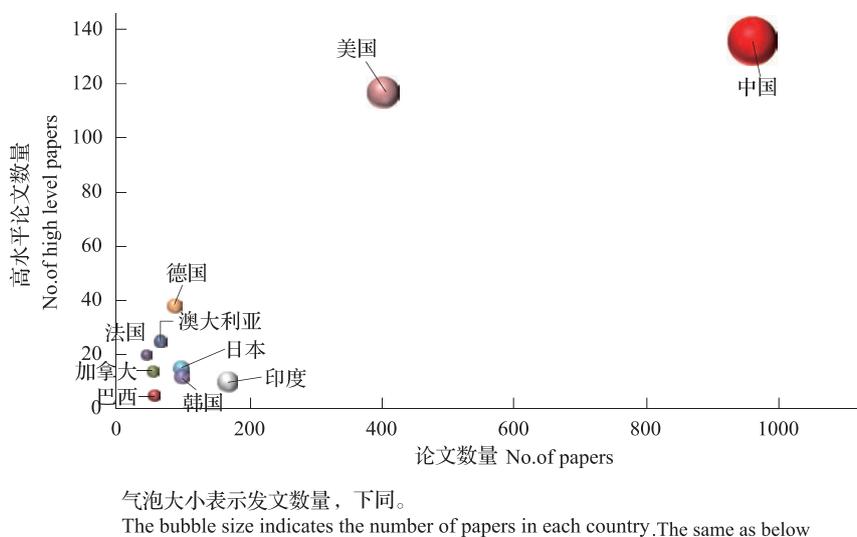


图 9 主要国家论文数量和高水平论文数量分析

Fig. 9 Comparison of major countries based on the number of papers and the number of high level papers

3.2 我国在育种创新链以及各类作物的基础研究中,均有较明显优势

从创新链环节来看,除了全基因组选择和自交不亲和技术外,我国在种质资源鉴定与利用、基因组学研究和其他 7 种育种技术的发文量均排名第 1,并且在基因组学、远缘杂交、杂种优势利用、分子设计育种、转基因育种领域的发文数量优势十分明显(图 10)。

从作物种类来看,除了番茄外,我国在水稻、小麦、玉米、模式植物等 10 种物种中发文量均排名第 1,并且在除马铃薯和番茄外的其他 9 种物种中的发文数量优势明显,尤其是在水稻中,比排名第 2 位的印度发文数量多出近 200 篇(图 11)。

3.3 中、美两个受理国的作物育种专利申请呈现出各自特点

从图 12 可知,全球作物育种领域专利的研发热点涉及杂种优势利用、分子标记、玉米育种、大豆育种、组织培养、基因重组表达、基因定量检测、耐除草剂与抗虫转基因大豆培育等。在中国,受理的相关

自中国,中国农业科学院以 73 篇排名全球第 1。同时,我国在高水平论文中也表现突出,以 136 篇位居首位。

以育种领域发文数量为横坐标,高水平期刊发文数量为纵坐标,绘制发文数量 TOP 10 国家的对比图。结果表明,我国在作物育种领域表现突出,不仅总体发文数量遥遥领先,而且高水平论文数量也最多;美国的总体论文数量虽不及中国一半,但是高水平论文数量接近中国,其高水平论文比例明显高于中国;德国的总体论文数量虽然不多,但是高水平论文数量接近本国发文量的一半,研究论文质量较高(图 9)。

专利主要集中在杂种优势利用、基因重组表达、组织培养、分子标记和基因定量检测等基础研究领域,专利申请主体为大学和研究机构。在美国,受理的相关专利主要集中在大豆、玉米的自交系培育,专利申请主力军为孟山都和先正达等跨国企业(图 12)。

3.4 中、美两国高被引研究论文数量并列第 1,各国研究主题不尽相同

中国和美国各拥有 8 篇高被引论文,并列第 1(表 7)。其中,美国主要发文机构既包括美国农业部农业研究局等研究机构或大学,也有跨国企业如杜邦先锋;其研究内容涉及作物基因编辑(小麦、玉米和番茄)、全基因组关联分析、基因组注释等。中国主要发文机构为中国科学院、中国农业科学院、安徽省农业科学院、华中农业大学、上海交通大学、扬州大学、西北农林科技大学等公益性研究机构。相关研究内容涉及作物基因编辑(水稻和小麦)、连锁图谱及 QTL 等;从作物种类来看,水稻相关研究成果较为突出,共有 4 篇高被引论文;小麦高被引论文数量为 2 篇,位居其后。

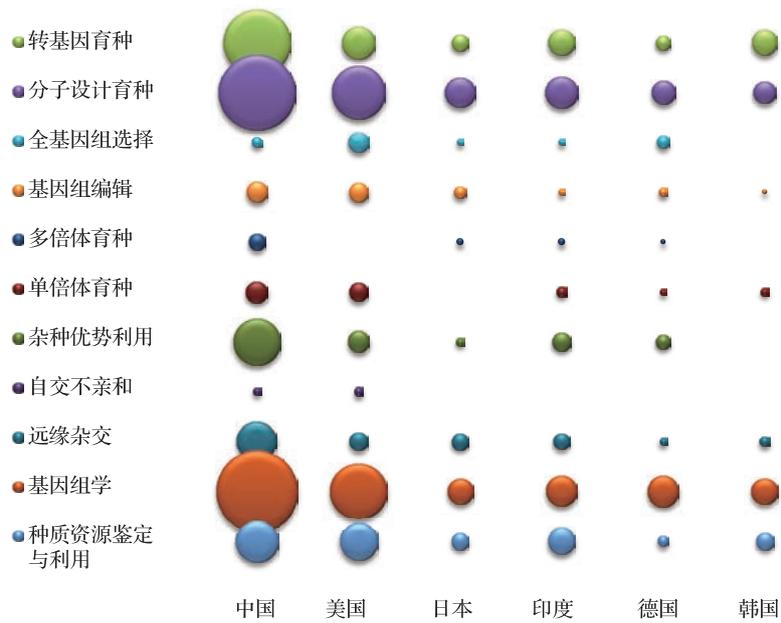


图 10 主要发文国家在各个领域的发文分布

Fig. 10 Comparison of the number of papers in different subdomains of major countries

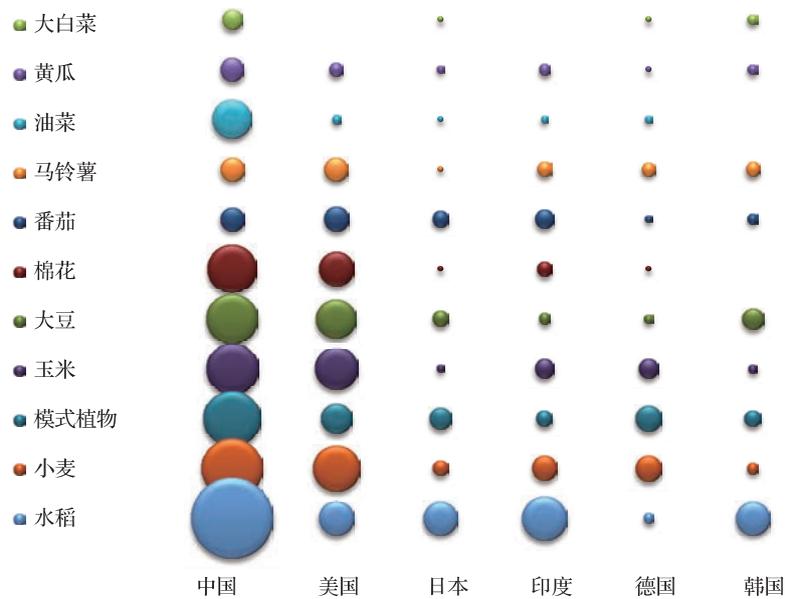


图 11 主要发文国家在各个物种的发文分布

Fig. 11 Comparison of the number of papers in different crops of different countries

德国发表了 3 篇高被引论文,涉及小麦抗白粉病基因、玉米不同生长期生物量的遗传分析、基因编辑等。荷兰发表了 2 篇高被引论文,均来自瓦赫宁

根大学,涉及了植物-病原菌互作、植物应对多重胁迫的响应分子机理。澳大利亚发表了 2 篇高被引论文,涉及小麦抗逆、小麦抗锈病基因等。

表 7 育种领域高被引论文分析

Table 7 Analysis of high cited papers in crop breeding

国家 Country	高被引论文数量 No. of high cited papers	主要机构 Main units	被引次数 No. of times cited	涉及内容 Contents	涉及物种 Species
美国 USA	8 篇	明尼苏达大学 克雷格·文特尔研究所 杜邦先锋 爱荷华大学 美国农业部农业研究局 威斯康辛大学 科罗拉多州立大学 冷泉港实验室	85	基因编辑(3 篇); 全基因组关联; 基因组注释; 番茄花期调控机理研究; 短柄草花期 QTL 定位	玉米(2 篇) 番茄(2 篇) 小麦(1 篇) 模式植物(3 篇)
中国 China	8 篇	中国科学院遗传与发育生物学研究所(2 篇) 上海交通大学 扬州大学 西北农林大学 安徽省农业科学院 中国农业科学院作物研究所 华中农业大学	58	基因编辑(2 篇); 连锁图谱/QTL(2 篇); 黄瓜果实形状 QTL 定位; 多倍体育种; 花粉发育	水稻(4 篇) 小麦(2 篇) 黄瓜(1 篇) 玉米(1 篇)
德国 Germany	3 篇	莱布尼茨植物遗传与作物研究中心等	21	基因编辑; 抗病; 生物量	小麦 玉米 模式植物
荷兰 Netherlands	2 篇	瓦赫宁根大学(2 篇)	10	抗胁迫;植物-病原菌互作	番茄 拟南芥
澳大利亚 Australia	2 篇	悉尼大学等	14	抗逆;抗病	小麦

参考文献

- [1] 中华人民共和国科学技术部. 主要农作物育种重点专项实施方案 [EB/OL]. (2015-02-16) [2018-01-10] http://www.most.gov.cn/kjih/xmsb/sbzj/201502/t20150216_118252.htm
- [2] 郑彦宁,许晓阳,刘志辉. 基于关键词共现的研究前沿识别方法研究[J]. 图书情报工作,2016,60(4):85-92
- [3] 吴健,李子运,王洪梅. 基于关键词共现聚类的深阅读研究热点分析[J]. 图书馆建设,2016(12):53-59
- [4] 高凯. 文献计量分析软件 VOSviewer 的应用研究[J]. 科技情报开发与经济,2015,25(12):95-98
- [5] 刘桂锋,卢章平,宋新平. 专利地图和知识图谱视角的大数据比较研究[J]. 图书情报知识,2015(5):89-98