

DOI: 10.16861/j.cnki.zggc.202423.0286

基于全球黄瓜分子育种专利技术的创新态势分析

王玲燕, 彭东, 胡晓强, 李军利, 吴家静, 朱红彩

(新乡市农业科学院 河南新乡 453000)

摘要: 为研究黄瓜分子育种领域的全球专利发展趋势、研发热点、区域分布和技术布局, 揭示黄瓜分子育种的创新态势, 笔者的研究基于德温特创新索引国际专利数据库(DII), 借助 DDA 分析工具对 1987—2022 年全球黄瓜分子育种技术发展态势进行了归纳分析。结果表明, 黄瓜分子育种技术整体呈快速发展的趋势; 植物基因工程与遗传育种是各大技术布局的核心; 中国的申请量最多, 美国申请量第二; 孟山都、先正达、拜尔以及陶氏、巴斯夫等国际育种巨头企业均在主要国家进行了专利布局, 中国在该领域专利数量较多, 中国农业科学院、上海交通大学、中国农业大学以及南京农业大学 4 家机构入围全球前 10; 深入分析表明, 种质鉴定与创新、抗生物胁迫、方法改进与技术革新是黄瓜分子育种技术领域当前的研发热点。综上, 分子育种是黄瓜育种领域的前沿技术, 发展速度快, 种质材料创新、抗性与技术革新是研发热点, 我国的专利申请量和研究机构最多, 是全球最受重视的技术市场。这些研究结果可为我国在黄瓜生物育种技术领域合理部署、完善知识产权布局提供一定借鉴。

关键词: 黄瓜; 分子育种; 专利技术; 态势分析

中图分类号: S642.2

文献标志码: B

文章编号: 1673-2871(2024)02-143-07

Innovation situation analysis based on global patent technology of cucumber molecular breeding

WANG Lingyan, PENG Dong, HU Xiaoliang, LI Junli, WU Jiajing, ZHU Hongcai

(Xinxiang Academy of Agricultural Sciences, Xinxiang 453000, Henan, China)

Abstract: In order to study the global patent development trend, research and development hot spots, regional distribution and technical layout in the field of cucumber molecular breeding, and reveal the innovation trend of cucumber molecular breeding, this paper summarizes and analyzes the global development trend of cucumber molecular breeding technology from 1987 to 2022 based on Derwent Innovation Index International Patent Database(DII) with the help of DDA analysis tool. The results show that, the molecular breeding technology of cucumber is developing rapidly. Plant genetic engineering and genetic breeding are the core of each technology layout. China has the largest number of applications, with the US being the second. Monsanto, Syngenta, Bayer, Dow, BASF, etc. have all carried out patent layout in major countries, and China has a relatively large number of patents in this field, with Chinese Academy of Agricultural Sciences, Shanghai Jiaotong University, China Agricultural University and Nanjing Agricultural University among the top 10 institutions in the world. In-depth analysis shows that germplasm identification and innovation, resistance to biological stress, method improvement and technology innovation are the research and development hotspots in the field of molecular breeding technology of cucumber. In conclusion, molecular breeding is the preface technology in the field of cucumber breeding, with a rapid development trend. The innovation of germplasm materials, resistance and technological innovation are the hot spots of research and development. China has the largest number of patent applications and research institutions, making it the most valued technology market in the world. The results of this study provide a reference for the rational deployment of cucumber biological breeding technology and the improvement of intellectual property distribution in China.

Key words: Cucumber; Molecular breeding; Patented technology; Situation analysis

黄瓜(*Cucumis sativus* L.)属葫芦科一年生草本植物, 在世界范围内广泛栽培, 在全球蔬菜供应中具有举足轻重的地位^[1-2]。2020 年全球黄瓜种植面

积约 225 万 $\text{hm}^{2[3]}$, 其中, 中国黄瓜产量约占世界总产量的 70%。分子育种技术可以实现基因的直接选择和有效聚合, 大幅度提高育种效率, 缩短育种

收稿日期: 2023-05-09; 修回日期: 2023-09-05

基金项目: 河南省软科学研究计划项目(222400410300)

作者简介: 王玲燕, 女, 副研究员, 研究方向为农业信息化。E-mail: xxnkywly@126.com.

通信作者: 彭东, 男, 研究员, 研究方向为农作物生物育种及其产业化。E-mail: 18937301680@189.cn

年限,实现“精确育种”^[4-5]。我国在水稻(*Oryza sativa* L.)、玉米(*Zea mays* L.)、大豆[*Glycine max* (L.) Merr.]、棉花(*Gossypium herbaceum* L.)、番木瓜(*Carica papaya* L.)等农作物,以及畜禽疫苗的转基因技术研发方面,已经取得了突破性进展^[6]。2009年,我国主持完成黄瓜全基因组的测序和分析^[7]。

美国、日本、澳大利亚等发达国家注重对功能基因的分析、挖掘、利用以及分子机制的研究,在水稻、小麦(*Triticum aestivum* L.)、玉米、棉花和大豆等作物上拥有的基因专利数量超过全球总数的70%^[8-9]。黄瓜是我国园艺作物中鲜少依赖外国品种的作物,为进一步把握我国黄瓜种业发展的主动权,持续领跑国际黄瓜产业的国际领先地位,我国众多科研单位在黄瓜基础研究、应用基础研究等领域取得了重要进展和显著成就,如南京农业大学^[10]开展了黄瓜分子育种研究,在种间杂交和渐渗育种、单倍体/双单倍体培养、目标基因的发掘与应用,以及优良品种的选育与应用等方面取得了突破性进展。上海交通大学^[11]构建了6张高质量的黄瓜分子标记遗传图谱,并不断更新,一直是国内外黄瓜领域最有代表性的分子标记遗传图谱。共检测了包括花、果实、侧枝、抗病性等18个相关性状的130 quantitative trait locus(QTL)。对黄瓜的性型、果瘤、抗白粉病、表皮毛等4个性状进行了精细定位,并首次图位克隆和鉴定了这些基因的功能。河南农业大学^[12]针对西瓜、黄瓜等瓜类作物育种中的瓶颈问题和关键技术难题,重点围绕株型、抗逆、品质等性状的优异基因定位和分子育种技术开展研究,已精细定位到多个与株型、耐低温和品质等相关的基因,为瓜类作物轻简化生产和品质育种提供了具有自主知识产权的基因资源。

专利作为技术信息最有效的载体,能够更好地揭示技术创新程度,囊括了全球90%以上的最新技术情报^[13-14]。因此,对黄瓜分子育种技术领域的专利分析有利于研发人员了解该技术的创新情况、成熟状况以及发展前景等。笔者基于德温特创新索引国际专利数据库(Derwent innovations index, DII),利用德温特数据分析软件(Derwent data analyzer, DDA),通过对1987—2022年全球黄瓜分子育种专利进行深入分析,全面了解该领域发展趋势、研发热点、区域分布和技术布局。以期为我国政府和科研部门制定发展规划提供决策依据。

1 数据集构建及分析工具

1.1 数据来源

分析数据源自汤森路透公司推出的德温特新索引国际专利数据库(DII),该数据库合并了德温特世界专利索引(Derwent world patents index, DW-PI)与德温特专利引文索引(Derwent patents citation index, DPCI)。可以通过DII数据库检索专利文献以及专利引用情况,也可以使用Derwent Chemistry Resources(德温特化学资源数据库)进行化学结构式检索。数据可回溯至1963年。

1.2 检索条件

采用主题词的方式进行检索,在DII数据库中,利用检索式:TS=cucumber* and (molecular near/1 breed* or “molecular mark*” or “transgen*” or “gene edit*” or “genome* select*”)进行检索。共得到全球黄瓜分子育种技术945个专利家族。关键词选取包括:申请年份、IPC分类、国家地区分类等。检索数据的时间跨度为1987年1月1日至2022年12月31日。数据检索日期2023年2月17日。

1.3 分析工具

借助科睿唯安公司的德温特数据分析工具(Derwent data analyzer, DDAV11),将论文数据导入DDA软件进行数据清洗等操作并导出数据作图分析。对全球黄瓜分子育种专利技术创新现状及态势进行分析研究。

2 结果与分析

2.1 全球黄瓜分子育种专利的发展趋势分析

黄瓜分子育种技术专利申请趋势如图1所示。从整体时序分布上看,国际黄瓜分子育种相关核心专利于1987年开始出现,申请量整体呈上升趋势。1987—1998年为萌芽阶段,年度申请数量较少,年均不超过4项,仅占全部申请量的2.63%;1999—2014年处于波浪式上升阶段,专利申请数量大幅提升,年均55项,2014年最多,105项,此期占比57.33%;2015年之后申请数量稍有下降。此外,由于专利自申请到公开存在一定的滞后期,所以,2020—2022年数据仅供参考。

2.2 全球黄瓜分子育种专利重点技术领域分析

按照国际专利分类号(International Patent Classification, IPC)对技术领域分类进行统计,根据1987—2022年全球黄瓜分子育种IPC小组专利申请量统计结果(表1),研发热点排名前10的相关技

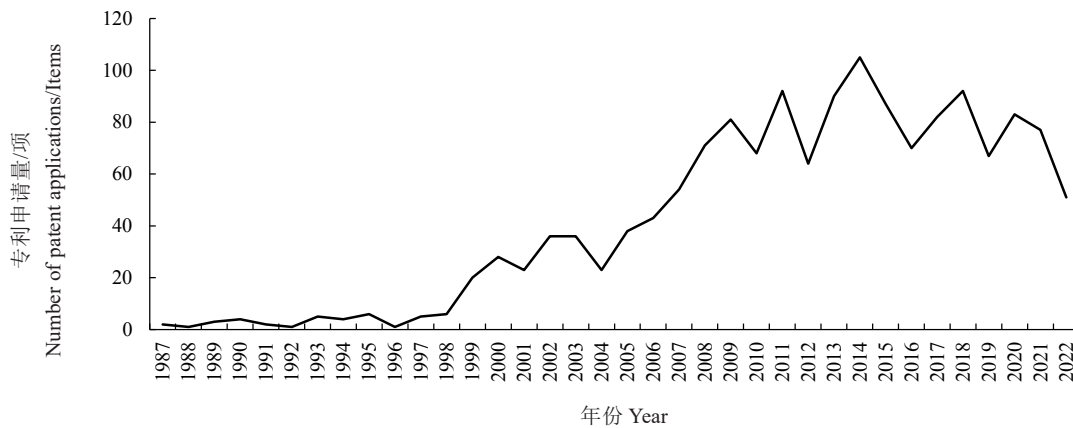


图 1 1987—2022 年全球黄瓜分子育种专利申请数量的年度变化趋势

Fig. 1 The annual trend of patent applications in cucumber molecular breeding from 1987 to 2022

表 1 1987—2022 年全球黄瓜分子育种专利申请量居前的主要创新领域

Table 1 The main innovation fields in cucumber molecular breeding with the highest number of patent applications in the world from 1987 to 2022

排名 Ranking	IPC 分类号 IPC classification number	专利申请量/项 Number of patent applications/Item	涉及技术领域 Technical field
1	C12N-015/82	563	遗传育种中植物细胞宿主载体表达系统构建 Construction of plant cell host vector expression system in genetic breeding
2	A01H-005/00	489	有花植物,即被子植物 Flowering plants, angiosperms
3	C12N-015/29	231	编码植物蛋白质,如奇甜蛋白(thaumatin)的基因 Genes that encode plant proteins, such as thaumatin
4	A01H-001/00	207	改良基因型的方法 Methods for improving genotypes
5	C07K-014/415	204	具有多于 20 个氨基酸的肽;生长激素释放抑制因子;来自植物 Peptides with more than 20 amino acids; Growth hormone release inhibitory factor; plant
6	A01H-005/10	175	种籽的改良 The improvement of seeds
7	C12N-005/10	173	经引入外来遗传物质而修饰的细胞 Cells modified by the introduction of foreign genetic material
8	C12N-015/11	171	遗传工程涉及的 DNA 或 RNA 片段 Genetic engineering involves segments of DNA or RNA
9	C12N-005/04	139	植物细胞或组织培养 Plant cell or tissue culture
10	C12Q-001/68	137	核酸的测定或检验方法 Method for determining or testing nucleic acids

术涉及较多分支领域,主要集中于 C12N-015/82、A01H- 005/00、C12N- 015/29、A01H- 001/00、C07K- 014/415、A01H- 005/10、C12N- 005/10、C12N-015/11、C12N-005/04、C12Q-001/68 等领域。从 IPC 分布可以看出,目前在植物基因工程与遗传育种、植物种质资源与改良、品质改良基因的检测与表达等方面是黄瓜分子育种研究领域的重点。

对重点领域的专利申请量进行统计分析(图 2),C12N-015/82 和 A01H-005/00 两个类别在领域

中发展最快,从 1997 年开始申请量远远超过其他类别,充分说明植物基因工程与遗传育种、植物种质资源与改良是遗传育种技术的关键,且植物基因工程与遗传育种是各大技术布局的核心。

2.3 全球黄瓜分子育种专利主要申请国家(地区)分析

不同国家(地区)专利申请量可以体现该国的研发能力。由图 3 可以看出,全球黄瓜分子育种专利申请量排名前 10 的国家/地区依次为美国、中国、

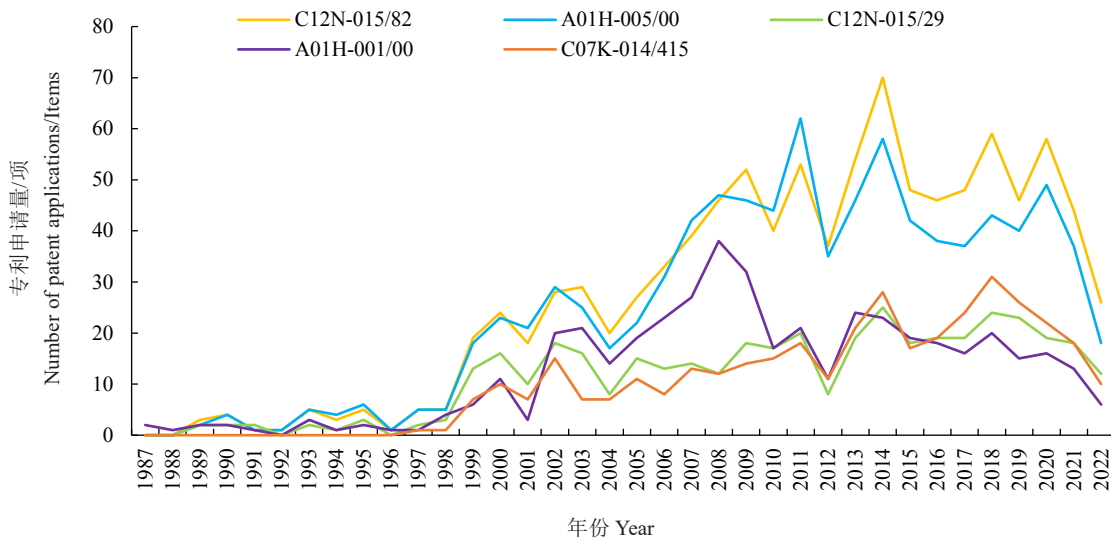


图2 黄瓜分子育种专利 IPC 分类重点领域申请量

Fig. 2 The patent applications number of cucumber molecular breeding in key fields of IPC classification

欧洲、澳大利亚、巴西、加拿大、日本、韩国、印度和墨西哥。其中,中国以 479 项(占比 22.15%)专利位居首位,美国以 470 项(占比 21.73%)排列第二,二者占比达 43.88%。可以看出,中国和美国在黄瓜分子育种专利技术方面具有显著优势,是主要的技术来源国,从产业发展角度来看,这两个国家的重视

程度更高,在专利战略方面也作了更有效的布局。

此外,欧洲(239 项,占比 11.05%)、澳大利亚(177 项,占比 8.18%)、巴西(158 项,占比 7.30%)、加拿大(151 项,占比 6.98%)、日本(139 项,占比 6.43%)、韩国(120 项,占比 5.55%)、印度(119 项,占比 5.50%)、墨西哥(111 项,占比 5.13%)在该领域内

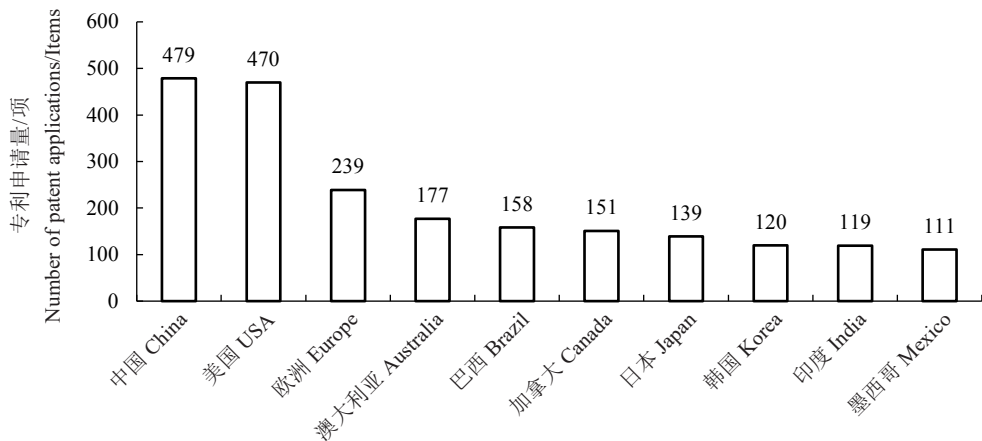


图3 黄瓜分子育种主要国家(地区)申请量

Fig. 3 The patent applications of cucumber molecular breeding in major countries(regions)

核心专利量也相对较多。

2.4 全球黄瓜分子育种专利技术分类

从图 4 可以看出,黄瓜分子育种专利技术中,转基因技术的专利最多,有 770 项,占专利申请总量的 81.5%;其次是分子标记辅助育种技术,有 161 项,占 17.0%;黄瓜在世界范围内种植面积很大,基因编辑技术仅有 31 项,说明在该领域的专利布局有所欠缺,基因编辑技术“创造变异”是弯道赶超的

前沿技术,这可能是未来研发者创新的重点领域。全基因组选择技术最少,仅有 3 项,是目前亟待发展的方向。

自 1986 年 Trulson 等^[15]首次成功获得转基因黄瓜材料以来,Nishibayashi 等^[16]、Lee 等^[17]、刘文萍等^[18]、白吉刚等^[19-20]、魏爱民等^[21-22]、李泠等^[23]、赖来等^[24]、张文珠等^[25]、李远新等^[26]、王翠艳等^[27]通过遗传转化方法对外植体导入外源目的基因,获得转基因

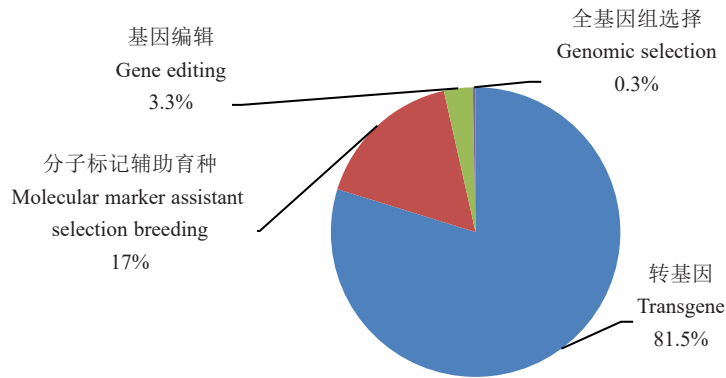


图4 不同技术在黄瓜分子育种专利的申请情况

Fig. 4 The patent applications of different technologies in cucumber molecular breeding

黄瓜材料,在抗逆境、抗病虫害及优质高产等方面取得新突破。

分子标记辅助育种技术已渗透到黄瓜遗传育种研究的各个方面,如顾兴芳等^[28]、李宗扬等^[29]、苗晗等^[30-33]、李恒松等^[34]、丁国华等^[35]的研究都有涉及。与小麦、水稻^[36]等作物相比,黄瓜分子标记研究进程相对缓慢。

2.5 全球黄瓜分子育种专利主要申请机构竞争力分析

根据黄瓜分子育种相关专利权人的统计情况(表2),其中孟山都科技公司、拜耳作物科学公司等机构是该领域专利申请量居前15位的专利权人。在这15个专利权人中,从所属国家来看,来自美国

的有5个、中国的有4个、德国的有2个、荷兰的有2个、瑞士的有1个、韩国的有1个。从专利权人性质来看,有10个是企业,3个是高校,1个是研究机构,1个是政府机构。美国农业部将孟山都、杜邦、先正达以及拜尔、陶氏、巴斯夫合称为“六巨头”(big six),它们的共同特点是在农作物种子和农业化工两个领域都有强大的技术实力和重要的市场地位。因此,美国和德国的科研产出较为集中。中国农业科学院蔬菜花卉研究所黄瓜种质资源和遗传育种研究、生物技术育种研究等方面取得了一系列重要进展和成果。“中农”黄瓜系列新品种的育成,推动了我国黄瓜遗传育种研究的发展。可以看出,当前科研院所和高校仍是我国黄瓜分子育种领

表2 全球黄瓜分子育种专利主要专利权人(排名居前15位)及其专利申请量

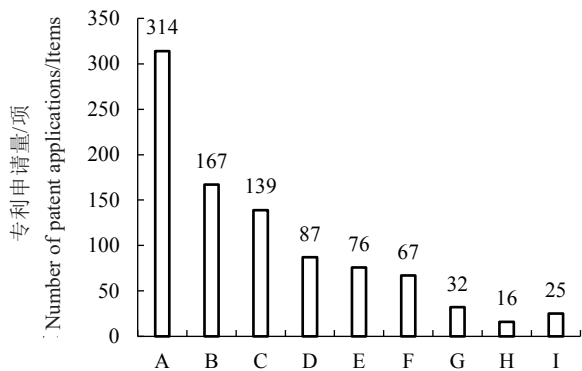
Table 2 Main patentees of cucumber molecular breeding patents in the world (ranking top 15) and their patent applications

排序 sort	专利权人 patentee	所属国家 Home country	专利权人性质 Nature of patentee	专利申请量/项 Number of patent applications/Items
1	孟山都科技公司 Monsanto Technologies	美国 America	企业 Firm	63
2	拜耳作物科学公司 Bayer Crop Science	德国 Germany	企业 Firm	58
3	塞米尼斯蔬菜种子子公司 Seminis Vegetable Seed Company	美国 America	企业 Firm	45
4	中国农业科学院 Chinese Academy of Agricultural Sciences	中国 China	研究机构 Research institution	41
5	纽内姆公司 The Newnem Company	荷兰 Netherlands	企业 Firm	33
6	上海交通大学 Shanghai Jiaotong University	中国 China	高校 Colleges and universities	27
7	康奈尔研究基金公司 Cornell Research Fund	美国 America	企业 Firm	26
8	中国农业大学 China Agricultural University	中国 China	高校 Colleges and universities	25
9	南京农业大学 Nanjing Agricultural University	中国 China	高校 Colleges and universities	24
10	孟德尔生物技术公司 Mendel Biotechnology	美国 America	企业 Firm	22
11	先正达公司 Syngenta Corporation	瑞士 Switzerland	企业 Firm	20
12	巴斯夫公司 BASF	德国 Germany	企业 Firm	13
13	陶氏益农公司 Dow Agrochemicals	美国 America	企业 Firm	11
14	安莎种子子公司 Ansa Seed Company	荷兰 Netherlands	企业 Firm	11
15	韩国农村振兴厅 Korea Rural Development Agency	韩国 Korea	政府机构 Government agency	11

域的主力,拥有较强研究实力。

2.6 黄瓜分子育种领域热点研究

从图5可以看出,黄瓜分子育种专利主要集中在种质鉴定与创新、抗生物胁迫、方法改进与技术革新等方面。种质鉴定与创新方面的专利申请量最多,为314项,占比34.02%,主要涉及转基因植株、雄性不育系、新种质材料、自交系和新杂交种方面,其中转基因植株研究的专利最多,占该类的46.82%;抗生物胁迫方面的专利有167项,位居第2,占比18.09%,主要涉及抗除草剂、抗虫和抗病方面;方法改进与技术革新方面排第3,专利达到139项,占比为15.06%,主要涉及新的分子标记与分子标记辅助育种、重组载体、重组多核苷酸、植株再生方面。另外,基因与氨基酸序列主要涉及新的核酸(分子)、核酸序列、(特定)氨基酸序列、单基因座转换、(特定)碱基对序列等方面;农艺性状改良主要涉及果实、产量、第一坐果节位、侧芽等方面;品质改良主要涉及脂肪酸代谢修饰、绿肉、碳水化合物代谢修饰、活性成分等方面。



注: A. 种质鉴定与创新; B. 抗生物胁迫; C. 方法改进与技术革新; D. 基因与氨基酸序列; E. 农艺性状改良; F. 生长发育; G. 品质改良; H. 抗非生物胁迫; I. 其他。

Note: A. Germplasm identification and innovation; B. Resistance to biotic stress; C. Method improvement and technological innovation; D. Genes and amino acid sequences; E. Improvement of agronomic traits; F. Growth and development; G. Quality improvement; H. Resistance to abiotic stress; I. Others.

图5 全球黄瓜分子育种专利热点领域分布

Fig. 5 The hotspot distribution of cucumber molecular breeding patent in the world

3 讨论与结论

3.1 专利技术创新点

分析发现,全球黄瓜分子育种专利技术申请量整体呈上升的态势,2014年申请量达最高值。从

IPC分布可以看出,C12N-015/82和A01H-005/00两个类别发展最快,充分说明植物基因工程与遗传育种、植物种质资源与改良是遗传育种技术的关键,且植物基因工程与遗传育种是各大技术布局的核心。黄瓜分子育种领域的技术目标中转基因育种、分子标记辅助育种技术是热点问题,缺乏最近几年新兴的全基因组选择技术、基因编辑技术等。

中国、美国、欧洲等为国际主要技术创新国家(地区),且中、美两国是黄瓜分子育种最主要的研发国家。中国是以高校、科研院所为研发主体,以企业为市场主体进行科技创新和推广应用的趋势尚未形成,美国的研发主体则是以孟山都科技公司、塞米尼斯蔬菜种子公司、康奈尔研究基金公司、孟德尔生物技术公司以及陶氏益农公司等大型跨国集团为主。

3.2 发展建议

中国是全球第二大种质资源国,资源总量超过52万份。在分子育种技术方面,中国还有很大发展空间。

3.2.1 加快构建商业化育种体系,实现种业跨越式发展 中国种企规模小,格局分散,国家应给予种业企业财政支持做风险投资,促进企业之间、种业市场的有效竞争。2016年8月,安徽荃银高科种业股份有限公司响应农业部号召,与中国科学院韩斌院士团队等6家国内生物育种研究领域顶尖专家团队组建的国家水稻商业化分子育种技术创新联盟,联盟整合科学家资源系统建设中国特色设计育种体系,打造民族种业“中国芯”。2023年4月,先正达集团中国发布性状品牌“爱丰硕”,发力生物育种赛道,我国的高等院校、科研院所和种业企业以此为契机,通过科学分工、高效协作、优势互补,提高种业技术创新质量和效率。

3.2.2 加强我国产学研合作以促进高校科研成果转化 与国际先进水平相比,我国种业的研发能力和研发水平仍然存在较大差距,对基础性、长期性、战略性研究重视不足。现代种业已进入智能化育种4.0时代,实现基础前沿技术原创性突破须充分发挥科研院校作为基础研究主力军的作用。分子育种技术更是长期只存在于高校院所的实验室内,由于高校一般都不具有产业化生产能力,很大一部分高价值专利并没有进行成果转化,育种研发与市场脱节,产业转化不足。科研院所拥有最丰富的育种资源和育种人才,引导科研院所育种人才、技术、材料等育种资源向企业流动,加强我国产学研合作

以促进高校科研成果转化。最终通过“需求-研发-支撑”的市场化机制,推动中国种业由大到强。

3.2.3 调整专利的技术领域构成 专利的技术构成决定了产业的发展方向。我国必须制定相应的科学技术政策,积极鼓励、引导、扶持企业的专利研发,加强我国专利技术的薄弱领域。分子育种,为农业“刻划”出无数具备新性状的新品种。

目前,黄瓜分子育种运用较多的是转基因技术、分子标记辅助育种技术,缺乏最近几年新兴的全基因组选择技术、基因编辑技术等。要加大具有重要育种价值的基因挖掘和调控网络解析研究力度;要在高通量大规模基因分型技术、基因编辑技术、大孢子培养技术方面尽快实现突破;要强化抗重大和新型病害育种、优质育种、适合轻简化栽培育种、国外品种替代等方面的工作。

如何把优良的基因发掘、鉴定出来,如何进一步地杂交、分离、重组、筛选,如何对数以万计的基因重新“排列组合”,这些难题,还有待中国产业界、科研界共同努力,逐步提高农业生物品种的种植面积。

参考文献

- [1] 武涛,秦智伟,周秀艳,等.转基因技术在黄瓜性状改良中的应用及战略思考[J].中国蔬菜,2010(20): 1-8.
- [2] 刘冰,林毓娥,李玲,等.黄瓜转基因育种技术研究进展[J].广东农业科学,2011,38(15): 116-119.
- [3] 观研报告网.中国黄瓜种子行业现状深度研究与发展前景预测报告(2022—2029年)[EB/OL].[2023-05-09].<https://www.chinabaogao.com/baogao/202205/595304.html>.
- [4] 刘忠松,陈烈臣,段美娟.作物种业发展态势分析[J].科技导报,2022,40(11): 15-23.
- [5] 李竞涵.揭开玉米高产优质的基因密码[J].种子科技,2014,32(4): 25.
- [6] 旭日干.转基因30年实践[M].2版.北京:中国农业科学技术出版社,2012.
- [7] 张圣平,顾兴芳.黄瓜重要农艺性状的分子生物学[J].中国农业科学,2020,53(1): 117-121.
- [8] 张文.加快生物育种研发应用 推进农业科技自立自强[J].中国农业科技导报,2022,24(12): 8-14.
- [9] 张健.中国重要农作物生物育种产业化应用的展望[J].中国农业科技导报,2022,24(12): 15-24.
- [10] 南京农业大学.黄瓜细胞分子育种技术及优异新种质的创制[EB/OL].(2018-11-08)[2023-05-09].<https://kxyjy.njau.edu.cn/info/1143/7703.htm>.
- [11] 上海交通大学.黄瓜分子育种与推广应用[EB/OL].(2020-09-25)[2023-05-09].<http://www.inrd.sjtu.edu.cn/data/view/894>.
- [12] 河南农业大学.我校瓜类种质创新与分子育种团队在黄瓜果实外观品质改良方面取得重要研究成果[EB/OL].(2022-02-14)[2023-05-09].<https://www.henau.edu.cn/info/1114/10989.htm>.
- [13] 吴学彦,韩雪冰,戴磊.基于DII的转基因大豆领域专利计量分析[J].中国生物工程杂志,2013,33(3): 143-148.
- [14] 王玲燕,董兰军,彭东,等.基于DII的十字花科作物育种专利技术全球创新态势分析[J].中国瓜菜,2022,35(9): 108-113.
- [15] TRULSON A J, SIMPSON R B, SHAHIN E A. Transformation of cucumber(*Cucumis sativus* L.) plants with *Agrobacterium rhizogenes*[J]. Theoretical and Applied Genetics, 1986, 73(1): 11-15.
- [16] NISHIBAYASHI S, HAYAKAWA T, NAKAJIMA T, et al. CMV protein in transgenic cucumber plants with an introduced CMV-o *cp* gene[J]. Theoretical and Applied Genetics, 1996, 93(5/6): 672-678.
- [17] LEE H S, KWON E J, KWON S Y, et al. Transgenic cucumber fruits that produce elevated level of an anti-aging superoxide dismutase[J]. Molecular Breeding, 2003, 11: 213-220.
- [18] 刘文萍,卢淑雯,刘建新,等.农杆菌介导的BnCS基因对黄瓜遗传转化研究[J].北方园艺,2009(1): 20-22.
- [19] 白吉刚,王秀娟,尹谦逊,等.生长素结合蛋白基因转化黄瓜的研究[J].中国农业科学,2004,37(2): 263-267.
- [20] 白吉刚,宋明,刘佩瑛,等.生长素结合蛋白cDNA的克隆及其在黄瓜中的表达[J].植物学通报,2002,19(6): 705-709.
- [21] 魏爱民,张文珠,杜胜利,等.影响农杆菌介导的黄瓜抗虫基因遗传转化体系的因素研究[J].天津农业科学,2006,12(3): 1-3.
- [22] 魏爱民,张文珠,杜胜利,等.黄瓜花粉管通道法抗虫基因导入及卡那霉素抗性筛选[J].华北农学报,2008,23(6): 54-57.
- [23] 李冷,潘俊松,何欢乐,等.黄瓜离体培养再生技术及农杆菌介导的ACS1转化[J].上海交通大学学报(农业科学版),2007,25(1): 17-23.
- [24] 赖来,潘俊松,何欢乐,等.农杆菌介导的MADS-box基因转化黄瓜初步研究[J].上海交通大学学报(农业科学版),2007,25(4): 374-382.
- [25] 张文珠,魏爱民,杜胜利,等.黄瓜农杆菌介导法与花粉管通道法转基因技术[J].西北农业学报,2009,18(1): 217-220.
- [26] 李远新,王关林,葛晓光,等.黄瓜授粉后外源基因直接导入技术研究[J].华北农学报,2000,15(2): 89-94.
- [27] 王翠艳,丁东风,于小菊,等.用floral dip法对黄瓜遗传转化的初步研究[J].生物学通报,2008,43(2): 9-12.
- [28] 顾兴芳,张素勤,张圣平.黄瓜果实苦味Bt基因的AFLP分子标记[J].园艺学报,2006,33(1): 140-142.
- [29] 李宗扬,秦智伟,周秀艳,等.黄瓜果实苦味性状遗传分析与分子标记[J].分子植物育种,2015,13(7): 1578-1583.
- [30] 苗晗,顾兴芳,张圣平,等.利用永久群体在不同环境下定位黄瓜株高QTL[J].中国农业科学,2012,45(22): 4552-4560.
- [31] 苗晗,顾兴芳,张圣平,等.黄瓜苗期主要农艺性状相关QTL定位分析[J].园艺学报,2012,39(5): 879-887.
- [32] 苗晗,顾兴芳,张圣平,等.黄瓜果实相关性状QTL定位分析[J].中国农业科学,2011,44(24): 5031-5040.
- [33] 苗晗,顾兴芳,张圣平,等.黄瓜雌雄花性状QTL定位分析[J].园艺学报,2010,37(9): 1449-1455.
- [34] 李恒松,朱文莹,彭佳林,等.黄瓜耐冷性遗传分析与连锁标记筛选[J].上海交通大学学报(农业科学版),2015,33(1): 14-18.
- [35] 丁国华,秦智伟,周秀艳,等.黄瓜霜霉病抗病基因的RAPD及SCAR标记[J].西北植物学报,2007,27(9): 1747-1751.
- [36] 张林,冷冰,马斌,等.作物基因组育种[J].植物生理学报,2017,53(8): 1325-1332.