

• 综 述 •

全球生物产业发展现状及政策启示

白京羽¹, 林晓锋¹, 尹政清²

1 国家发展和改革委员会创新驱动发展中心, 北京 100037

2 中国农业大学 信息与电气工程学院, 北京 100083

白京羽, 林晓锋, 尹政清. 全球生物产业发展现状及政策启示. 生物工程学报, 2020, 36(8): 1528–1535.

Bai JY, Lin XF, Yin ZQ. Status quo of global bioindustry and its policy implications. Chin J Biotech, 2020, 36(8): 1528–1535.

摘要: 生物经济时代正在引发人类新一波技术和产业革命, 并已成为了全球主要发达国家和新兴经济体抢占的制高点。文中从生物医药产业、转基因作物种植产业、生物能源产业以及生物基化学品产业 4 个角度分析了全球生物产业发展的时空特征, 概括总结了全球生物产业发展的主要特点, 并进一步针对我国生物产业发展中存在的瓶颈问题提出政策建议, 对我国生物经济的未来发展具有指导意义。

关键词: 生物医药, 转基因农作物, 生物能源, 生物基化学品, 发展现状, 政策建议

Status quo of global bioindustry and its policy implications

Jingyu Bai¹, Xiaofeng Lin¹, and Zhengqing Yin²

1 Innovation Driven Development Center, National Development and Reform Commission, Beijing 100037, China

2 College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China

Abstract: The advent of the bioeconomy era is triggers a new wave of technology and industrial revolution. Bioeconomy has become the commanding heights that major developed countries and emerging economies try to seize. This paper analyzes the spatiotemporal characteristics of global bioindustry development from four perspectives: biomedical industry, genetically modified crop planting industry, bioenergy industry, and bio-based chemical industry. Then it summarizes the main characteristics of the development of the global bioindustry, and further put forward policy recommendations for the bottleneck problems in the development of China's bioindustry, which can guide the future development of China's bioeconomy.

Keywords: biomedicine, genetically modified crops, bioenergy, bio-based chemicals, development status, policy recommendation

《时代周刊》曾指出, 到 2020 年生物经济时代将成为人类继信息经济时代结束后迈入的下一革命性产业经济时代^[1]。生物经济将是产生智能增长和包容性增长, 减少对化石燃料的依赖, 减少能

源和资源消耗, 创造绿色就业机会和促进可持续发展的主要动力。生物产业是生物经济的重要组成部分, 当前世界各主要发达国家和新兴经济体纷纷就生物产业发展作出了战略部署。

Received: May 9, 2020; Accepted: June 29, 2020

Corresponding author: Zhengqing Yin. Tel: +86-10-62737653; E-mail: yzq_cau@163.com

美国白宫于 2012 年发布的美国支持生物经济的国家生物经济蓝图^[2]包括支持基因工程、DNA 测序和生物分子的自动化高通量操作; 同年, 欧盟委员会通过了《创新以实现可持续增长: 欧洲的生物经济》战略^[3], 提出发展生物农业 (转基因作物、林业和渔业)、生物健康产业 (生物制药、新分子实体、生物标志物和基因检测) 以及生物工业 (生物燃料、生物化学品、原料生产工业用酶、生物传感器、生物修复、资源提取和生物精炼); 2014 年, 经济合作与发展组织 (OECD) 确定了生物基产品中的 3 个主要分支: 生物燃料、生物基化学品以及生物塑料 (后两者通常合称为生物基材料)^[4]。新兴的生物产业包括生物医药、生物化学品、生物能源和转基因作物产业^[5-6], 它们是全球最前沿的下一代生物技术产业, 预计在未来将得到快速发展。

我国政府同样重视生物产业的发展, 2016 年, 国务院印发了《“十三五”国家科技创新规划》^[7], 提出发展先进高效生物技术, 重点部署前沿生物技术的创新突破和应用发展; 2017 年, 国家发展改革委印发了《“十三五”生物产业发展规划》^[8], 进一步提出了生物产业发展的具体规划。因此探究中国在全球生物产业研究中的发展定位对于指导我国生物产业高质量发展、进一步缩小发展差距具有重要意义。

本文分析了全球生物产业发展的基本现状及其时空规律, 指出了生物产业发展的主要特点, 最后基于全球生物产业发展的现状和特点从 5 个方面提出了指导我国生物产业发展的政策建议。

1 全球生物产业发展现状

1.1 生物产业发展的时间特征分析

近年来, 全球生物产业规模始终保持以接近 GDP 平均增速 2 倍的速度增长。据估计, 以生物技术为基础的产品销售额在 30 年内将超过 15 万亿美元, 从而成为经济发展的重要驱动力^[9]。在生物医药领域, 从 2012 年到 2017 年, 全球医药市场的

年均复合增长率约为 3.2%, 2018 年全球医药市场规模为 1.63 万亿美元, 增速为 4.8%; 在转基因作物产业, 全球转基因作物种植面积由 1996 年的 170 万 hm^2 , 到 2006 年突破 1 亿 hm^2 , 再到 2018 年的 1.917 亿 hm^2 ^[10], 激增了约 112 倍; 在生物基化学品方面, OECD 提出了到 2030 年将会有大约 35% 的化学品由生物基化学品替代^[11]; 在生物能源方面, 据国际可再生能源机构 (IRENA) 的统计数据显示, 2017 年全球生物质能发电量达到 1.78 EJ, 相较于 2010 年的 1.14 EJ 增长 56%。

1.2 生物产业发展的空间特征分析

生物产业是一个高附加值、新兴的技术推动型产业^[12], 其市场准入门槛较高。一般而言, 经济发展程度较好的国家由于具备较高的生物科技水平、坚实的研发基础、成熟的资本市场以及先进的管理能力, 其往往处于全球生物产业价值链的优势地位, 其生物产业发展状况较好, 而新兴经济体往往处于弱势地位, 这造成了全球生物产业发展的空间分布不均衡, 因此分析全球生物产业发展现状的空间特征对认清我国生物产业发展的全球定位是十分必要的。

1.2.1 生物医药产业

化学合成药是制药行业的传统产品, 在全球药物生产中占据主体地位。然而近年来, 随着生物制药技术的进步, 以生物类似药为代表的生物技术药物异军突起。我国对生物类似药的定义是在质量、安全性和有效性方面与已获准注册的原研药具有相似性的治疗用生物制品。生物制剂尤其是重组单克隆抗体、细胞因子等在肿瘤、自身免疫性疾病等治疗领域中展现出其他药物无法替代的突出临床疗效。截至 2017 年, 生物技术药物在全球在研新药中的比例达到 38%, 相较于 2016 年上涨了 5 个百分点, 可见生物技术药物发展势头强劲, 有望成为未来医药产业的发展重点。根据科睿唯安公司的研究报告显示, 截至 2019 年全球各国家和地区生物类似药的研发管线数量如图 1 所示, 从图中可以

看出中国以 298 个的总研发管线数量领先全球,这一数字约是排名第二的欧盟的两倍 (147 个),美国排名第三 (141 个),印度、韩国、日本、俄罗斯紧随其后,管线数量分别为 129、96、50、48 个,这凸显了我国在生物技术药物产业的研发优势。但值得注意的是,我国获得批准上市的生物类似药数量仅排名第六,与欧美等发达国家相比仍有较大差距,这反映了我国生物类似物产业的投入产出效率有待进一步加强。

1.2.2 转基因作物种植产业

根据国际农业生物技术应用服务组织 (ISAAA) 2018 年发布的数据^[13]显示,截至 2017 年,共有 24 个国家种植了转基因作物 (Genetically modified crops, GM crops),其中有 18 个国家的种植面积超过了 5 万 hm^2 ,这些国家主要分布在美洲、东南亚以及欧洲和非洲的部分地区。其中美国以 7 500 万 hm^2 的种植面积占到世界转基因作物种植总面积的 40%,位居世界第一。而中国的种植面积为 280 万 hm^2 ,仅占世界转基因作物种植总面积的 1.5%。

1.2.3 生物能源产业

生物能源是最大的可再生能源,占可再生能源供应的 2/3 以上。生物质资源的典型分类包括城市

垃圾、工业废物、初级固体生物燃料、沼气和液体生物燃料。根据世界生物能源协会 (WBA) 在 2019 年发布的统计数据^[14]绘制了全球生物能源产量分布图 (图 2)。在各大洲中,亚洲生物能源产量最高,其次是非洲和美洲。由于薪材和木炭广泛用于取暖和烹饪,生物质能源在亚洲和非洲的生物能源供应中所占比例都很高。在液体生物燃料方面,美洲 (美国和巴西) 所占份额最高,原因分别是由玉米和甘蔗生产的生物乙醇产量较高,同时,该地区占全球生物燃料供应的 70% 以上。欧洲在沼气供应方面处于领先地位,因为它占全球供应量的 50% 以上。由于焚烧、气化等垃圾焚烧发电技术的广泛应用,欧洲城市垃圾产生的生物能源供应量也居世界首位,占全球供应量的 2/3。

1.2.4 生物基化学品产业

与传统化学产品相比,生物基化学品的环境足迹有限,在促进可持续发展和改善气候变化方面发挥重要作用^[15]。目前全球生物基化学品商业化发展的热点包括生物塑料、生物基琥珀酸、生物基丁醇、生物柴油、生物基甘油及其衍生物以及生物异戊二烯与生物橡胶。而专利申请数量则是反映生物基化学品产业发展状况的重要指标,因此本文通过对世界知识产权组织 (WIPO) 的在线数据库的专

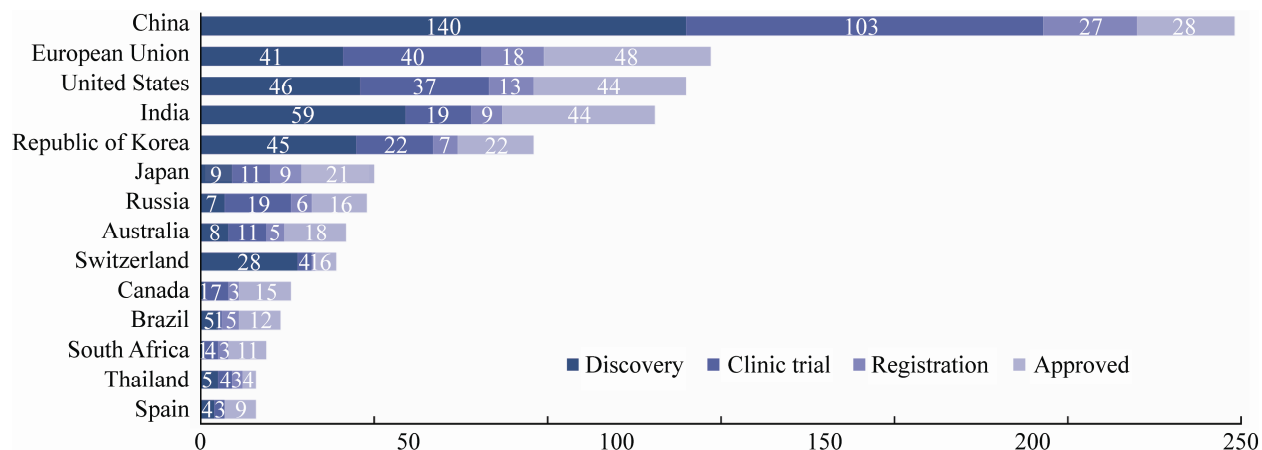


图 1 2019 年世界各国和地区生物类似药管线数量

Fig. 1 Number of biosimilar drug pipelines in countries and regions of the world in 2019.

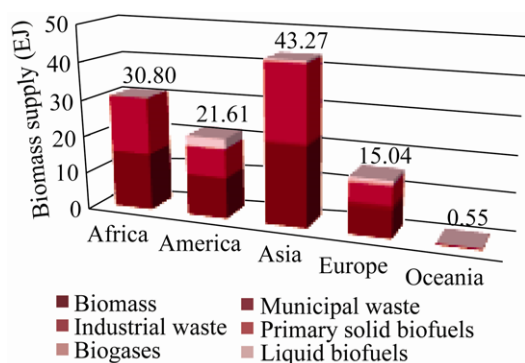


图2 2017年全球生物能源产量分布

Fig. 2 Supply of global bioenergy production in 2017.

利数据进行检索,得到了上述全球生物基化学品相关专利的全球分布情况(表1)。从各生物基化学品的专利总量来看,生物塑料相关专利的数量最多(33.7%),其次是生物基甘油(30.3%)和生物基琥珀酸(16.5%);从各生物基化学品专利所属国家(经济体)来看,美国以压倒性的优势占据第一名,紧接着是欧盟、澳大利亚和加拿大,而中国的专利总量仅为330件,与其他国家(经济体)相比存在很大差距。

2 全球生物产业发展特点

2.1 科技创新速度加快

生物产业是技术密集型的高端科技产业,对技

术创新的要求高,只有掌握核心生物科技,才能在全球生物产业价值链中占据主导地位。一方面,生物科学的颠覆性创新正在驱动着生物技术和生物产业的快速发展。

生物医药方面,分子生物学、基因组学、蛋白质组学等生命科学不断突破,促进了药物递送、单分子测序、蛋白质工程等生物技术的进步,进而驱动了药物研发、高效基因测序平台、CAR-T、融合蛋白等产业领域的发展;另一方面,传统生命科学领域正在与包括3D打印、人工智能、云计算、大数据、物联网、区块链、智能制造、机器人等在内的新技术交叉融合,开拓了再生医疗、数字医疗、智慧医疗等产业,为未来生物医药产业发展提供了广阔前景。

转基因作物种植产业方面,同时具备抗逆、抗虫、抗除草剂的复合性状转基因农作物种子成为研发热点并正在得到推广应用,此外,第二代转基因作物以基因工程,特别是植物代谢工程为基础,重点改良了产品品质、增加营养、提高食品的医疗保健功能,或用于工业原料,增加农副产品的附加值。

生物基化学品产业方面,微生物、酶等卓越生物催化剂的功能研发与改进更加智能高效,有望带来化学品和材料绿色制造的新变革。

表1 全球主要生物基化学品相关专利数量

Table 1 Number of patents related to major bio-based chemicals

Country (economy union)	Bioplastic	Bio-based succinic acid	Bio-based butanol	Bio-based diesel	Bio-based glycerin	Bio-based isoprene	Bio-based rubber	Total
US	106 727	46 545	20 179	6 077	88 354	4 825	28 215	300 922
EU	22 933	12 479	5 736	1 444	22 609	1 396	6 508	73 105
Australia	20 232	11 928	4 622	1 262	21 390	857	5 148	65 439
Canada	19 034	10 863	4 244	1 135	19 194	826	4 829	60 125
New Zealand	2 007	1 458	565	59	2 380	52	503	7 024
Israel	1 856	1 300	624	62	1 998	51	472	6 363
UK	1 318	439	393	141	647	52	476	3 466
South Africa	1 131	899	415	28	1 434	39	305	4 251
China	183	NA	34	41	NA	8	64	330
Total	175 421	85 911	36 812	10 249	158 006	8 106	46 520	521 025

Note: "NA" indicates data is missing.

生物能源产业方面,人类不断在探索新型生物质能源以及提高生物能源转化率的方法,以期在未来完全替代化石能源,实现绿色发展。

2.2 研发投入力度增强

为应对日趋激烈的国际医药产业竞争局势,全球各大生物医药企业争相加大科研投入。从欧盟委员会在 2017 年和 2019 年公布的《全球产业研发投入报告》^[16-17]中分别选取了当年全球研发投入占比最高的 10 家生物技术公司如表 2 所示。从上榜企业的研发占比来看,生物技术公司的研发投入普遍偏高,2017 年的平均研发占比为 27.5%,2019 年的为 29.1%,而 2017 年和 2019 年全球其他行业研发投入占比最高的前 10 家公司的平均研发投入分别为 23.4%和 25.4%,均低于生物技术企业,这凸显了生物技术企业研发投入强度较高的特点;从上榜企业的国家分布来看,可以看出美国、欧洲和日本的生物技术企业更注重研发投入,而目前没有中国企业上榜,这表现了中国企业研发投入不高的问题;从各上榜企业的横向对比来看,可以发现研发投入占比较高的企业普遍研发投入金额不高,即企业规模不高,这体现出中小生物企业更

注重研发投入以期在市场技术革新中占据优势;从上榜企业的时间变化特征来看,平均研发投入占比从 2017 年的 27.5%增长到 2019 年的 29.1%,呈现出研发投入热度上升趋势。

2.3 资本市场需求度高

生物产业尤其是生物医药产业存在着研发资金量大、产品研发周期长、技术创新成功率低等特点,导致其对资本市场的需求度较高。从大型生物生技公司的上市情况来看,根据安永会计师事务所(Ernst & Young)的数据显示,2014 年,即上一个高峰,有 88 家生物技术公司筹集了 63 亿美元的 IPO 资金。而 2018 年,共有 71 家生物技术公司上市,募资总额高达 83 亿美元,远超 2014 年^[18]。2018 年生物技术 IPO 平均每笔募集资金超过 1.16 亿美元,而 2014 年的均值为 7 300 万美元,增涨了 4 300 万美元^[18]。从中小型生技公司的融资情况来看,风险投资成为其融资的重要渠道,以美国为例,其发达的风险投资模式对包含生物产业在内的高新技术产业发展具有明显的促进作用^[19],值得我国借鉴。根据英国生物产业协会(BIA)在 2020 年 1 月发布的生物产业融资情况分析报告^[20]

表 2 2017 和 2019 年全球生物技术公司研发强度排名

Table 2 Ranking of global biotech companies by R&D intensity in 2017 and 2019

Ranking	2017				2019			
	Company	Country	R&D (€bn)	R&D int. (%)	Company	Country	R&D (€bn)	R&D int. (%)
1	Vertex Pharma	US	1.01	62.5	Incyte	US	1.03	62.6
2	Celgene	US	4.24	39.8	Vertex Pharma	US	1.23	46.2
3	Bristol-Myers Squibb	US	4.60	24.9	Celgene	US	3.97	28.8
4	AstraZeneca	UK	5.36	24.6	Bristol-Myers Squibb	Belgium	1.13	25.5
5	Daiichi Sankyo	Japan	1.74	22.4	UCB	UK	4.63	24.0
6	Boehringer Sohn	Germany	3.11	21.0	AstraZeneca	US	8.46	22.9
7	Eli Lilly	US	4.18	20.8	Merck	Japan	1.61	21.9
8	Takeda Pharma	Japan	2.73	20.1	Daiichi Sankyo	Japan	1.01	20.0
9	Roche	Switzerland	9.24	19.6	Eisai	Switzerland	9.80	19.4
10	Allergan	Ireland	2.68	19.4	Roche	US	2.27	19.3
Average			3.89	27.5	Average		3.51	29.1

显示,2019年美国生物技术产业的风险投资总额高达95亿英镑,居世界第一,其次是欧洲(26亿英镑),中国位于第三,其风险投资额为20亿英镑,可以看出中国生物产业的风险资本交易市场与美国仍有较大差距。

2.4 产业聚集现象明显

当前全球生物产业集群向着高度聚集化发展,目前美国已形成了旧金山、波士顿、华盛顿、北卡罗莱纳、圣地亚哥五大生物技术产业集聚区^[21];英国剑桥科技园、法国里昂生物技术园、新加坡启奥生命科学园、日本神户产业园区等生物技术产业园区都聚集了众多生物技术公司;我国也建立了包括北京、上海、广州、深圳、石家庄、长春、青岛、长沙、武汉、昆明、重庆和成都在内的12个国家生物产业基地。产业聚集能够有效促进技术创新,增加资金、人才、物资、技术和管理的高效交流,有利于生物产业的发展,成为了目前全球生物产业发展的特点和趋势之一。

3 我国生物产业的发展瓶颈及政策建议

3.1 提高生物科学创新水平,促进产学研深度融合

我国生物产业的创新水平较低,一部分原因是基础生物科学的研究水平不高,体现在我国生物技术领域相关的论文、专利等研究成果数量有限,质量参差不齐,重大科研成果不足,学术影响力较低;另一方面,生物技术领域的突破不能很好地应用到实际生产中去,存在理论与实践脱节的问题。基于此,我国应当提高生物科学创新水平,加强基础生物科学理论研究,促进生物科学与其他领域的交叉融合,坚定不移走中国特色生物产业自主创新道路,培养具有国际一流水平的生物科技人才和团队,建设具备国际竞争力的科研机构,加快实施创新驱动发展战略;要进一步深化科技体制改革,建立以生物技术企业为主体、生物产业市场为导向、产学研深度融合的技术创新体系,加强对中小企业

创新的支持,促进科技成果转化。

3.2 优化生物产业发展结构,加快生物产业高质量发展

我国生物产业的发展结构不甚合理,各细分产业发展比例不协调、各地区生物产业发展不均衡现象严重;生物产业发展以制造加工为主,在全球生物产业价值链中处于弱势地位,生物产业市场满意度较低,生物技术产品质量不高。基于此,我国应当转换生物产业发展动能,实现生物产业发展由追求数量规模扩张向追求质量效率方向转变,促进生物产业高质量发展;统筹生物产业区域协调发展,实现全国生物产业优势互补、共同发展的新格局;推进生物产业供给侧结构性改革,从生物技术产品消费者出发,提高生物产业市场满意度。

3.3 加强生物产业资金支持,建立适应现代化生物产业特点的融资环境

我国作为世界新兴经济体,资本市场成熟度与欧美等发达国家相比存在一定差距,而研发风险较高的生物产业需要政府的大力支持,这导致我国中小型生物技术企业融资困难,产品研发难以开展,从而限制了我国生物产业的发展。因此我国应当加快建立现代化的生物产业融资环境,发展证券融资和风险投资^[22],并鼓励生物产业民间投资,为初创生物企业和中小生物企业提供投融资支持等优惠政策;应当允许包括符合条件的顶级外国机构投资者、投资银行和证券公司在内的众多市场参与者展开公平竞争;要优化生物技术公司上市制度,提高不合格企业的退市效率,鼓励生物技术企业间并购及知识产权转移,通过资本市场完善生物产业产权制度和要素化市场配置,充分调动生物产业市场经济活力,为我国生物产业发展提供金融生态保障。

3.4 放宽生物经济市场准入,完善开放型生物经济体制

我国在生物产业市场准入方面明显落后于欧美等发达国家,相关政策和机制的不完善是目前限

制生物产业发展的障碍之一。针对这一问题,需要从政策管理端着力:应当进一步主动扩大生物产业对外开放,健全促进对外生物产业投资政策和服务体系,完善生物产业涉外经贸法律和规则体系,提高国际化市场监管透明性;进一步放宽市场准入,吸引更多优质生物技术企业和产业在我国生物经济市场上同台竞争;同时拓展生物产业对外贸易、人才交流、科技合作、资金互通,完善生物产业要素市场化配置;同时发挥我国制造业优势,大力引进相关产业在中国发展,打造高端生物制造。

3.5 瞄准生物产业国际标准,提高生物产业国际竞争力

我国目前在生物制药、生物能源、生物农业、生物基材料等方面大多没有采用规范的国际标准,导致我国生物技术产品国际认可度还不够高,生物产业缺乏国际竞争力,缺乏世界龙头生物技术公司品牌。针对这一问题,我国应当积极与国际接轨,瞄准生物产业国际标准,在综合提高生物科学创新水平、优化生物产业发展结构、加强生物产业资金支持以及放宽生物经济市场准入等政策的引领下,着力打造具备全球竞争力的生物产业国际品牌以及全球知名的生物技术公司。

REFERENCES

- [1] Davis S, Meyer C. What will replace the tech economy. *Time*, 2000, 155(21): 76–77.
- [2] National bioeconomy blueprint[EB/OL]. [2020-05-27]. https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/microsites/ostp/national_bioeconomy_blueprint_april_2012.pdf.
- [3] Innovating for sustainable growth: A bioeconomy for Europe[EB/OL]. (2012-02-13) [2020-05-27]. http://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/official-strategy_en.pdf.
- [4] OECD. Biobased chemicals and bioplastics: Finding the right policy balance. Paris: OECD Publishing, 2014: 2.
- [5] Kolympiris C, Kalaitzandonakes N, Miller D. Location choice of academic entrepreneurs: Evidence from the US biotechnology industry. *J Bus Vent*, 2015, 30(2): 227–254.
- [6] Ozan DC, Baran Y. Comparative development of knowledge-based bioeconomy in the European Union and Turkey. *Crit Rev Biotechnol*, 2014, 34(3): 269–280.
- [7] “十三五”国家科技创新规划[EB/OL]. [2020-05-27]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-08/08/content_5098072.htm.
- [8] “十三五”生物产业发展规划[EB/OL]. (2016-12-20) [2020-05-27]. <https://www.ndrc.gov.cn/fggz/fzzlgh/gjjzxgh/201706/W020191104624250601539.pdf>.
- [9] Wang Y, Li PP, Zhang YP, et al. Current situation of global biotechnology input and output and China's strategies. *China Sci Technol Resour Rev*, 2018, 50(6): 30–34, 100 (in Chinese).
王莹, 李萍萍, 张一平, 等. 全球生物技术投入产出现状分析及对策研究. *中国科技资源导刊*, 2018, 50(6): 30–34, 100.
- [10] ISAAA. Global status of commercialized biotech/GM crops in 2018. *China Biotechnol*, 2019, 39(8): 1–6 (in Chinese).
国际农业生物技术应用服务组织. 2018 年全球生物技术/转基因作物商业化发展态势. *中国生物工程杂志*, 2019, 39(8): 1–6.
- [11] The bioeconomy to 2030: Designing a policy agenda[EB/OL]. [2020-05-27]. <http://www.oecd.org/futures/long-termtechnologicalsocietalchallenges/42837897.pdf>.
- [12] Zhang LX, Li WS, Bai JY, et al. Evaluating the international competitiveness for the biology industry of China based on AHP. *Sci Technol Manag Res*, 2010, 30(10): 32–34 (in Chinese).
张领先, 李伟书, 白京羽, 等. 基于 AHP 的我国生物产业国际竞争力评价. *科技管理研究*, 2010, 30(10): 32–34.
- [13] Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2017[EB/OL]. [2020-05-27]. <https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/53/download/isaaa-brief-53-2017.pdf>.
- [14] Global bioenergy statistics 2019[EB/OL]. [2020-05-27]. https://worldbioenergy.org/uploads/191129%20WB%20GBS%202019_HQ.pdf.
- [15] A sustainable bioeconomy for Europe: Strengthening the connection between economy, society and the

- environment[EB/OL]. [2020-05-27]. https://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/ec_bioeconomy_strategy_2018.pdf.
- [16] Hernández H, Grassano N, Tübke A, et al. The 2017 EU industrial R&D investment scoreboard. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2017: 66.
- [17] Hernández H, Grassano N, Tübke A, et al. The 2019 EU industrial R&D investment scoreboard. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2019: 62.
- [18] Morrison C. Boom: 2018's biotech IPOs. *Nat Rev Drug Discov*, 2019, 18(1): 3–6.
- [19] Sun L, Lei LH. Development of venture capital market urgently needed in the construction of sci-tech innovation board — Empirical analysis based on American data. *Sci Technol Economy*, 2020, 33(1): 61–65 (in Chinese).
孙龙, 雷良海. 科创板建设亟需创业风险投资市场的发展——基于美国纳斯达克和创业风险投资的实证分析. *科技与经济*, 2020, 33(1): 61–65.
- [20] Global and growing: UK biotech financing in 2019[EB/OL]. [2020-05-27]. <https://www.bioindustry.org/uploads/assets/uploaded/cc26cb0f-3097-43f4-9b5a6d0008941b2d.pdf>.
- [21] Jiang YH, Zhao WH. The role of research-oriented universities in regional innovation cluster: cases of five biopharmaceutical clusters in the United States. *Res Higher Edu Eng*, 2017, 35(5): 102–108 (in Chinese).
江育恒, 赵文华. 研究型大学在区域创新集群中的作用研究: 以美国五大生物医药集聚区为例. *高等工程教育研究*, 2017, 35(5): 102–108.
- [22] Zhang P, Zhang Y. Design of development roadmap and policy roadmap for biotech industry in China. *J Huazhong Agric Univ: Soc Sci Ed*, 2013, 15(1): 1–5 (in Chinese).
张平, 张晔. 我国生物技术产业发展与产业政策路线图构想. *华中农业大学学报: 社会科学版*, 2013, 15(1): 1–5.

(本文责编 郝丽芳)