

生物经济的概念缘起与领域演进

邓心安¹, 郭源¹, 高璐²

(1. 中国农业大学人文与发展学院, 北京 100083;

2. 中国科学院自然科学史研究所, 北京 100190)

摘要: 论及生物经济, 经常遇到两个基本问题: 什么是生物经济? 生物经济包括哪些内容? 第一个问题涉及生物经济概念; 第二个问题涉及生物经济领域。本文研究发现: 生物经济概念及其定义是进化发展的, 进化过程中逐渐形成了研发创新、生物质基础、绿色转型与绿色增长、健康及可持续等共性特征; 生物经济发展已形成农业及食品、生物制药与健康、生物制造、生物能源、生物材料、生物酶、生物化学品、环境与生态服务八大领域。明确生物经济的两个基本问题, 对于把握生物经济的内涵、促进经济社会绿色转型和中国战略性新兴产业发展具有借鉴意义和参考价值。

关键词: 生物经济; 生物经济政策; 生物质; 生物基产品

中图分类号: F13 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2018.02.009

1 生物经济概念的缘起

生命科学和生物技术的发展推动了“生物经济”概念的形成与发展。1998年, 美国未来学家、Biotechnomy LLC公司董事长胡安·恩里克斯(Juan Enriquez)发文指出: 基因组学等新发现与新应用, 将引发分子-基因革命, 使医药、健康、农业、食品、营养、能源、环境等产业发生重组和融合, 进而导致世界经济发生深刻变化^[1]。以时任美国总统克林顿第13 134号总统令——《开发和推进生物基产品和生物能源》(Developing and Promoting Bio-based Products and Bioenergy)为标志, 1999年美国提出“以生物为基础的经济”(Bio-based Economy)概念和计划。1999年美国国家农业生物技术委员会(NABC)主席拉尔夫·哈迪(Ralph Hardie)预测, 利用植物等可再生资源, 美国将能够在改善环境质量的同时实现能源、化工和材料的自给; 生物经济能够促进农村地区发展, 随着农业产品的生产转换, 利用植物生产生物燃料等产品将

在作物种植中占有一定的地位^[2]。

2000年, 上海《经济展望》杂志4月号发表《生物经济: 倾盆金币落谁家》专栏文章, 提到“生物经济”新名词; 同年5月, 美国《时代》发表题为《什么将取代技术经济》的文章, 提出了生物经济(Bioeconomy)的正式概念, 但未给出明确定义^[3]。

2001年11月在日内瓦联合国贸易与发展会议上, 哈佛大学肯尼迪政府学院科学与国际事务中心的研究人员C·朱马(C. Juma)和V·康德(V. Konde)^[4]提交了《新生物经济》报告, 这也是迄今发现的最早专门研讨生物经济的论文。该文指出, 新生物经济是指现代生物技术的影响及其所占据的市场, 但并未给出规范的定义^[4]。

德国波恩大学教授乔基姆·冯·布朗(Joachim von Braun)等学者在中文期刊上发文认为: “生物经济理论由尼古拉斯·乔治斯库-罗根于1971年创立。”^[5,6]而胡安·恩里克斯和罗德里格·马丁内兹(Rodrigo Martinez)于1998年首次对生物经

第一作者简介: 邓心安(1963—), 男, 教授, 主要研究方向为生物经济与农业发展、科技战略与政策研究。

项目来源: 中国科学院湖州应用技术与产业化中心课题“国际生物经济与农业相结合发展动态调研”(201201)。

收稿日期: 2018-02-01

济这一术语给出了定义^[5]。仔细考证并查阅英文版原文后,我们认为,这两个观点所指并非规范和严格意义上的生物经济定义,或者说并非现代生物经济的概念,而是意指“现代生命科学突破所推动的经济”,因为那时尚未出现“Bioeconomy”“Bioeconomy”“Biobased economy”等词。事实上,在胡安·恩里克斯于1998年发表的《遗传学与世界经济》(被乔基姆·冯·布朗引以为“生物经济定义”之据)原文^[1]中,通篇未发现“Bio-economy”“Bio-based Economy”“Bioeconomy”,但可以找到“Biotechnology”“Biotech”“Economy”,即“生物技术学”“生物技术”和“经济”,因而可认为胡安·恩里克斯是对现代生物经济概念的较早理解或诠释者之一。无独有偶,1998年的该文作者只有胡安·恩里克斯,并没有罗德里格·马丁内兹^[1];而由胡安·恩里克斯和罗德里格·马丁内兹联名发表、被乔基姆·冯·布朗在《世界建筑》刊文引以为据的有关所谓“生物经济”,其实是“生物技术学”(Biotechnomy)或有关“生物技术”(Biotech)的2篇论文均出现在2002年8月之后^[7,8]。

2 生物经济的定义

生物经济的规范定义自2002年开始出现,并在2004年经济合作与发展组织(OECD)提出定义之后有“雨后春笋”之势,其中有代表性的定义包括以下几个。

2002年中国学者研究并发文提出:生物经济是以生命科学和生物技术的研发与应用为基础的、建立在生物技术产品和产业之上的经济,是一个与农业经济、工业经济、信息经济相对应的新的经济形态^[9]。该定义包含主体内涵和拓展解释两部分,是迄今发现的最早发表的生物经济规范定义。

2003年科技部生物科技管理人士发文提出:生物经济是建立在生物资源、生物技术基础之上,以生物技术产品的生产、分配、使用为基础的经济^[10]。

2004年经济合作与发展组织发布《可持续增长与发展的生物技术》报告,将生物经济定义为:利用可再生生物资源、高效生物过程以及生态产业集群来生产可持续生物基产品、创造就业和收入的一种经济形态^[11]。2006年经济合作与发展组织

在《迈向2030年的生物经济:设计政策议程》的战略报告中将生物经济解释为:生物经济是经济运行的聚合体,用以描述在这样一个社会,通过生物产品和生物制造的潜在价值使命来为公民和国家赢得新的增长和福利效益^[12,13]。经济合作与发展组织在其后来(如2011年)的官方文件中将生物经济的定义调整为:生物经济是建立在利用生物技术和可再生能源资源生产生态产品和服务(Ecological Sensitive Products and Services)基础上的经济^[14]。

2005年欧盟将生物经济概括为“以知识为基础的生物经济”(the Knowledge-Based Bio-Economy, KBBE),具体定义为:生物经济是一个浓缩性的术语,它将生命科学知识转化为新的可持续、生态高效且具竞争力的产品,能够描述在能源和工业原料方面不再完全依赖于化石能源的未来社会^[15]。“在欧洲,一群来自学术界和产业界的专家于2005年在政治层面引入了知识型生物经济这一概念”^[5]便意指于此。

在此后出台的一系列战略报告、计划或文件中,欧盟对生物经济的概念及其定义进行了调整。如在2011年发表的政策白皮书《2030年的欧洲生物经济:应对巨大社会挑战实现可持续增长》中将生物经济定义为:生物经济是通过生物质的可持续生产和转换来获得食品、健康、纤维和工业产品及能源等一系列产品的经济形态^[16]。在2012年2月发布《为可持续增长创新:欧洲生物经济》战略的同时,在其官方报道中将生物经济定义为:生物经济是指利用来自陆地和海洋的生物资源以及废弃物,作为工业和能源生产投入的经济,涵盖从生物基过程的利用到绿色工业领域(covers the use of bio-based processes to green industries)^[17]。

2011年芬兰创新基金会(Sitra)研究认为,生物经济超出了生物基产品与生物技术范畴,进而归纳出对生物经济3个层次的理解:生物经济是与可持续资源利用相关的新兴商业领域(Business Area);是应对气候变化、资源紧缺等诸多问题的社会战略(Societal Strategy);是改变人们思维和提供可持续生活方式的新的经济社会系统(Economic and Social System)^[18]。2014年,《芬兰生物经济战略》对生物经济的定义为:生物经济是指利用可再生自然资源(Renewable Natural

Resources), 生产食品、能源、生物技术产品并提供相应服务的经济活动^[19]。该定义强调了可再生资源的基础作用, 并界定了生物经济的主要领域。

2012年, 美国在《国家生物经济蓝图》中将生物经济定义为: 生物经济是以生物科学研究与创新的应用为基础, 用以创造经济活动与公共利益的经济形态^[20]。该定义突出了研发与创新的引领作用。

2013年, 马来西亚政府在《生物经济转型计划》年度报告中对生物经济的定义为: 生物经济是指可再生生物资源的可持续生产, 并通过创新和技术将资源高效转化为食物、饲料、化学品、能源、健康医疗与福利产品的综合形态^[21]。该定义同样突出了创新的作用, 并界定了生物经济的主要领域, 具有高度的概括性和代表性。

2014年, 南非政府发布《生物经济战略》, 对生物经济的定义为: 生物经济是建立在生物资源、材料和工艺过程(Biological Sources, Materials and Processes)基础上的, 促进经济、社会及环境可持续发展的一系列利用生物创新的活动^[22]。

2016年, 德国生物经济理事会提出带有官方特色的定义, 除具有很强的代表性外, 还具有简明性和概括性: 生物经济是可再生资源的可持续与创新利用, 以提供食品、原料和具有增强性能的工业产品^[23]。该定义除突出一般定义所普遍具有的可持续特质外, 特别强调了创新的作用。

概言之, 生物经济包括生物基经济以及食品、饲料的开发利用和生产(production and use of food and feed)等。上述定义提出的时期和理解的角度不同, 内容各有侧重或稍有不同, 但其实质内容基本相同, 并逐步趋向一致, 大部分定义直接或间接包含以下共性特征: (1) 生物经济缘起于生命科学和生物技术的研发, 研发与创新推动了生物经济的发展。(2) 通过生物过程(Bioprocess)生产可再生与可持续的生物基产品; 可再生生物质(或称可再生生物资源, Renewable Biological Sources)是生物经济发展的重要基础。(3) 生物经济与节能减排、绿色可再生、健康福利、产品绿色转换、经济绿色转型等密切相关。(4) 生物经济正在兴起, 尚处于成长阶段(Emerging Bioeconomy)。

3 生物经济领域的演进

3.1 美国生物经济领域

美国起初提出并发展生物经济的关键动因之一是能源安全, 即增加能源的独立性, 降低对从世界不稳定地区进口原油的依赖; 同时将工业生物技术的发展作为关键战略目标之一。以1999年克林顿总统令《开发和推进生物基产品和生物能源》为依据, 生物经济领域分为两类: 生物能源和生物基产品。从广义角度和严格意义上来讲, 生物能源也属于生物基产品的主要部分, 因其特别重要而从中独立出来。

2000年, 美国国家农业生物技术委员会认识到农业在生物经济中的地位与作用, 发表《21世纪基于生物的经济: 从农业扩展到健康、能源、化学和材料》报告, 对生物经济领域有所细化。2002年的农场安全和农村投资法案对生物经济的定义偏窄, 主要限于生物基产品。

在2008年的食品、保育和能源法案中, 对生物经济的领域进行了拓展^[24]。2008年后, 美国生物经济的重点领域开始拓展到既包括生物能源, 又包括生物基化学制造(Bio-based Chemicals Manufacture)和国内生物产业创造(the Creation of a Domestic Bio-industry), 同时增加了对农业与农村发展之于生物经济发展重要性的关注^[24,25]。此外, 生物医药一直是美国生物产业和社会发展的重点, 逐渐也被纳入到生物经济产业体系之中。

2012年美国《国家生物经济蓝图》明确界定, 生物经济重点领域涵盖人类健康医疗、生物能源、农业、环境保护及生物制造^[20], 与上述演变一脉相承, 堪称对前期领域演变的归总或集大成。

2016年美国发布《联邦政府机构生物经济活动报告》, 描述了截至2015年10月联邦政府8个部门为发展生物经济所采取的政策行动, 将美国生物经济的主要领域定位在生态环境、农业发展、能源安全、医学健康4个方面。报告认为: 生物基产品能减少温室气体排放, 相较于以化石燃料为基础的产品, 更有利于改善生态环境, 并可从大气中回收碳以缓解全球变暖, 而且可减少对外石油的依赖, 有利于美国能源安全, 有利于在农村创造就业机会; 除生物燃料外, 其他生物制品、可再生化学

品也是生物经济的重要组成部分^[26]。

3.2 欧盟生物经济领域

自 2005 年开始, 欧盟开始引领世界生物经济发展潮流。从过去到现在, 很多化石燃料被用作工业原料, 欧盟认为, 这些不可持续的化石基产品将会被可持续的生物基产品替代。

2008 年之前, 欧盟并未将传统的农业纳入生物经济的重点领域范围, 当初生物经济的第一大领域是“食品与给料”(Food & Feed), 其中给料包括饲料和原料, 而非现在的“农业及食品”(Agriculture & Food)。随着生物经济的发展, 欧盟生物经济逐渐形成以下七大重点领域: 农业及食品; 生物制药与健康; 生物炼制; 生物燃料; 生物塑料; 生物酶; 生物化学品(Biochemicals)^[16,17]。

其中生物炼制是生物经济中较大的领域, 其产品范围广, 与其他领域(如生物燃料、生物化学品、生物塑料等)存在交叉。生物炼制通常是指利用可再生生物质(如农业废弃物、植物基淀粉和木质纤维素等)生产化学品和中间体、生物燃料的应用生物技术, 也就是用先进的预处理和酶水解等技术将生物质转化为淀粉、糖类、蛋白质、纤维素等组分, 再通过糖平台等技术转化为生物乙醇、各种大宗化学品及高附加值中间体化学品等。生物炼制是一系列相关技术的集合, 因大幅度扩展了可再生植物基原材料的应用而成为保证环境可持续发展的生化和能源经济转变的手段。生物炼制属于生物制造(Biological Manufacturing)的主要部分。

生物燃料是生物能源的主要类型。多年来, 为缓解石油紧张压力、适应环保减排需要, 欧盟加大了对生物能源的投入, 极力扩大生产规模并研发新的技术与工艺。作为生物能源的类型之一, 生物质发电在欧洲也较为普遍。

3.3 其他

《芬兰生物经济战略》将生物经济划分为以下领域: 农业及食品; 生物基产业, 包括林业、木材工业、制浆造纸、木结构建筑、生物化工、生物医药; 可再生能源; 水处理; 生物经济服务, 包括自然旅游(Nature Tourism)、狩猎和捕鱼^[19]。

中国《吉林省发展生物质经济实施方案》归纳的生物经济领域包括: 农业与食品; 生物能源; 生物基产品, 包括化学品、生物材料; 环境与生态。

此外, 在其他战略报告与研究论文中, 出现了其他生物经济领域分类。

(1) 分为食物和非食物领域(Food/Non-food Products)

其中食物领域是指通过传统方式生产的食品、饲料和运用现代生物技术手段研发生产的包含营养定制与功能食品等在内的新型食品以及药品; 非食物领域主要是指低排放能源和工业原材料及其生物基产品——该领域往往被界定为“生物基经济”——生物经济的非初级产品部分, 而其初级产品(primary production)部分主要是指常规食品与饲料链(regular food and feed chains)的开发利用和生产。

(2) 将生物经济领域概括为“4 Fs”(Food, Fibre, Fuel and Feed)

将生物经济领域划分为食品、纤维、燃料、饲料和给料(Feedstock)以及以它们为原料加工制造生产出的各类产品, 包括化学品和药品。

生物材料(Biomaterials)是生物经济领域演进中出现的另一个综合领域, 泛指利用生物质、生物代谢过程生产医药(Pharmaceuticals)、化学品(Chemicals)、工业用油(Industrial Oils)、生物聚合物(Biopolymers)、纤维(Fibers)的原料、中间产品或最终产品。可见, 欧盟生物经济七大重点领域之一的生物塑料可以归入生物材料大类。

3.4 综合归纳

欧盟生物经济领域的演进具有代表性。以欧盟生物经济领域的划分为基础蓝本, 如果将生物材料整体纳入其中, 那么生物塑料就可并入生物材料。根据上述美国和芬兰生物经济领域的划分方式, 补充增加与农业等领域交叉的“环境与生态服务”领域。综此概称生物经济领域为“八大领域”, 包括: 农业及食品; 生物制药与健康; 生物制造(包括生物炼制); 生物能源(包括生物燃料); 生物材料(包括生物塑料); 生物酶; 生物化学品; 环境与生态服务。

八大领域之间仍然存在重叠或交叉, 这一方面是由于生物基产品的复杂多样, 另一方面与生物经济概念和领域仍然在进化发展有关——就如同信息经济时代的互联网、大数据、云计算、物联网等领域存在显著的交叉一样。此外, 原因还包括不同国家和地区的理解角度和侧重点有所不同。

4 结语

(1) 生物经济概念缘起于 2000 年前后的世纪之交

2002 年以后, 国际上出现众多从不同角度理解、侧重点有所不同的定义。不同阶段和不同视角的代表性定义表明: 新兴的生物经济概念是发展进化的, 进化之中不变的特质渐趋明朗。生物经济所包含的特质是绿色、健康、可持续 (Green, Healthy and Sustainable)。

明晰生物经济概念的缘起与发展脉络, 有助于理解生物经济的研发创新、生物质基础、绿色转型与绿色增长、健康及可持续等共性特征。

(2) 伴随着生物经济概念的进化, 生物经济的领域同样是进化发展的

从不同阶段、不同地区或不同侧面理解的生物经济的领域具有以下共性特征: 利用可再生生物质、研发与创新、生产生物基产品。

生物经济领域可以归纳为八大领域, 它们分别是农业及食品、生物制药与健康、生物制造 (包括生物炼制)、生物能源 (包括生物燃料)、生物材料 (包括生物塑料)、生物酶、生物化学品、环境与生态服务。

(3) 在生物经济八大领域或其子领域当中, 转基因食品、健康医疗和生物能源成为生物经济的三大主题

转基因食品 (“农业及食品” 领域的子领域)、健康医疗 (属于 “生物制药与健康” 领域)、生物能源, 因其创新性强、牵涉面广、对经济社会及环境可持续发展作用巨大且影响深远, 而成为生物经济的三大主题。转基因食品是研发前景广阔、市场容量大而又备受争议和谣言困扰的新型食品。健康医疗是体现生活质量的最重要指标, 是经济社会发展的永恒主题。生物能源的开发与产业化应用, 对于减少环境污染、弥补化石能源不足、实现能源消费多元化及能源安全、促进农业拓展与农民就业等都具有重要的战略意义。■

参考文献:

[1] Juan Enríquez. Genomics and the world's Economy[J]. Science, 1998, 281(5 379): 925-926.

- [2] AgBiotech Reporter. "Bio-Based" economy predicted[J]. AgBiotech Reporter, 1999, 16(2): 2.
- [3] Stan Davis, Christopher Meyer. What will replace the tech economy[J]. Time, 2000, 155(21): 76-77.
- [4] Juma C, Konde V. The New Bioeconomy: Industrial and Environmental Biotechnology in Developing Countries[R/OL].[2018-01-16]. <http://unctad.org/en/Docs/poditctedd12.en.pdf>.
- [5] 乔基姆·冯·布朗. 生物经济中的生物准则城市 [J]. 世界建筑, 2017 (4): 10-17.
- [6] Nicholas Georgescu-Roegen. The Entropy Law and the Economic Process[M]. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1971- 02.
- [7] Juan Enriquez, Rodrigo Martinez. Biotechnomy 1.0: A Rough Map of Biodata Flow[R]. Cambridge, Massachnsats, 2002.
- [8] Rodrigo Martinez, Juan Enriquez, Jonathan West. The geography of the genome[J]. Wired, 2003(6): 160.
- [9] 邓心安. 生物经济时代与新型农业体系 [J]. 中国科技论坛, 2002 (2): 16-20.
- [10] 王宏广. 试论 “生物经济” [N]. 科技日报, 2003-11-03 (4).
- [11] OECD. Biotechnology for sustainable growth and development[EB/OL]. (2004-01-29)[2018-01-20]. <http://www.oecd.org/dataoecd/43/2/33784888>.
- [12] OECD. The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda[R]. Paris, 2006.
- [13] OECD. The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda[R]. Paris, 2009.
- [14] OECD. Draft OECD recommendation on assessing the sustainability of bio-based products[EB/OL].[2017-12-02]. <http://www.oecd.org/sti/scienceandtechnologypolicy/48222459.pdf>.
- [15] European Commission. New Perspectives on the Knowledge-Based Bio-Economy[R].Brussels, 2005.
- [16] The European Technology Platforms(ETPs). The European Bioeconomy in 2030: Delivering Sustainable Growth by Addressing the Grand Societal Challenges[R].[2017-11-30]. <http://www.epsoweb.org/file/560>.
- [17] European Commission. Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe[R]. Brussels, 2012.

- [18] Päivi Luoma, Juha Vanhanen, Paula Tommila. Distributed Bio-Based Economy-Driving Sustainable Growth[R]. Helsinki, 2011.
- [19] Ministry of Employment and the Economy of Finland. The Finnish Bioeconomy Strategy[R]. Helsinki: Edita Prima Ltd, 2014.
- [20] The White House. National Bioeconomy Blueprint[R]. Washington DC, 2012.
- [21] Malaysian Bioeconomy Development Corporation Sdn Bhd. Bioeconomy Transformation Programme(BTP) 2013 [EB/OL]. [2018-01-15]. http://www.bioeconomycorporation.my/wp-content/uploads/2011/11/publications/BioEconomy-BTP_AR2013.pdf.
- [22] Department of Science and Technology, Republic of South Africa. The bio-economy strategy[EB/OL].(2014-01-14)[2018-01-15]. http://www.innovus.co.za/media/Bioeconomy_Strategy.pdf.
- [23] The German Bioeconomy Council. What is bioeconomy[EB/OL]. [2018-01-21]. <http://biooekonomierat.de/home-en/bioeconomy.html>.
- [24] Otto Schmid, Susanne Padel, Les Levidow. The bio-economy concept and knowledge base in a public goods and farmer perspective[J]. Bio-based and Applied Economics, 2012, 1(1): 47-63.
- [25] Ganesh M Kishore. Agriculture:the foundation of the bioeconomy[A]. Reshaping American Agriculture to Meet its Biofuel and Biopolymer Roles(NABC Report 20) [C]. New York, The National Agricultural Biotechnology Council, Ithaca, 2008: 195-203.
- [26] 张利明, 赵金成, 曾以禹, 等. 美国涉林部门为生物经济发展作出巨大贡献 [N]. 中国绿色时报, 2016-07-13 (3) .

Concept Origin and Field Evolution of the Bioeconomy

DENG Xin-an¹, GUO Yuan¹, GAO Lu²

(1.College of Humanities and Development, China Agricultural University, Beijing 100083;

2. Institute for the History of Natural Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190)

Abstract: Two basic problems about bioeconomy are often encountered as: what is bioeconomy? which contents are included in bioeconomy? The first one concerns the concept of bioeconomy, and the second relates to the fields of bioeconomy. Literature review in this paper indicates that the concept of bioeconomy and its definition are evolving, and common features of bioeconomy during evolutionary process have been formed gradually as below: research and innovation, biomass as underpinning resource, green transformation and green growth, health and sustainability. Eight major fields have been formed gradually during evolutionary process, which included agriculture and food, biopharmaceutics and health, biomanufacturing, bioenergy, biomaterials, enzymes, biochemicals, environment and ecological services. Identifying two basic problems of the bioeconomy has a reference meaning and value for green transformation of economic-society and the development of strategic emerging industries of China.

Key words: bioeconomy; bioeconomy policy; biomass; bioproducts