

文章编号: 1674-6139(2021)06-0010-04

生命周期评价在农业环境管理中的进展与挑战

胥刚¹, 罗丹琦¹, 郭晓平², 魏昱晴¹, 罗娇¹

(1. 兰州大学草地农业生态系统国家重点实验室, 兰州大学农业农村部草业创新重点实验室,
兰州大学草地农业科技学院, 甘肃 兰州 730020;
2. 生态环境部南京环境科学研究所自然保护与生物多样性研究中心, 江苏 南京 210042)

摘要: 在过去的20年间, 农业生命周期评价(Life Cycle Assessment, LCA)研究呈现快速增加态势, 研究案例几乎涵盖了世界目前主要农产品, 尤其在食物、农场、农业系统等宏观尺度主题中研究数量较多, 部分国家与地区已经将LCA应用于相关政策文件之中。但目前也面临着边界界定不一致、基础数据库缺失、评价模型有待完善、结果分配原则不明等方面的局限与挑战, 需要国家相关部门或行业协会牵头制订相应的标准, 推动LCA在农业环境管理中发挥更重要的作用。

关键词: 生命周期评价; 农业环境; 清洁生产

中图分类号: X24

文献标志码: A

Progress and Challenge on Life Cycle Assessment Application in Agri – food Section

Xu Gang¹, Luo Danqi¹, Guo Xiaoping², Wei Yuqing¹, Luo Jiao¹

(1. State Key Laboratory of Grassland Agro – ecosystems, Key Laboratory of Grassland Livestock Industry Innovation, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, College of Pastoral Agriculture Science and Technology, Lanzhou University, Lanzhou 730020, China;
2. Research Center for Nature Conservation and Biodiversity, Nanjing Institute of Environmental Sciences, Ministry of Ecology and Environment, Nanjing 210042, China)

Abstract: In the past 20 years, the researches of agricultural Life Cycle Assessment(LCA) has shown a rapid increase, and the research cases cover almost all the major agricultural products in the world, particularly over macro – scale topics such as food, farm and agricultural system. In addition, LCA have put into effect by relevant policy documents in some countries and regions. However, it is also faced with the limitations and challenges of different boundary definition, lacking of basic database and assessment model, as well as unclear principle of distribution of results, so it is necessary that relevant departments or trade associations of the country to take the lead in formulating corresponding standards, which can promote LCA to play a more important role in the environmental management in agriculture.

Key words: life cycle assessment; agricultural environment; cleaner production

前言

农业是人类生存所必需的基础产业, 提供了物

收稿日期: 2021-02-13

基金项目: 国家自然科学基金(31702174); 生态环境部生物多样性调查、观测和评估项目(2019-2023年)

作者简介: 胥刚(1982-), 男, 博士, 高级工程师, 研究方向: 农业环境影响评价。

质支持、社会就业乃至文化传承等重要功能, 但同时农业生产也在消耗自然资源并对环境产生着显著的影响, 当前全球对农业环境影响开展评估与优化的需求也变得越来越紧迫^[1]。综合现有研究及发展趋势来看, 生命周期评价(Life Cycle Assessment, LCA)被越来越多地运用于农业环境管理中, 使用对象包括科研人员、农业生产者、政策制订者乃至消

费者,将 LCA 运用于农业清洁生产改进、绿色生产设计及环保农产品选择等场景^[2]。文章梳理了国内外 LCA 方法在农业环境管理中的研究与应用进展,并对未来的发展趋势进行了展望,以期为国内相关领域提供参考。

1 LCA 方法概述

1.1 什么是 LCA 方法

LCA 方法最早产生于 1970 年代初,1993 年被国际环境毒理与化学学会正式定义为一种环境影响评价方法,1997 年又由国际标准化组织(International Organization for Standardization, ISO) 出台了 ISO14040《环境管理 - LCA - 原则与框架》文件,将其进一步标准化与规范化。经过 40 多年的发展,LCA 的标准流程包含目标与范围定义(Goal and Scope Definition)、清单分析(Inventory Analysis)、环境影响评价(Impact Assessment)与结果解释(Interpretation)四步骤。该方法的最大优势在于对环境影响的测算不仅体现在生产过程,还包括上游的原材

料开采、加工、运输,下游的销售、使用、维护和废弃物处置等整个生命周期过程,避免了环境影响在不同生命周期的不同过程之间的转移。

1.2 LCA 方法的技术进展

除了 LCA 用于评价环境影响之外,LCA 的发展还用于评价经济成本、社会福祉与整个系统的可持续性(如表 1 所示)。如果对一个系统的可持续性解构,主要分为环境、经济、社会三个方面,因而除了 LCA 用于分析环境影响,用于分析经济的生命周期成本分析(Life Cycle Costing, LCC),分析社会的社会生命周期分析(Social Life Cycle Assessment, sLCA)以及生命周期可持续性分析(Life Cycle Sustainability Assessment, LCSA)近年来研究数量也呈快速增长的态势。这些方法都是基于生命周期思想(Life Cycle Thinking, LCT),即其核心在于研究过程要放大到整个生命周期,而不是某一个过程或阶段,但目前用于环境影响评价的 LCA 仍是 LCT 思想发展最为完善的一部分。

表 1 基于生命周期思想的研究方法发展

方法名称	描述	二级分类	计算方案
生命周期环境影响评价(Environmental Life Cycle Assessment, 基本与 LCA 通用)	环境影响	按数据获取方式分: 基于过程的 LCA (Process - LCA, PLCA)、基于投入产出的 LCA (Input - Output LCA, IO - LCA) 按研究目的分: 归因性 LCA (Attributional LCA, ALCA)、归果性 LCA (Consequential LCA, CLCA)	特征化,主要有两类。中间点法(mid-point): 聚焦于环境影响的直接效应和机理,比较常见; 终结点法(endpoint): 聚焦于对人类健康、生态系统、自然资源三方面的损害或消耗
生命周期成本分析(Life Cycle Costing, LCC)	经济成本	传统 LCC (fLCC)、环境 LCC (eLCC) 和社会 LCC (sLCC), 但该分类还不太普遍	生命周期内经济价值的加和,但因时间序列较长,需考虑通货膨胀的影响
社会生命周期评价(Social Life Cycle Assessment, SLCA)	社会福祉	—	工人、消费者、当地社区、社会、价值链参与者等利益相关者的社会福祉问题
生命周期可持续评价(Life Cycle Sustainability Assessment, LCSA)	可持续性	—	$LCSA = LCA + LCC + SLCA$

2 LCA 在农业环境管理中的研究进展

2.1 研究数量趋势

文章选择 Web of ScienceTM 核心合集数据库与中国知网(CNKI),分别检索国外与国内的数据库,

查找农业类 LCA 的研究文献。结果显示在农业环境影响的 LCA 研究数量方面,过去的 20 年间整体呈现快速增长态势,总量达 1 188 篇(如图 1 所示)。尤其在 2010 年以后,相关研究的文章数量增长更为明显,且年均研究文献稳定在 50 篇以上; 2015 年之

后,年均研究文献数量较 2010 年增长一倍,保持在 100 篇以上。另外,国内的农业 LCA 研究明显滞后,研究的数量还比较少,自 2015 年之后才有比较明显的增长,未来有较大的进步空间。

2.2 研究主题与热点

研究对象方面,LCA 几乎涵盖了所有的主要农产品(如图 2 所示),种植业、林业、畜牧业、渔业等农业部门均有研究案例^[3]。LCA 还常用于对相同农产品的不同生产模式的环境影响展开对比,如 Tichenor 等比较了美国东北部草饲牛肉与奶牛肉生产的生命周期环境影响^[4],也用于比较传统农业和有机农业、集约化和非集约化农业等在环境影响方面的差异。除了对这些具体农产品生产过程的环境影响展开评价之外,LCA 在宏观尺度研究中也显现出方法的优势。对于食物的相关研究最多,例如对于食物政策、食物消费结构、食物浪费等偏向于宏观的研究,占到总研究数量的 11.90%;对于农场生产系统的研究,也占到总研究数量的 9.69%。

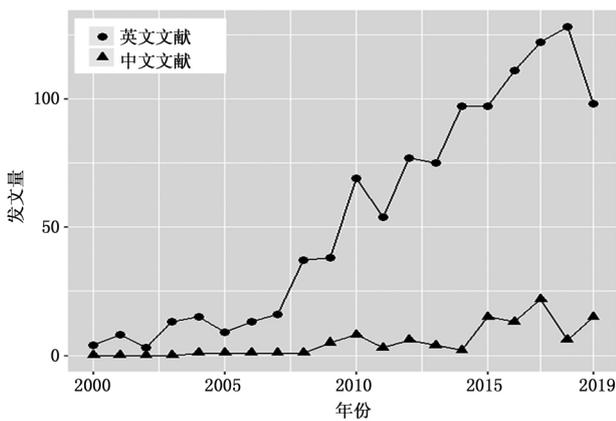


图 1 农业类 LCA 研究的发文量

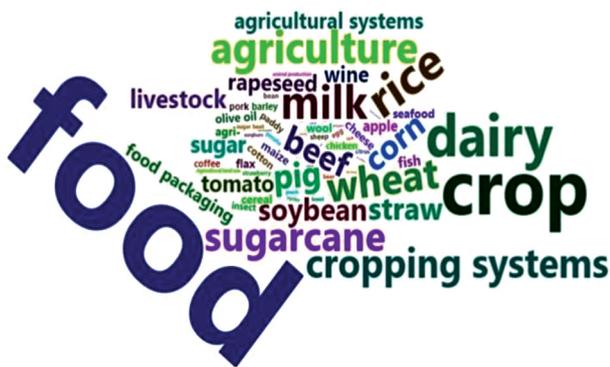


图 2 农业类 LCA 研究的主题词词云图结果

3 LCA 在农业环境管理中的应用进展

LCA 不光在研究领域展现出优势,已经被实际运用于农产品生产、消费的环境影响评价,而欧盟是这方面的先行者。据欧盟委员会可持续生产、产品 & 消费部门统计,全球关于绿色产品的标签超过 460 种,用于表明自己的产品是“绿色”的,但其原理、数据、结果都各不相同,对于消费者而言,很难弄清楚哪一种标签值得信任^[5]。2013 年 4 月,欧盟委员会最终选择使用基于 LCA 的评价系统,用以避免了环境影响在不同类别、不同生产流程之间的迁移,并发布了《建立绿色产品统一市场》公告和《更好促进产品和组织环境绩效信息》的提案,正式建立产品环境足迹(Product Environmental Footprint,PEF)和组织环境足迹(Organization Environmental Footprint, OEF)的通用评价方法,用于统一欧盟各国互不兼容的绿色产品评价体系,并有可能对他国形成绿色贸易壁垒^[6]。中国虽未制订相应的强制性法规,但于 2017 年颁布的《绿色产品评价通则》国家标准(GB/T 33761-2017),也明确了要遵循生命周期理念,要求在制定具体绿色产品评价标准时,应从原材料获取、制造、使用、废弃等生命周期阶段出发,重点分析产品在不同阶段的资源能源消耗、生态环境影响及人体健康安全影响因素。

4 LCA 在农业环境管理中面临的挑战

LCA 虽然在农业环境管理的研究和应用方面取得了较大进展,但仍面临着边界界定不清、基础数据库缺失、评价模型有待开发、结果分配原则不明等方面的局限与挑战^[7]。

4.1 边界界定不一致

目标与范围定义是 LCA 的一个步骤,关系到农业生产的哪些过程纳入到评价范围,对结果影响很大。由于全国层面缺乏相应的标准与共识,因而对于同一种农产品的边界界定相互之间都有差异。欧盟 PDF 的主要工作之一,就是针对样板农产品,力争统一环境影响评价的边界。

4.2 基础数据库不足

开展一个 LCA ,可能涉及到上万条数据 ,不可能完全由研究者去填充。目前对 LCA 研究开展比较多的国家 ,已经由企业、政府或相关公益组织开发了专用软件 ,内置了部分可用于农业 LCA 的基础数据库:如 Ecoinvent (瑞士) 、ProBas (德国) 、GaBi (德国) 、Agribalyse (法国) 、European Reference Life Cycle Database (欧洲) 、United States Department of Agriculture 相关数据 (美国) 、SimaPro (荷兰) 等。中国也开发了 中国生命周期参考数据库 (Chinese Life Cycle Database ,CLCD) ,其中包含肥料、电力、燃油、运输等可用于农业 LCA 的数据 ,但对于一些重点农资的生产、使用、废弃处理清单数据尚不健全。

4.3 农业环境影响评价模型有待完善

LCA 最开始被开发用于工业的环境影响分析 ,现在的评价模型针对的是工业生产体系的环境影响特征。但农业生产具有与工业生产截然不同的属性 ,对环境影响的具体表现形式也与工业不同 ,特别是对于农业在生态系统服务、生物多样性、土壤等环境影响类型方面 ,目前的模型还不能较好地评价。

4.4 结果分配原则不明

农业大多是多产出的生产系统 ,对于环境影响的分配原则方面也缺乏共识。如粮食作物的籽粒与秸秆、牛奶与牛肉、肉类与皮毛等 ,目前主产品和副产品的分配原则多是基于经济价值或质量等基准 ,如果涉及到再生循环就更复杂 ,分配原则还缺乏共识或可操作的统一原则。

5 结语

LCA 是经过标准化的环境管理方法 ,避免了其他方法之间环境指标与权重的不统一 ,在农业环境管理中具有独特的优势。全球 LCA 在农业环

境影响评价的研究和应用方面都取得了重要的进展 ,部分国家已经体现在相关政策中 ,发展形势明朗。由于面临着应用边界界定不一致、基础数据库缺失、评价模型有待开发、结果分配原则不明等方面的局限与挑战 ,目前中国 LCA 在农业领域主要集中在研究领域 ,公众知晓度与参与度不够。尤其需要国家相关部门或行业协会牵头制订相应的标准 ,以推动 LCA 在农业环境管理中的应用。

参考文献:

- [1] Hunter M. C. , R. G. Smith , M. E. Schipanski , et al. Agriculture in 2050: recalibrating targets for sustainable intensification [J]. *Bioscience* 2017 67(4) : 385 - 390.
- [2] 徐湘博 , 孙明星 , 张林秀. 农业生命周期评价研究进展 [J]. *生态学报* 2021 41(1) : 422 - 433.
- [3] Baldini C , Gardoni D , Guarino M. A critical review of the recent evolution of Life Cycle Assessment applied to milk production [J]. *Journal of Cleaner Production* , 2017 (140) : 421 - 435.
- [4] Tichenor N E , Peters C J , Norris G A , Norris G A , Thoma G. Life cycle environmental consequences of grass - fed and dairy beef production systems in the Northeastern United States [J]. *Journal of Cleaner Production* , 2017 (142) : 1619 - 1628.
- [5] Environmental Footprint Team. Environmental footprint: what's in it for me [EB/OL]. (2019 - 12 - 31) [2020 - 04020]. https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/ef_pilots.htm#pef.
- [6] 中国贸促会. 欧盟高筑绿色贸易壁垒 [EB/OL]. (2020 - 12 - 04) . http://www.chinatradenews.com.cn/epaper/content/2016-11/29/content_6586.htm.
- [7] 佟景贵 , 曹焯. 生命周期评价在环境管理中应用的局限性及其技术进展研究 [J]. *环境科学与管理* 2017 42(10) : 169 - 172.