

# 基于农业投入的重庆农业碳排放时序特征及减排措施研究

王才军<sup>1,2</sup>, 孙德亮<sup>1</sup>, 张凤太<sup>3</sup>

(1. 重庆师范大学 地理与旅游学院, 重庆 400047; 2. 重庆高校市级地理信息系统应用研究重点实验室, 重庆 400047; 3. 贵州师范学院 资源环境与灾害研究所, 贵阳 550018)

**摘要:** 农业越来越成为世界上碳排放的主要来源之一, 已引起全世界的高度关注。基于农业投入的化肥、农膜、农药、用电量以及柴油 5 个方面碳源, 测算了重庆市 1996—2010 年近 15 a 的农业碳排放, 结果表明: (1) 近 15 a, 重庆市农业投入的碳排放呈明显增长趋势, 农业投入碳排放总量增长分为三个阶段: 增长率下降的缓慢增长阶段、环比增长起伏的波动增长阶段和迅猛增长阶段。 (2) 近 15 a, 重庆市农业投入的碳排放强度处于明显增长阶段, 增长率达到 120.32%; 2007 年以后碳排放环比增长与碳排放强度环比增长趋于吻合。 (3) 近 15 a, 农业生产中化肥使用导致的碳排放在整个农业投入的碳排放中始终占据绝对支配地位, 但呈下降趋势。农村用电碳排放所占比例仅次于化肥使用的碳排放, 且呈增加趋势, 由 1996 年的 22.1% 增加到 2010 年的 38.69%。农膜、农药、农用柴油的使用导致碳排放量增加, 但是在全年当中所占比例基本稳定。最后, 立足研究结论, 提出了未来重庆农业减排的措施, 以期重庆低碳农业发展提供借鉴和参考。

**关键词:** 农业投入; 农业; 碳排放; 时序特征; 减排政策

中图分类号: F323.21; X825

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2012)05-0206-04

## Research on Temporal Characteristics and Reduction Policy Based on Input in Chongqing Municipality

WANG Cai-jun<sup>1,2</sup>, SUN De-liang<sup>1</sup>, ZHANG Feng-tai<sup>3</sup>

(1. Department of Geography and Tourism, Chongqing Normal University, Chongqing 400047, China;

2. Key Laboratory of GIS Application, Chongqing Municipal Higher Education Ally, Chongqing 400047,

China; 3. Institute of Environment, Resources and Disaster, Guizhou Normal University, Guiyang 550018, China)

**Abstract:** Agriculture has become one of the main sources of carbon emissions in the world, which has attracted worldwide concern. Based on the input of chemical fertilizers, pesticides, agricultural plastic films, power consumption and diesel, carbon emissions of Chongqing in recent 15 years from 1996 to 2010 was estimated. The results showed that: (1) in recent 15 years, carbon emissions due to agricultural investment were in obvious growth trend, presenting in three stages: sluggish growth stage of growth decline, the fluctuation of growth stage and rapid growth stage; (2) in recent 15 years, the carbon intensity was in obvious growth stage because of agricultural investment, growth rate was up to 120.32%; after 2007, neighborhood comparing growth of carbon emissions tended to be identical with carbon emissions intensity; (3) carbon emissions resulting from chemical fertilizer use was overwhelmingly dominant in the whole agriculture carbon emissions, which demonstrated the decline trend; the carbon emission deriving from power was ranked the second compared to chemical fertilizer use, and had increased by 22.1% in 1996 to 38.69% in 2010, carbon emissions of agricultural plastic films, pesticides and agricultural diesel were growing, but the proportion in the whole emissions was stable. Finally, based on the research results, the future agriculture emission reduction measures for emission reduction policy of Chongqing was put forward in order to provide reference to Chongqing low carbon agricultural development.

**Key words:** agricultural investment; agriculture; carbon emissions; temporal characteristics; reduction policy

收稿日期: 2012-05-14

修回日期: 2012-06-31

资助项目: 国家自然科学基金资助项目(40801077); 国家社科基金(10CJY044); 重庆市教委项目(KJ100614)

作者简介: 王才军(1975—), 男, 四川南溪人, 硕士, 实验师, 研究方向为资源环境与地理信息系统。E-mail: wcaijun@cqnu.edu.cn

目前气候变暖是全球环境变化的重要问题之一,已经得到了国际社会的广泛关注。温室气体的排放,特别是  $\text{CO}_2$  浓度的剧增,是导致全球变暖的主要因素之一,因此,碳循环与碳排放研究成为 20 世纪末以来国内外学术界研究的热点<sup>[1-3]</sup>。随着科学技术的进步和农业现代化的推广,化肥、农药、农业机械等高碳型生产资料的大量投入使用,使得农业越来越成为世界上碳排放的主要来源之一<sup>[4-6]</sup>。农业碳排放是指农业(文中所指种植业)生产过程中由于化肥、农药、能源消费,以及农业废弃物资源处理过程中所直接或间接导致的温室气体的排放<sup>[7]</sup>。中国是世界上的主要农业大国之一,据报道,中国农业温室气体排放总量为 6.21 亿 t 二氧化碳当量,占全国排放总量的 17%<sup>[7]</sup>,农业碳排放问题随着全球气候问题的发展日益成为影响中国农业可持续发展的障碍。

重庆作为三峡库区的核心区域,人地矛盾突出,农业生产高度依赖农业生产资料(农药、化肥等)的投入,导致库区农业面临水土流失、农业面源污染、农业净释放碳增加等问题,严重影响了重庆农业的可持续发展。但关于重庆农业碳排放的研究目前尚未见报道,因此,研究基于农业投入的农业碳排放问题,对于调整农业结构、控制农业碳排放,实现重庆农业可持续发展具有重要参考价值。

## 1 研究区概况

重庆市位于中国内陆西南部、长江上游,四川盆地东南部。辖区总面积 8.24 万  $\text{km}^2$ ,全市总人口 3 303.45 万,重庆气候温和,属亚热带季风性湿润气候。重庆是一个大城市与大农村的结合体,农村地域广阔,人口众多,农业资源极具开发潜力。2011 年,重庆完成农业增加值 844.52 亿元,同比增长 5.1%。实现粮食总产量 1 126.9 万 t,连续 4 a 保持在 1 100 万 t 以上。新认证认定无公害农产品、绿色食品、有机食品和农产品地理标志产品 361 个,累计 2 734 个。登记注册农民专业合作社 13 403 个,农民参合率 32%、居西部第 1 位<sup>[8]</sup>。农业生产在西部地区名列前茅。

## 2 研究方法 with 数据来源

### 2.1 碳排放估算方法

关于农业碳排放的研究相对复杂,目前尚未形成统一的研究方法,也没有具体的观察数据,因此本文在总结前人相关碳排放系数研究的基础上,结合重庆农业的具体特点,选择引发碳排放的主要农业投入源——化肥、农膜、农药、用电量以及柴油直接或间接

导致的碳排放进行估算。

碳排放测算公式为<sup>[9]</sup>:

$$E = \sum e_i = \sum T_i \times \delta_i \quad (1)$$

式中: $E$ ——碳总排放量; $e_i$ ——各类碳源碳排放量; $T_i$ ——各碳排放源的量; $\delta_i$ ——各碳排放源的碳排放系数。其中化肥、农膜、农药、用电量以及柴油的碳排放系数借用 IPCC 和国内学者的研究成果<sup>[10-11]</sup>,分别确定为 0.895 6, 2.574 5, 4.934 1, 0.272  $\text{kg}/(\text{kW} \cdot \text{h})$ , 0.592 7  $\text{kg}/\text{kg}$ 。其中用电量碳排放系数需要乘以火电系数(即火力发电占重庆总发电量之比),经计算平均火电系数为 0.80。

### 2.2 农业碳排放估算

重庆市化肥、农药、农村用电、农膜、柴油、耕地面积数据均以当年实际使用量为准,数据主要来源于《重庆统计年鉴》(1997—2011)<sup>[12]</sup>和重庆市统计局网站。

## 3 结果与分析

根据确定的碳排放系数,计算重庆市农业投入的化肥、农药、农村用电、农膜、柴油的碳排放量,结果见表 1。

### 3.1 排放总量及时序特征

根据重庆市 1996—2010 年农业碳排放总量趋势看出(图 1),1996 年以来,重庆市农业投入的碳排放一直处于增长的状态,农业总碳排放从 1996 年的 96.85 万 t 增长到 2010 年的 182.14 万 t,总增长率为 88.06%。重庆市农业投入碳排放增长明显表现为三个阶段,1996—1999 年环比增长率下降的缓慢增长阶段,2000—2006 年是环比增长率起伏的波动增长阶段,2007—2010 年是环比增长率平稳下降阶段。

表 1 说明,农膜、农村用电量和农用柴油的增加趋势明显,1996 年以来,其总碳排放量分别增加了 139.08%, 229.14%, 118.2%。其主要原因是国家对农业“两减免,三补贴”政策的实施,刺激了广大农民的种田积极性,农业机械化和现代化水平得到较大提高。另外“退耕还林”和“三峡库区生态环境保护”政策减少了农村耕地和薪炭林的面积,导致农民通过科学种植提高单位面积产量和农村用电量的增加。

### 3.2 排放强度及时序特征

根据表 1,1996 年以来,重庆市农业投入的碳排放强度处于明显增长阶段,由 1 194.13  $\text{kg}/\text{hm}^2$  增加到 2010 年的 2 630.94  $\text{kg}/\text{hm}^2$ ,增长达到 120.32%。1996—2000 年碳排放强度环比增长一直跟随碳排放环比增长变化,但是一直高于碳排放的环比增长。2001—2002 年在碳排放总量没有出现急剧增加的情

况下,碳排放强度环比增长出现急剧增加,主要原因是国家退耕还林政策的实施,导致原本就少的耕地面积急剧减少,导致出现碳排放强度增加的现象。经历

了 2003—2006 年震荡调整后,2007 年以后碳排放环比增长与碳排放强度环比增长趋于吻合,其原因是该阶段耕地面积基本保持稳定。

表 1 重庆市 1996—2010 年农业碳排放状况

年份	化肥/ 万 t	农膜/ 万 t	农药/ 万 t	农村用电 量/万 t	农用柴油/ 万 t	总量/ 万 t	环比增 速/%	排放强度/ ( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )	环比增 速/%
1996	58.71	3.94	8.34	21.41	4.45	96.85	—	1194.13	—
1997	62.37	4.09	8.29	24.73	5.00	104.48	7.88	1295.63	8.50
1998	63.75	4.56	8.98	26.43	4.49	108.21	3.57	1351.70	4.32
1999	63.61	4.79	9.08	28.29	4.62	110.39	2.01	1384.81	2.45
2000	64.48	5.05	9.13	30.33	6.45	115.44	4.57	1458.31	5.31
2001	65.00	4.99	9.42	32.76	6.70	118.87	2.97	1528.78	4.83
2002	65.71	6.51	9.52	36.85	6.70	125.29	5.40	1810.94	18.45
2003	64.12	6.23	9.62	39.88	7.44	127.29	1.60	1881.32	3.88
2004	68.98	6.90	9.62	41.85	7.87	135.22	6.23	1930.89	2.63
2005	70.93	7.08	9.62	46.67	8.84	143.14	5.86	2046.03	5.96
2006	72.13	7.26	9.67	50.08	8.95	148.09	3.46	2140.03	4.59
2007	75.52	7.75	10.07	52.71	9.09	155.14	4.76	2240.94	4.72
2008	78.94	7.96	10.36	59.94	8.88	166.08	7.05	2398.96	7.05
2009	81.65	8.93	10.86	66.89	9.33	177.66	6.97	2566.23	6.97
2010	82.23	9.42	10.31	70.47	9.71	182.14	2.52	2630.94	2.52
总增长率/%	40.06	139.08	23.62	229.14	118.20	88.06	—	120.32	—

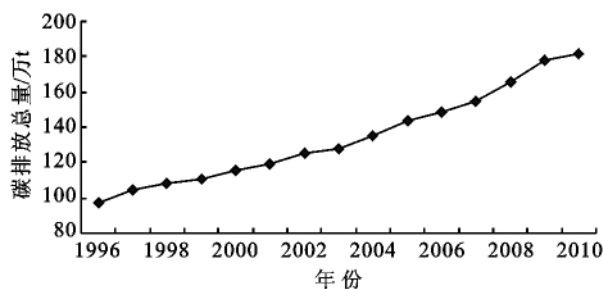


图 1 碳排放总量趋势

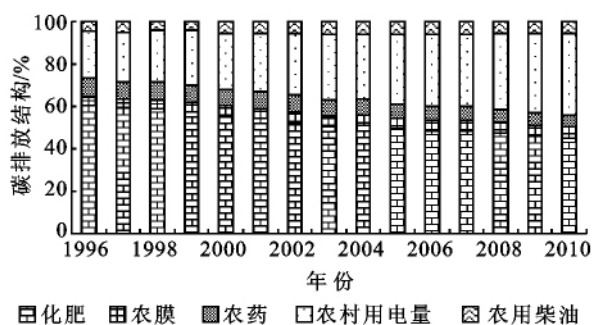


图 2 碳排放结构

### 3.3 碳排放结构特征

由图 2 可知,1996—2010 年,农业生产中化肥使用导致的碳排放在整个农业投入的碳排放中始终占据绝对支配地位,但是随着化肥使用出现了一系列问题,例如,土地面源污染、耕地板结等,特别是近年来生态农业发展需求,重庆农业生产的化肥的使用在逐渐减少,其碳排放比例也由 1996 年的 60.6% 下降到 2010 年的 45.1%。农村用电碳排放所占比例仅次于

化肥,且呈增加趋势,由 1996 年的 22.1% 增加到 2010 年的 38.69%,这主要与国家政策和农民生活水平的改善有关。农膜、农药、农用柴油的使用导致的碳排放在全年当中所占比例基本稳定。

## 4 结论与政策建议

### 4.1 基本结论

(1) 1996—2010 年,重庆市农业投入的碳排放处于明显增长趋势,农业投入碳排放总量增长表现为三个阶段,1996—1999 年增长率下降的缓慢增长阶段,2000—2006 年是环比增长起伏的波动增长阶段,2007—2010 年是环比增长急剧增加的迅猛增长阶段。其中农膜、农村用电量和农用柴油的碳排放增加尤为突出,1996 年以来,其总碳排放量分别增加了 139.08%,229.14%,118.2%。

(2) 1996—2010 年,重庆市农业投入的碳排放强度处于明显增长阶段,由 1194.13  $\text{kg}/\text{hm}^2$  增加到 2630.94  $\text{kg}/\text{hm}^2$ ,增长率达到 120.32%。其中 2001—2002 年呈急剧增加趋势,2002 年环比增长率高达 18.45%,2007 年以后碳排放环比增长与碳排放强度环比增长趋于吻合。

(3) 1996—2010 年,农业生产中化肥使用导致的碳排放在整个农业投入的碳排放中始终占据绝对支配地位,但呈下降趋势。农村用电碳排放所占比例仅次于化肥使用的碳排放,且呈增加趋势,由 1996 年的

22.1%增加到2010年的38.69%。农膜、农药、农用柴油的使用导致的碳排放量虽然在增加,但是在全年当中所占比例基本稳定。

#### 4.2 减排措施

(1) 加强宣传、转变思想、形成低碳农业意识。低碳农业尚属新生事物,对西部偏远山区的人们来说更是陌生,要充分利用各种媒体和手段,开展多渠道、多形式、多方位的宣传教育,深入宣传低碳农业的必要性,认识到低碳农产品的安全性和优越性,调动各方面发展低碳农业的积极性,培育全社会参与共识,大力倡导低碳农业生产和生活方式,逐渐形成全民发展低碳农业的良好氛围和意识。

(2) 调整农业产业结构,大力发展低碳农业。农业产业结构的调整有助于农业减排,在保证基本农业需求的基础上,根据自身的资源禀赋特点,加大林业、渔业、牧业,减少传统种植业,尤其是将传统种植业与生态旅游业结合,发展观光农业。另外,调整传统种植业的内部结构,在保证基本粮食需求的前提下,大力发展花生、棉花、油菜等经济作物的种植面积,并且加大高产、抗逆农作物品种的种植力度,减少碳排放。

(3) 加大低碳农业投入,提高农业科技含量。加大对农业基础设施的投入,整合各类涉农资金,用于农田水利基本建设、中低产田改造、基础设施建设等,重点建设现代设施农业示范园区、生态畜牧业、粮食(叶菜)功能区等项目,改善农业生产条件,提高农业综合生产能力,减少碳排放。

研究先进施肥和病虫害防治技术,用粪肥、堆肥或有机肥替代化肥,通过秸秆还田增加土壤养分等。加强研制高效低毒或无毒农药,加强生物防治和加大培育耐中高温型、耐低肥、抗旱和抗因高温引发病害的新品种育种工作,发展农业灾害预报防治和病虫害综合防治技术,研究、生产低残留农药和可降解塑料薄膜等<sup>[13]</sup>。

(4) 提高农资利用效率。一是提高化肥利用效率:施行测土配方施肥和平衡施肥,根据不同土壤的养分状况,合理搭配氮、磷、钾、微肥,降低成本,减少肥料流失和污染,提高农业综合生产能力,减少化肥使用过程中碳的排放。二是提高农膜利用效率:加强农膜的重复利用率和废旧农膜的回收循环利用。三是提高水资源的利用效率:大力推广喷灌、微喷灌、滴灌等节水灌溉技术,杜绝漫灌,集成创新节水模式,推广蓄、保、集、节、用一体化节水措施,提高水资源利用效率,减少碳排放。四是提高秸秆资源利用效率:推广秸秆综合利用,积极探索绿肥秸秆替代化肥,秸秆

覆盖,秸秆生产牲畜饲料等,增加土壤有机质和养分含量,改善土壤理化性状,提高土壤肥力等级,变废为宝,加强循环利用,全面提升秸秆资源利用效率。

(5) 政府扶持、典型模式引导。在低碳农业发展过程中形成了很多模式,例如:立体种养的地地模式、“三品”基地模式(“三品”指无公害农产品、绿色食品、有机食品)、清洁能源模式(风力发电、秸秆发电、秸秆气化、沼气、太阳能利用等)、农产品加工废弃物循环利用模式、农业观光休闲模式等,但是这些模式多是一个农户或一个种植园实行低碳农业的模式,而周围的耕地仍是化学农业,因此,在政策上政府应加大扶持,倡导低碳农业模式的推广,以点带面,最终形成带动农民增收、农业减排的区域低碳农业的可持续发展。

#### 参考文献:

- [1] Streets D G, Jiang Ke-jun, Hu Xiu lian, et al. Recent reductions in China's greenhouse gas emissions[J]. Science, 2001, 294(5548): 1835-1837.
- [2] 孙建卫, 赵荣钦, 黄贤金, 等. 1995—2005年中国碳排放核算及其因素分解研究[J]. 自然资源学报, 2010, 25(8): 1284-1290.
- [3] Soyata U, Sari R, Ewing B T. Energy consumption, income, and carbon emissions in the United States[J]. Ecological Economics, 2007, 62(3/4): 482-489.
- [4] 杜宝华, 杨平, 全乘风. 农田土壤二氧化碳释放问题的研究[J]. 水土保持研究, 1996, 3(3): 100-104.
- [5] 朱孟郡, 严平, 宋阳, 等. 风蚀作用下农田土壤碳损失的估算[J]. 水土保持研究, 2008, 15(1): 226-230.
- [6] 腾耀华, 张军以, 苏维词. 三峡库区低碳农业发展模式与减排对策[J]. 水土保持研究, 2012, 19(2): 226-231.
- [7] 李波, 张俊飏, 李海鹏. 中国农业碳排放与经济发展的实证研究[J]. 干旱区资源与环境, 2011, 2(12): 8-14.
- [8] 重庆市人民政府网站. 重庆概况[EB/OL]. [2011-05-02]. <http://www.cq.gov.cn/cqgk/mzrk>.
- [9] 李波, 张俊飏, 李海鹏. 中国农业碳排放时空特征及影响因素分解[J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(8): 80-87.
- [10] 黄祖辉, 米松华. 农业碳足迹研究[J]. 农业经济问题, 2011(11): 40-49.
- [11] 谢淑娟. 广东省农业生产能源消费碳排放分析及减排对策[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(28): 17514-17516.
- [12] 重庆市统计局. 重庆统计年鉴[M]. 重庆: 重庆出版社, 1997-2011.
- [13] 徐庆国, 刘红梅, 黄丰. 低碳农业与可持续发展的探讨[EB/OL]. [2011-11-02]. [http://www.zgxcfx.com/Article\\_Show.asp?ArticleID=44593](http://www.zgxcfx.com/Article_Show.asp?ArticleID=44593)