

浙江省农业碳排放与种植业产值间的脱钩关系

汪玉磊 单英杰 陈娅 朱有为

(浙江省种植业管理局, 浙江 杭州 310020)

【摘要】为了解浙江省农业碳排放变化与农业经济发展之间的关系,选择化肥、农药、农膜、灌溉、耕作和稻田等6个农业碳排放源,测算了浙江省1995—2014年以及2014年杭州、宁波、温州、嘉兴、湖州、绍兴、金华、衢州、舟山、台州和丽水11个地级市的碳排放量和碳排放强度,运用Tapio脱钩模型分析浙江农业碳排放和种植业产值之间的关系。结果表明:自1995年以来,浙江省农业碳排放总量和碳排放强度均呈下降趋势;区域差异较明显;浙江农业碳排放和种植业产值之间的关系以强脱钩为主,说明近年来浙江省在农业碳减排方面取得了一定成效。

【关键词】农业;碳排放;Tapio脱钩模型;浙江

【中图分类号】S9

【文献标识码】A

农业不仅是易受气候变化影响的产业,也是产生碳排放的碳源之一。《中华人民共和国气候变化初始国家信息通报》指出,农业温室气体排放总量约占全国排放总量的17%,因此农业碳排放的测算也受到广泛关注。浙江省农业资源禀赋不足,人均耕地面积仅为全国平均水平的1/3,且农民兼业化现象普遍,致使留在农村进行农业生产的农民更加依赖化肥、农药等工业投入品。同时,作为全国唯一的现代生态循环农业发展试点省,浙江将生态循环农业作为农业发展方式的重点,积极探索低碳农业、有机农业等体现生态循环理念的新兴形态,在农业节能减排实践探索方面具有一定代表性。农业(指种植业)生产碳排放主要有3个来源:一是农用物质投入(化肥、农药、农膜等)引起的碳排放;二是灌溉或耕作等农事活动中能源消耗产生的碳排放;三是水稻生长过程中产生的甲烷。为探寻适合浙江省农业碳减排的道路,明确当前碳排放现状,掌握其时空变异特征,并深入了解碳排放变化和农业经济发展之间的关系,对浙江省1995—2014年农业主要碳排放进行测算,同时对2014年杭州、宁波、温州、嘉兴、湖州、绍兴、金华、衢州、舟山、台州和丽水11个地级市的碳排放展开区域特征分析,通过Tapio脱钩模型分析浙江省年度间碳排放量与农业经济发展之间的脱钩状态。

1 资料与方法

1.1 数据来源

化肥、农药、农膜、灌溉面积、耕作面积、产值数据、耕地面积主要来自1996—2015年的《浙江统计年鉴》和浙江省农业厅编印的浙江农业统计资料。其中,化肥以折纯施用量为准,农药以当年实际施用量为准,农膜以当年农用塑料薄膜使用量为准,灌溉面积以当年有效灌溉面积为准,耕作面积以当年农作物播种面积为准,产值(种植业)按1978年可

收稿日期: 2015-12-16; 2016-02-19修回

基金项目: 农业农村资源等监测统计经费(种植业)项目

作者简介: 汪玉磊(1982-),女,农艺师,硕士,从事耕地质量和肥料管理工作。E-mail: wangy109@yeah.net

通讯作者: 朱有为(1964-),男,推广研究员,从事农业资源与环境保护工作。E-mail: 13018941333@163.com

比价格计算得到。

1.2 研究方法

1.2.1 碳排放估算

参考李波等^①对碳排放的研究方法估算浙江省种植业的碳排放。估算公式：

$$C=\sum C_i=\sum T_i \cdot \delta_i \tag{1}$$

式中，C 为农业的碳排放总量，C_i 为各种碳源的碳排放，T_i 为各碳排放源的量，δ_i 为各碳排放源的碳排放系数（表 1）。

表 1 浙江省农业碳排放系数及来源
Table 1 Agricultural carbon emission coefficient and sources in Zhejiang

碳 源 Carbon source	碳排放系数 Carbon emission coefficient	来源 Source
肥料 Fertilizer	0.895 6 kgC/kg	West T O 等 ^[2]
农药 Pesticide	4.934 kgC/kg	West T O 等 ^[2]
农膜 Agricultural film	5.18 kgC/kg	南京农业大学农业资源与生态环境研究所
农业有效灌溉面积 Effective irrigation area	266.48 kgC/hm ²	West T O 等 ^[2]
耕作耗能 Energy consumption for farming	67.45 kgC/kg	West T O 等 ^[2]
稻田 Rice field	1.81 kg/(hm ² · d)	黄祖松 ^[3]

1.2.2 脱钩理论及 T a p i o 脱钩模型

脱钩（d e c o u - p l i n g）概念由经济合作与发展组织（O E C D）于 2 0 0 2 年提出，用于描述、模拟和证实经济增长与环境质量受损之间的关联度^④。后来 T a p i o^⑤在此基础上发展成脱钩弹性的概念，又称之为碳排放弹性（t），指经济发展的变化幅度引起二氧化碳排放变化程度的比值，映射了二氧化碳变化相对于经济变化的敏感程度^⑥。选用 T a p i o 模型对浙江省农业碳排放和农业经济增长的脱钩关系进行分析。计算公式：

$$t = (\Delta C / C) / (\Delta C G R I / C G R I) \tag{2}$$

式中，C 为农业碳排放量，C G R I 为种植业总产值。在 T a p i o 二氧化碳脱钩指标体系中，临界值分别是 0、0.8 和 1.2 等 3 个弹性值，划分出二氧化碳排放量与经济增长之间不同的脱钩区间；等级判定可以分为强脱钩、弱脱钩、强负脱钩、弱负脱钩、增长连接、增长负脱钩、衰退连接与 衰退脱钩 8 种类型（表 2）。

表 2 Tapio 脱钩指标体系等级
Table 2 Level of Tapio decoupling index system

指标 Indexes	脱钩状态 Decoupling relationship	$\Delta C/C$	$\Delta CGRI/$ CGRI	弹性 Elasticity coefficient
负脱钩 Negative decoupling	弱负脱钩	<0	<0	$0 \leq t < 0.8$
	强负脱钩	>0	<0	<0
	增长负脱钩	>0	>0	>1.2
脱钩 Decoupling	衰退脱钩	<0	<0	>1.2
	强脱钩	<0	>0	<0
	弱脱钩	>0	>0	$0 \leq t < 0.8$
连接 Coupling	衰退连接	<0	<0	$0.8 \leq t \leq 1.2$
	增长连接	>0	>0	$0.8 \leq t \leq 1.2$

2 结果与分析

2.1 浙江省农业碳排放的时序特征

从表 3 看出,浙江省 1995 年的农业碳排放量为 588.82 万 t,2014 年为 350.06 万 t,年平均增长率为 -2.70%。化肥、农药、耕作、稻田产生的碳排放量呈下降态势,农膜、灌溉产生的碳排放量出现不同程度增长,年均增长率分别为 5.28% 和 0.07%。碳排放强度从 1995 年的 3639.64 kg/hm² 下降到 2014 年的 1771.56 kg/hm²,年均增长率为 -3.72%。1995—2014 年浙江省农业碳排放量总体呈下降趋势,2004 年小幅上升,导致这一状况的最重要原因可能是 2004 年中央一号文件的“两减免,三补贴”政策,刺激了广大农民的种地积极性,农业生产水平得到较大提高。农业的复苏也带动了农业生产资料投入的增加,使得农业碳排放增速加快^①。农用物质投入、农事活动的碳排放总量年均增长率为 0.12%,主要归结于农膜的增长,这可能与浙江省蔬菜面积增加有关,因此蔬菜面积从 1998 年的 29.78 万 hm² 增加到 2014 年的 60.6 万 hm²,增加了 1 倍多。

表 3 1995—2014 年浙江省农业生产碳排放量
Table 3 Agricultural carbon emission in Zhejiang during 1995—2014

年份 Year	农用物质投入、农事活动 Agricultural material input and farming activities							稻田 Rice field	总量/万 t Carbon emissions	增速/% Growth rate	碳排放强度/ (kg/hm ²) Carbon emission intensity
	化肥/万 t	农药/万 t	农膜/万 t	灌溉/万 t	耕作耗能/万 t	总量/万 t	增速/%	总量/万 t	增速/%		
1995	87.34	29.04	12.79	37.47	26.46	193.10	—	395.72	—	588.82	—
1996	88.03	31.26	12.69	37.46	26.74	196.18	1.59	395.81	0.02	591.99	0.54
1997	88.65	32.14	14.25	37.44	26.60	199.08	1.48	386.12	-2.45	585.20	-1.15
1998	81.30	32.49	14.40	37.34	26.44	191.97	-3.57	371.68	-3.74	563.65	-3.68
1999	83.00	33.03	15.02	37.33	26.30	194.68	1.41	359.19	-3.36	553.87	-1.73
2000	80.35	32.19	16.37	37.32	23.97	190.20	-2.30	295.8	-17.65	486.00	-12.25
2001	80.89	32.69	18.34	37.32	21.89	191.13	0.49	248.05	-16.14	439.18	-9.63
2002	82.31	31.50	20.31	37.47	20.67	192.26	0.59	217.01	-12.51	409.27	-6.81
2003	80.94	30.42	21.96	37.41	19.12	189.85	-1.25	181.30	-16.46	371.15	-9.31
2004	83.60	31.26	22.58	37.44	18.74	193.62	1.99	190.30	4.96	383.92	3.44
2005	84.43	32.34	23.15	37.60	19.14	196.66	1.57	190.39	0.05	387.05	0.82
2006	84.17	32.64	24.61	37.90	16.97	196.29	-0.19	190.74	0.18	387.03	-0.01
2007	83.13	32.00	25.49	38.14	16.81	195.57	-0.37	176.65	-7.39	372.22	-3.83
2008	83.27	32.44	26.99	38.26	16.74	197.70	1.09	173.54	-1.76	371.24	-0.26
2009	83.83	32.29	28.18	38.54	16.89	199.73	1.03	173.77	0.13	373.50	0.61
2010	82.57	32.09	28.70	38.67	16.76	198.79	-0.47	170.88	-1.66	369.67	-1.03
2011	82.44	31.50	30.25	38.82	17.83	200.84	1.03	165.63	-3.07	366.47	-0.87
2012	82.53	31.01	32.27	39.20	16.53	201.54	0.35	154.12	-6.95	355.66	-2.95
2013	82.78	30.66	33.51	37.56	16.48	200.99	-0.27	153.40	-0.47	354.39	-0.36
2014	80.26	28.94	34.03	37.98	16.28	197.49	-1.74	152.57	-0.54	350.06	-1.22
年均增长率/% Annual rate of growth	-0.44	-0.02	5.28	0.07	-2.52	0.12	—	-4.89	—	-2.70	-3.72

2.2 浙江农业碳排放的空间特征

2. 2. 1 总量特征

从表 4 看出，2014 年浙江省 11 个地级市碳排放量前 3 位的是嘉兴、宁波和绍兴。嘉兴的碳排放量最大，因为其水稻面积最大，播种面积也最大。宁波市农用物质投入、农事活动的碳排放量最大，可能是因为其经济较发达，蔬菜瓜果的面积较大，化肥、农药、农膜等物资投入较多。舟山市的碳排放量占比最小，因为舟山是海岛城市，耕地较少，农业不是其主导产业。

表 4 2014 年浙江省各地区的碳排放情况
Table 4 Agricultural carbon emission of different cities in Zhejiang in 2014

地区 Cities	农用物质投入、农事活动/万 t Agricultural material input and farming activities	稻田/万 t Rice field	总量/万 t Carbon emissions	占比/% Proportion	碳排放强度/ (kg/hm ²) Carbon emission intensity
杭州市 Hangzhou	23.98	8.72	32.70	9.74	1 356.29
宁波市 Ningbo	26.04	14.60	40.64	12.10	1 830.58
嘉兴市 Jiaxing	22.65	18.79	41.44	12.34	1 907.35
湖州市 Huzhou	14.62	12.92	27.54	8.20	1 793.53
绍兴市 Shaoxing	21.53	18.64	40.17	11.96	2 013.50
舟山市 Zhoushan	1.49	0.36	1.85	0.55	684.96
温州市 Wenzhou	15.80	18.36	34.16	10.17	1 397.95
金华市 Jinhua	23.31	11.48	34.79	10.36	1 493.43
衢州市 Quzhou	15.09	14.15	29.24	8.71	2 053.50
台州市 Taizhou	19.66	11.86	31.52	9.39	1 582.80
丽水市 Lishui	13.15	8.57	21.72	6.47	1 437.75

注：所用耕地面积数据来自 2010 年的《中国耕地质量等级调查与评定（浙江卷）》。

2. 2. 2 强度特征

由于剔除了农业生产规模的影响，农业碳排放强度比碳排放总量更能反映各市的碳排放情况。碳排放强度较高的市有绍兴、衢州、嘉兴和宁波，均超过 1 800 kg/hm²；舟山市最低，仅为 684.96 kg/hm²。对比发现，碳排放强度较高的区域大多为经济条件较好、地势相对平坦的地区。衢州的碳排放强度高居全省之首，可能是水稻播种面积相对较大，而耕地面积较少导致。

2. 3 浙江省碳排放弹性特征

从表 5 可知，浙江省近 20 年的农业碳排放与种植业产值之间的关系以强脱钩为主，说明浙江种植业产值的提升与农业投入增加的结构性矛盾得到缓解。具体分为 2 个阶段：1) 1996—2000 年是第 1 阶段，此期为波动期，种植业总产值经历“减少—增加—减少”的过程，而农业碳排放一直处于下降状态，所以在短短 5 年间农业碳排放和种植业产值之间有弱脱钩、衰退脱钩和强脱钩 3 种状态。2) 2001—2014 年是第 2 阶段，此期的种植业产值一直处于上升状态，碳排放处于“减少—增加—减少”阶段，2004 年和 2005 年的种植业产值和碳排放量同时增加，但是经济增速高于碳排放的增速，碳排放弹性特征集中在弱脱钩和强脱钩状态，并以强脱钩为主。

表 5 1996—2014 年浙江省农业碳排放和种植业产值之间的脱钩关系
Table 5 Decoupling relationship between agricultural carbon emission and crop farming output value in Zhejiang during 1996—2014

年份 Year	$\Delta C/C$	$\Delta CGRI/CGRI$	弹性系数 Elasticity coefficient	脱钩状态 Decoupling relationship
1996	0.005 4	0.054 7	0.098 7	弱脱钩
1997	-0.011 5	-0.000 2	57.500 0	衰退脱钩
1998	-0.036 8	0.004 5	-8.177 8	强脱钩
1999	-0.017 3	0.072 8	-0.237 6	强脱钩
2000	-0.122 5	-0.022 7	5.396 5	衰退脱钩
2001	-0.096 3	0.071 0	-1.356 3	强脱钩
2002	-0.068 1	0.066 0	-1.031 8	强脱钩
2003	-0.093 1	0.055 0	-1.692 7	强脱钩
2004	0.034 4	0.051 0	0.674 5	弱脱钩
2005	0.008 2	0.027 0	0.303 7	弱脱钩
2006	-0.000 1	0.036 9	-0.002 7	强脱钩
2007	-0.038 3	0.026 0	-1.473 1	强脱钩
2008	-0.002 6	0.048 8	-0.053 3	强脱钩
2009	0.006 1	0.030 0	0.203 3	弱脱钩
2010	-0.010 3	0.008 9	-1.157 3	强脱钩
2011	-0.008 7	0.018 5	-0.470 3	强脱钩
2012	-0.029 5	0.011 3	-2.610 6	强脱钩
2013	-0.003 6	0.007 6	-0.473 7	强脱钩
2014	-0.012 2	0.036 0	-0.338 9	强脱钩

3 结论与讨论

基于浙江省化肥、农药、农膜、灌溉、耕作和稻田等 6 个碳排放源,研究农业碳排放与种植业产值之间的脱钩关系,从纵向看,浙江省碳排放总量和碳排放强度呈下降态势;稻田碳排放总量的年均增长率为-4.89%,农用物质投入、农事活动的为0.12%,其中农膜增长最多,为5.28%。从横向看,区域差异明显,2014年浙江省碳排放量最多的是嘉兴市、达41.44万t,舟山市最少、仅为1.85万t;碳排放强度最高的是衢州市、达2053.50kg/hm²,舟山市最低、为684.96kg/hm²,这与当地的种植特点有较大关系。近20年来,浙江省农业碳排放与种植业产值之间的关系以强脱钩为主,表明浙江省在农业碳减排方面取得了一定成效。但是限于数据可获取性等因素,研究结果还有一定局限性,如碳排放因子的选择和碳排放系数的确定,因为不同区域碳排放有一定差异。因此,今后有待进一步深入研究,并就浙江省的农业碳排放减少提出建议。

参考文献:

- ① 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):80-86.
- ② West T O, Marland G. A synthesis of carbon sequestration, carbon emissions, and net carbon flux in agriculture: comparing tillage practices in the United States [J]. Agriculture Ecosystems and Environment, 2002, 91: 217-232.
- ③ 黄祖辉,米松华.农业碳足迹研究——以浙江省为例[J].农业经济问题,2011(11):40-47,111.
- ④ OECD. Indicators to measure decoupling of environmental pressures from economic growth [R]. Paris: OECD, 2002.

⑤ TAPPIO P. Towards a theory of decoupling, degrees of decoupling in the EU and the case of road traffic in Finland between 1970 and 2001 [J]. Journal of Transport Policy, 2005 (12): 137-151.

⑥ 陈浩, 曾娟. 武汉市经济发展与能源消耗的脱钩分析 [J]. 华中农业大学学报: 社会科学版, 2011 (6): 90-95.