

# 湖北省农业碳排放时空比较及驱动因素分析

贺亚亚,田 云,张俊飏

(华中农业大学 经济管理学院/湖北农村发展研究中心,湖北 武汉 430070)

**摘 要** 基于农地利用、稻田、牲畜养殖三方面 17 类碳源,测算了湖北省全省 1995—2011 年及其 16 个地市(州)2010 年的农业碳排放量,并展开时空比较分析;在此基础上,利用 LMDI 模型对湖北省农业碳排放的驱动因素进行了分解。结果表明:湖北省全省 2011 年农业碳排放量达到 1 544.90 万 t,较 1995 年(1 443.56 万 t)增加了 7.02%,年均递增 0.43%,呈现较为明显的“上升—下降—上升”的 3 个阶段变化特征;地市(州)间区域差异明显。根据碳排放的比重差异,将 16 个地市(州)划分为稻田主导型、农地利用主导型、牲畜养殖主导型、复合因素主导型 4 种类型;与 1995 年相比,效率、劳动力、结构因素分别实现了 94.13%、41.23%和 8.67%的农业碳减排,而经济因素则引发了 151.05%的碳增量。

**关键词** 农业碳排放;时空差异;驱动因素;LMDI 模型

**中图分类号:**F 224.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1008-3456(2013)05-0079-07

政府间气候变化专业委员会(IPCC)在发布的第 4 次评估报告中,预测未来 100 年内全球地表温度平均增加 1.8~4.0℃,而全球气温升高 4.0℃将导致不可预计的灾难<sup>[1]</sup>。全球增温导致气候恶劣、灾难频发。从中国近 5 年的气候情况来看,极端天气事件:高温热浪、特大暴雨、干旱、沙尘暴等发生的频率不断增加、强度不断增大。温室效应已成为全世界普遍关注的重大问题。因此,发展低碳经济、节能减排势在必行。农业已成为温室气体的第二大排放源头,其排放量介于电热生产和尾气之间,在中国,农业碳排放占全国碳排放的比重高达 17%<sup>[2]</sup>,其影响力不容忽视。

许多学者就农业碳排放问题展开了研究,主要集中于以下几个方面:一是农业碳排放的测量。李国志等就农业能源消费引发的二氧化碳排放量进行了测算<sup>[3]</sup>;田云等基于投入视角从化肥、农药、农膜、农用柴油等 4 个方面的碳源就湖北省农业碳排放进行了测算<sup>[4]</sup>;谷家川等基于化肥、农药、农膜、农业灌溉、农地翻耕、农机运用、农作物收割后残留根系分解等 7 个方面的主要碳源对皖江城市带的农业碳排放进行测算<sup>[5]</sup>;史磊刚等从作物种植模式角度出发以冬小麦—夏玉米两熟制为例研究华北平原的碳足迹,发现该种植模式下化肥占据总碳足迹的

61.76%、电能占 25.03%,氮肥施用量及电能消耗量均与农业碳足迹正相关<sup>[6]</sup>;黄祖辉等从农业碳足迹角度出发分析农业碳排放的数量及结构特征,发现农业能源的直接和间接碳排放、工业投入品全生命周期碳排放以及农业废弃物的最终处理是农业温室气体排放的三大重要来源<sup>[7]</sup>。二是研究农业碳排放与经济增长之间的关系。李波等基于投入视角来研究我国农业碳排放与经济发展间的关系,发现二者间呈现弱脱钩、扩张连接和扩张负脱钩的特征<sup>[8]</sup>;李波等从环境库茨涅兹视角进行实证分析来研究中国农业碳排放强度和人均 GDP 之间的关系,发现二者呈现出明显的倒 U 型曲线关系<sup>[9]</sup>。

已有文献多从单一视角对农业碳排放进行测算并分析其影响因素,虽有部分学者较为全面地考察了农业碳排放,但在测算体系的构建上仍存在一些不足。基于此,本文拟以湖北省作为研究对象,重新构建农业碳排放测算指标体系,对其全省 1995—2011 年及其 16 个地市(州)2010 年的农业碳排放进行测算,并进行时序演变规律及空间变化特征分析;在此基础上,利用 LMDI 模型对湖北省农业碳排放的驱动因素进行分解;最后,基于研究结论展开讨论。之所以选择湖北省,主要原因在于其属于国家低碳试点省份,“强化节能减排,加强污染治理,发展

收稿日期:2013-04-22

基金项目:国家自然科学基金项目“气候框架公约下农业碳排放的增长机理及减排政策研究”(71273105);湖北省高等学校优秀中青年科技创新团队计划“农业资源与环境经济问题研究”(T201219)。

作者简介:贺亚亚(1990-),女,博士研究生;研究方向:资源与环境经济。E-mail:heyayawork@gmail.com

循环经济,推广低碳技术,走绿色发展之路”已作为其经济社会发展的重要目标和方向之一。

一、研究方法 & 数据选取

1. 碳排放测算方法

对于农业碳排放的测算,闵继胜、田云先后较为系统地构建了农业碳排放测算体系并对中国农业温室气体排放进行了测算<sup>[10-11]</sup>。相比以往研究,二者在确定农业碳源指标时考虑的较为全面,所测算的结果也与一些专家的预测值较为接近。但均存在一些不足,比如闵继胜对农用物资碳排放考虑不够周全,而田云测算水稻甲烷排放采用的是单一碳排放系数,未考虑地域、熟制差异可能带来的影响。为此,本文将兼顾二者之长,重新构建农业碳排放测算体系,以提高研究结论的准确性。具体而言,主要从以下 3 个方面考察农业碳排放:一是农地利用活动导致的碳排放,包括农业投入品使用、农业能源耗费、农业废弃物处理等环节所引发的温室气体排放<sup>[12]</sup>;二是水稻生长发育过程中所产生的甲烷等温室气体排放<sup>[13]</sup>;三是动物尤其是反刍动物养殖带来的碳排放<sup>[14]</sup>。基于上述农业碳排放源头,本文在参考宋德勇<sup>[15]</sup>、黄贤金<sup>[16]</sup>等学者碳排放公式构建方法的基础上,构建农业碳排放公式如下:

$$E = \sum E_i = \sum T_i \times \delta_i \tag{1}$$

在式(1)中, $E$ 、 $E_i$ 、 $T_i$ 、 $\delta_i$  分别表示农业生产碳排放总量、各类碳源碳排放量、各碳排放源的量及各碳排放源的碳排放系数。基于此,依据农业碳排放源头特征,从 3 个方面(即农地利用、稻田、牲畜养殖)确定具体碳源因子及对应的碳排放系数。

(1)农地利用碳排放。农地利用碳排放主要源于 2 个方面:一是化肥、农药、农膜等农用物质投入直接或间接引发的碳排放;二是农业机械运用消耗的农用柴油产生的碳排放以及农业翻耕、灌溉活动所引起的碳排放<sup>[17]</sup>。各碳源碳排放因子见表 1。

表 1 主要农用物质碳排系数

碳源	碳排放系数	参考来源
化肥	0.8956 kg C · kg <sup>-1</sup>	美国橡树岭国家实验室
农药	4.9341 kg C · kg <sup>-1</sup>	美国橡树岭国家实验室
农膜	5.18 kg C · kg <sup>-1</sup>	南京农业大学农业资源与生态环境研究所
柴油	0.5927 kg C · kg <sup>-1</sup>	IPCC
灌溉	266.48kg C · hm <sup>-2</sup>	段华平等 <sup>[18]</sup>
翻耕	312.6kg · hm <sup>-2</sup>	中国农业大学生物与技术学院

(2)稻田 CH<sub>4</sub> 排放。稻田是温室气体 CH<sub>4</sub> (甲烷)的重要排放源之一,而不同地区水热条件存在较大差异,导致各地区水稻生长周期内 CH<sub>4</sub> 排放率也不尽相同。本文参照闵继胜等<sup>[10]</sup>测算出的结果,湖北早稻、晚稻以及中季稻的 CH<sub>4</sub> 排放系数分别定为 17.51 g/m<sup>2</sup>、39 g/m<sup>2</sup>、58.17 g/m<sup>2</sup>。需要指出的是,在实际计算中,根据温室气体等同温室效应的原则,按照 1tCH<sub>4</sub>=6.82 tC 公式,将 CH<sub>4</sub> 排放量转化为 C 排放量。

(3)牲畜养殖碳排放。据联合国粮农组织 2006 年估计,仅从生产和养殖环节来看,农业养殖引发占全球总量 18% 的温室气体排放。随着经济发展,人类对肉、蛋、奶的需求增加,畜牧业的规模变大。牲畜养殖过程之中带来的碳排放不可避免地增加,而反刍动物养殖是 CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O 产生的又一重要源头。具体到湖北省,牛、马、驴、骡、猪、山羊是导致甲烷产生的主要牲畜品种,其各自碳排系数见表 2。

表 2 主要牲畜品种对应的碳排系数

碳源	肠道发酵	粪便排放		参考来源	碳源	肠道发酵	粪便排放		参考来源
	CH <sub>4</sub> / (kg/头/年)	CH <sub>4</sub> / (kg/头/年)	N <sub>2</sub> O/ (kg/头/年)			CH <sub>4</sub> / (kg/头/年)	CH <sub>4</sub> / (kg/头/年)	N <sub>2</sub> O/ (kg/头/年)	
奶牛	61	18	1	IPCC	骡	10	0.9	1.39	IPCC
水牛	55	2	1.34	IPCC	猪	1	4	0.53	IPCC
黄牛	47	1	1.39	IPCC	山羊	5	0.17	0.33	IPCC
马	18	1.64	1.39	IPCC	驴	10	0.9	1.39	IPCC

注:对碳排放量进行加总时,将 CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O 统一置换成标准 C,1t CH<sub>4</sub> 所引发的温室效应当于 25t CO<sub>2</sub> (约合 6.8182t C) 所产生的温室效应,1t N<sub>2</sub>O 所引发的温室效应相当于 298 万 t CO<sub>2</sub> (81.2727 t C) 所产生的温室效应。

2. 碳排放影响因素分解方法

对数平均 D 氏指数分解法(logarithmic mean divisia index,LMDI)广泛应用于分析资源、环境问题。孙才志等利用 LMDI 分解法对中国 1997—

2007 年的三次产业用水量变化进行分析<sup>[19]</sup>,仲云云等基于 LMDI 三层完全分解模型对我国碳排放的驱动因素进行分析<sup>[20]</sup>;而 LDMI 方法也不仅限于此,王琴海等首次将 LMDI 方法引入 R&D 与经济

增长动态驱动关系中,对 GDP 总量进行分解<sup>[21]</sup>;而何建新等将 LMDI 分解法应用于农村劳动力转移的影响因素的分解<sup>[22]</sup>。相比其他分解方法如 Laspeyres 指数分级法、Paasche 分解法、AMDI 分解法等,LMDI 方法具有两点优势:其一,LMDI 方法能消除不能解释的残差项,使模型更具说服力;其二,LMDI 方法中,分部门效应加总与总效应保持一致,即不同的分部门效应总和与各个部门作用于总体水平上获得的总效应相一致<sup>[23]</sup>。基于此本研究选取 LMDI 方法对湖北农业碳排放进行因素分解。遵循 LMDI 分析框架,根据已有文献结果<sup>[24]</sup>,湖北的农业碳排放可分解如下:

$$C = \frac{C}{BGDP} \times \frac{BGDP}{AGDP} \times \frac{AGDP}{AL} \times AL$$
$$EI = \frac{C}{BGDP}, CI = \frac{BGDP}{AGDP}, SI = \frac{AGDP}{AL} \quad (2)$$
$$C = EI \times CI \times SI \times AL$$

在式(2)中, $C$ 、 $BGDP$ 、 $AGDP$ 、 $AL$  分别表示湖北省农业碳排放、种植业及畜牧业总产值之和、农林牧渔业总产值及农业从业劳动力总量。本文中三大碳排放源来自种植业和畜牧业,不涉及林业和副业,故选取种植业和畜牧业总产值之和作为变量,其中  $EI$ 、 $CI$ 、 $SI$  分别表示农业效率、农业结构、农业经济水平。

第  $t$  期的农业碳排放量( $C'$ )相对于基期排放量( $C^0$ )的变化可以表示为:

$$\Delta C_{tot} = C' - C^0 = \Delta C_{EI} + \Delta C_{CI} + \Delta C_{SI} + \Delta C_{AL} \quad (3)$$

在式(3)中, $\Delta C_{EI}$ 、 $\Delta C_{CI}$ 、 $\Delta C_{SI}$ 、 $\Delta C_{AL}$  分别表示各因素的贡献值,其各自分解结果如下:

$$\Delta C_{EI} = \sum_i W_i \ln \frac{EI'_i}{EI^0_i}, \quad \Delta C_{CI} = \sum_i W_i \ln \frac{CI'_i}{CI^0_i},$$
$$\Delta C_{SI} = \sum_i W_i \ln \frac{SI'_i}{SI^0_i}, \quad \Delta C_{AL} = \sum_i W_i \ln \frac{AL'_i}{AL^0_i}; \quad (4)$$

$$\text{其中, } W_i = \frac{C'_i - C^0_i}{\ln C'_i - \ln C^0_i}。$$

### 3. 数据来源及处理

本文中所用的数据分别来自《湖北统计年鉴》《湖北农村统计年鉴》及各市统计年鉴。其中化肥、农药、农膜、柴油、各种作物种植面积、农业灌溉面积以当年实际情况为准;翻耕数据以当年农作物实际播种面积代替;奶牛、水牛、黄牛、马、驴、骡、猪、山羊的数量根据各年牲畜的年末存栏情况为准;本研究中种植业总产值、畜牧业总产值及农林牧渔业总产值均以 1995 年为基期,采用 GDP 可比价。

## 二、结果与分析

### 1. 湖北省农业碳排放时间变化特征

湖北省全省 1995—2011 年的农业碳排放量见表 3。由表 3 可知,2011 年湖北省农业碳排放总量为 1 544.90 万 t,与基期 1995 年的碳排放量(1 443.56 万 t)相比增加了 7.02%,年均递增 0.42%。其中,农地利用、稻田、牲畜养殖所引起的碳排放量依次为 532.76 万 t、659.40 万 t 和 352.74 万 t,分别占农业碳排放总量的 34.49%、42.68%和 22.83%。

1995—2011 年,湖北省农业碳排放量的变化呈现较为明显的“上升—下降—上升”的特征。1995—1996 年为第一阶段,由 1 443.56 万 t 上升到 1 463.89 万 t,增速为 1.41%;1997—2003 为第二阶段,属于缓慢下降期,碳排放由 1 448.31 万 t 降至 1 371.89 万 t,年均递减 0.92%,由于“三农”问题进一步凸显,越来越多的农民选择弃农务工,农民的生产活动受到影响,农地利用引发的碳排放得到一定程度抑制。2004—2011 年为第三阶段,碳排放量呈现缓慢上升态势,由 1 479.17 万 t 升至 1 544.90 万 t,年均递增 0.62%,2004 年中央一号文件的惠农政策极大刺激了农民的农业生产积极性,农业生产水平迅速得到恢复,农地利用、水稻种植等活动导致的农业碳排放不断增加。

水稻种植引发了湖北省全省 42.68%的碳排放,居各类碳源之首。在过去的 10 多年里,水稻种植引起的农业碳排放量处于小幅下降态势,由 1995 年的 671.77 万 t 降至 2011 年的 659.40 万 t,年均递减 0.12%,主要受各年水稻种植面积变化影响。农地利用活动引发的碳排放量居于第二位,为 532.76 万 t,占全省农业碳排放总量的 34.49%,1995 年以来,湖北省农地利用活动所导致的碳排放总体处于持续上升态势,由 376.34 万 t 增至 2011 年的 532.76 万 t,增加了 41.56%,年均递增 2.20%,化肥、农药等农用物资持续大幅的投入是导致其快速增长的主要因素。牲畜养殖引发了湖北 22.83%的农业碳排放,年际间波动较大,特征不太明显,但总体呈下降趋势,由 1995 年的 395.45 万 t 碳排放量降至 2011 年的 352.74 万 t,减少了 10.80%,年均递减 12.99%。

### 2. 湖北省农业碳排放空间差异分析

2010 年湖北省 16 个地市(州)农业碳排放情况见表 4。

表 3 1995—2011 年湖北省农业碳排放量的变化情况

年份	农地利用		水稻种植		牲畜养殖		总量/万 t	增速/%
	排放量/万 t	增速/%	排放量/万 t	增速/%	排放量/万 t	增速/%		
1 995	376.34	—	671.77	—	395.45	—	1 443.56	—
1 996	375.01	−0.35	676.50	0.70	412.39	4.28	1 463.89	1.41
1 997	404.07	7.75	687.62	1.65	356.62	−13.52	1 448.31	−1.06
1 998	406.05	0.49	659.38	−4.11	354.55	−0.58	1 419.98	−1.96
1 999	391.15	−3.67	637.95	−3.25	372.57	5.08	1 401.67	−1.29
2 000	395.22	1.04	616.52	−3.36	373.14	0.15	1 384.88	−1.20
2 001	392.62	−0.66	612.28	−0.69	367.97	−1.39	1 372.87	−0.87
2 002	387.05	−1.42	612.65	0.06	372.11	1.13	1 371.80	−0.08
2 003	411.55	6.33	585.91	−4.37	374.43	0.62	1 371.89	0.00
2 004	427.10	3.78	675.23	15.25	376.83	0.64	1 479.17	7.82
2 005	431.69	1.07	703.07	4.12	374.99	−0.49	1 509.75	2.07
2 006	448.16	3.82	709.87	0.97	365.76	−2.46	1 523.79	0.93
2 007	461.48	2.97	637.28	−10.23	355.19	−2.89	1 453.94	−4.58
2 008	490.54	6.30	636.94	−0.05	360.71	1.55	1 488.20	2.36
2 009	505.51	3.05	657.80	3.27	371.21	2.91	1 534.52	3.11
2 010	523.13	3.48	654.59	−0.49	362.14	−2.44	1 539.88	0.35
2 011	532.76	1.84	659.40	0.73	352.74	−2.60	1 544.90	0.33

表 4 2010 年湖北省 16 个地市州的农业碳排放情况

地区	农地利用		水稻种植		牲畜养殖		总量/万 t	强度/ (kg/万元农业产值)
	排放量/万 t	比重/%	排放量/万 t	比重/%	排放量/万 t	比重/%		
武汉	29.16	28.80	41.51	41.00	23.11	22.83	93.78	333.61
黄石	9.876	23.27	20.68	48.76	9.75	22.98	40.31	480.36
十堰	18.46	26.50	14.64	21.02	30.03	43.11	63.14	474.01
荆州	65.04	28.27	125.11	54.38	31.81	13.83	221.97	523.76
宜昌	45.78	35.39	31.34	24.23	44.13	34.11	121.26	412.36
襄阳	69.19	28.51	78.86	32.50	83.23	34.3	231.27	565.41
鄂州	23.44	54.51	10.88	25.30	7.43	17.27	41.75	449.80
荆门	41.36	28.00	70.43	47.67	30.58	20.7	142.37	562.38
孝感	34.90	19.26	99.34	54.81	40.72	22.47	174.97	570.65
黄冈	67.90	37.46	44.84	24.74	65.49	36.13	178.23	475.54
咸宁	18.77	13.14	99.19	69.43	17.67	12.36	135.64	804.87
随州	27.33	26.62	41.18	40.11	29.14	28.38	97.65	649.74
恩施	28.36	25.47	27.16	24.40	45.88	41.21	101.4	581.92
仙桃	16.79	34.68	23.05	47.60	6.59	13.6	46.43	491.80
天门	13.75	32.66	17.92	42.58	8.36	19.86	40.04	494.61
潜江	17.42	44.98	13.11	33.86	6.74	17.42	37.28	435.81

(1)农业碳排放总量比较。2010 年各地区农业碳排放总量区域差异明显,位居榜首的襄阳市农业碳排放量高达 231.27 万 t,荆州、黄冈紧随其后,农业碳排放量分别为 221.97 万 t、178.23 万 t,三地区农业碳排放之和占湖北省农业碳排总量的41.01%。与此对应,潜江市农业碳排放量最少,仅为 37.28 万 t,天门、黄石位列倒数二、三位,农业碳排放量分别为 40.04 万 t、40.31 万 t,三地碳排放总量仅占全省 6.66%。通过对比不难发现,处于第一位的襄阳市 2010 年农业碳排放量相当于排在倒数第一的潜江市的 6.20 倍,可见各地市(州)农业碳排放总量相差较大。

(2)农业碳排放结构比较。基于碳排放比重构成差异,可将 16 个地区划分为 4 种类型:稻田主导型地区,即指农业碳排放主要源于稻田的地区,包括武汉、黄石、荆州、荆门、孝感、咸宁、随州、仙桃和天门等 9 市,究其原因,主要上述地区水稻种植在农业生产中占据主导地位,进而引发了大量碳排放;农地利用主导型地区,即指农业碳排放主要源自农地利用活动的地区,仅包括鄂州、潜江二地;动物养殖主导型地区,即指农业碳排放主要源于动物养殖过程中的 CH<sub>4</sub> 和 N<sub>2</sub>O 排放,十堰、恩施二地属于此类型地区,由于地处山地、丘陵为主,畜牧养殖业相对发达;复合因素主导型地区,指农业碳排放主要源于 2



个方面,且二者所占绝对比重之差小于 10%,或源于比重较为接近的 3 个方面,包括宜昌、襄阳和黄冈三地。

(3)农业碳排放强度比较。由于不受农业生产规模影响,农业碳排放强度相比农业碳排放总量更能真实反应各地区碳排放程度。碳排放强度居于前三位的地区依次是咸宁、随州、恩施,其每万元农业产值引发的碳排放量分别为 804.87 kg、649.74 kg

和 589.9 2kg。武汉是 16 个地区中碳排放强度最低的地区,其万元农业产值引发的碳排放量仅为 333.61 kg,宜昌、潜江分列倒数二、三位,碳排强度依次为 412.36 kg/万元农业产值和 435.81 kg/万元农业产值。咸宁、武汉二地碳排放强度相差 2.41 倍。

3. 湖北农业碳排放驱动因素分解

湖北省农业碳排放因素分解结果见表 5。

表 5 湖北省农业碳排放驱动因素分解结果 万 t

年份	效率因素	结构因素	经济因素	劳动力因素	总效应
1996	-55.56	-20.88	132.01	-36.23	20.33
1997	-134.08	-13.77	166.85	-34.57	-15.58
1998	-16.70	-27.11	53.58	-38.10	-28.33
1999	-28.93	0.56	35.40	-25.33	-18.31
2000	-58.31	3.33	99.07	-60.89	-16.79
2001	-75.136	22.54	59.03	-18.45	-12.01
2002	1.75	-30.19	42.76	-15.38	-1.07
2003	-35.20	-35.12	95.21	-24.80	0.09
2004	8.19	9.23	96.28	-6.43	107.28
2005	-9.40	-29.00	74.96	-5.99	30.58
2006	-58.52	-6.88	100.91	-21.47	14.04
2007	-376.78	-13.17	373.33	-53.23	-69.85
2008	-358.45	29.25	438.21	-74.75	34.26
2009	47.63	-24.16	69.13	-46.28	46.32
2010	-165.19	24.76	238.49	-92.69	5.36
2011	-45.10	-14.57	105.23	-40.55	5.02

由表 5 可知,效率因素、结构因素和劳动力因素都从不同程度促进农业碳减排,与 1995 年相比,1996—2011 年三大因素累计实现了 144.03% (2 079.10 万 t) 的碳减排。其中,效率因素累计实现了 94.13% (1 358.79 万 t) 的碳减排,表明若其他因素不变,农业生产效率的提升导致农业碳排放年均下降 84.92 万 t;劳动力因素累计实现了 41.23% (595.14 万 t) 的碳减排,表明若其他因素保持不变,农业从业劳动力的变化促使湖北省农业碳排放年均递减 37.20 万 t;结构因素累计实现了 8.67% (125.17 万 t) 的碳减排,表明若其他因素保持不变,农业产业结构的不断优化促使湖北省农业碳排放年均递减 7.82 万 t。

经济因素是导致湖北省农业碳排放增长的主导因素,与 1995 年相比,1996—2011 年农业经济水平的快速提升累计引发了 151.05% (2 180.44 万 t) 的农业碳增量,表明若其他因素不变,农业经济的快速发展会导致湖北省农业碳排放年均递增 136.28 万 t。作为我国农业大省以及重要的商品粮产区,农业在湖北省国民经济发展中占有举足轻重的地位,稳步推进农业发展、促进农民增收仍将是今

后相当一段时间内湖北省所要坚持的基本方略。因此,为了推进农业碳减排而放弃农业增长的减排模式必定不会施行。由此不难预测,短期内农业经济因素仍将是导致湖北省农业碳排放增加的主导因素。

三、结论与启示

1. 研究结论

本文以湖北省作为研究对象,对其全省 1995—2011 年及其 16 个地市(州)2010 年的农业碳排放进行测算,利用 LMDI 模型对湖北省农业碳排放的驱动因素进行了分解,主要研究结论如下。

(1)湖北省 2011 年农业碳排放量达 1 544.90 万 t,较 1995 年的 1 443.56 万 t 增加了 7.02%,年均递增 0.43%。其中,稻田、农地利用、牲畜养殖所导致的碳排放量依次为 659.40 万 t、532.76 万 t 和 352.74 万 t,分别占农业碳排放总量的 42.68%、34.49%和 22.83%。分阶段来看,呈现较为明显的“上升—下降—上升”的三阶段变化趋势。

(2)区域差异明显。碳排放总量,排在前 3 位的

地区占湖北省农业碳排总量的41.01%;而排在后3位的地区仅占全省6.66%。其中,处于第一位的襄阳2010年农业碳排放量高达231.27万t,倒数第一位的潜江仅为37.28万t,二地相差5.20倍;碳排放结构,基于碳排放比重差异,将16个地区划分为了稻田主导型、农地利用主导型、牲畜养殖主导型、复合因素主导型等4种类型;碳排放强度,咸宁最高,武汉最低,二地相差2.41倍。

(3)湖北省农业碳排放驱动因素分解结果显示,效率因素、劳动力因素、产业结构因素对湖北省农业碳排放具有较强的抑制作用,与1995年相比,分别累计实现了94.13%、41.23%和8.67%的碳减排;而经济因素则对农业碳排放具有较强的推动作用,累计产生了151.05%的碳增量。

## 2. 启 示

本文基于农地利用、水稻种植、牲畜养殖3个方面17类碳源,较为系统地考察了湖北农业碳排放的时空差异特征及其驱动机理构成,所取得的研究结论为湖北省制定相关农业碳减排政策提供了重要文献支撑。湖北省农业碳减排应考虑以下3个方面:

(1)加强农业碳减排技术引进,强化技术的集成示范与推广。建立健全农业碳减排技术支撑体系,制定减排技术措施与管理方式,根据各市实际情况引进并鼓励指导农户学习利用秸秆机械化还田技术、测土配方施肥技术、农业废弃物基质利用技术、循环农业与生态农业发展、更新农业机械及技术等。针对农业生产资料投入是农业碳排放产生的主要源头之一,采用测土配方施肥技术是农业碳减排的关键,能达到减少化肥用量,提高作物产量,提高农产品品质,节支增收的目的。另外,加大中低产田改造力度,提高高产耕地比例。在氮肥施用水平相当、农业 $N_2O$ 排放不变的条件下,可以获得更多的粮食产出,降低单位粮食产出碳排放水平,另外积极培育生物物质产业,推进农业副产品和废弃物资源化、资源化利用。强化农业碳减排技术的推广交流,促进全省全面农业碳减排。

(2)积极探索与推广低碳农业生产模式,实现农业低碳化发展。把沼气建设与改厨、改厕、改圈结合起来,牲畜粪便可以利用发酵成沼气,残留物——沼液可以代替农药,沼渣可以代替化肥,实现环境美化和收入增加,是典型的农业低碳化。大力推广绿色农业示范基地的规范化与标准化建设;利用农村丰富的资源发展清洁能源,实施好以“一建三改”为主体的生态家园建设。此外,培育新

型氮素高效利用农作物的农业新品种,减少 $N_2O$ 排放引发的温室效应,也是农业碳减排的有效手段之一。

(3)制定相应生态补偿政策,为低碳农业发展营造良好的政策环境。可以尝试在重点领域开展试点工作基础之上,探索绿色农业的生态补偿标准、生态补偿资金来源、生态补偿渠道、生态补偿方式等,以为绿色农业生态补偿政策的制定提供可供借鉴的理论支撑。同时,政府需要加强绿色农业生态补偿的激励性财税政策的制定和实施,否则一旦绿色农业生态补偿政策无法落到实处,将直接影响到农户发展绿色农业的主动性和积极性。

通过加强农业碳减排技术的引进、低碳生产模式的推广以及良好环境政策的营造,实现高效率、低能耗、低排放、高碳汇的农业,从而全面达成农业碳减排目标。

## 参 考 文 献

- [1] 林伯强,蒋竺均. 中国二氧化碳的环境库茨涅兹曲线预测及影响因素分析[J]. 管理世界, 2009(4): 27-36.
- [2] 赵文晋,李都峰,王宪恩. 低碳农业的发展思路[J]. 环境保护, 2010, 24(12): 38-39.
- [3] 李国志,李宗植. 中国农业能源消费碳排放因素分解实证分析——基于LMDI模型[J]. 农业技术经济, 2010, (10): 66-71.
- [4] 田云,李波,张俊飏. 基于投入角度的农业碳排放时空特征及因素分解研究——以湖北省为例[J]. 农业现代化研究, 2011, 32(6): 752-755.
- [5] 谷家川,查良松. 皖江城市带农田生态系统碳排放动态研究[J]. 长江流域资源与环境, 2013, 22(1): 81-87.
- [6] 史磊刚,陈卓,孔凡磊,等. 华北平原冬小麦—夏玉米种植模式碳足迹研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(9): 93-98.
- [7] 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, 21(9): 93-98.
- [8] 李波,李海鹏,张俊飏. 基于投入视角的我国农业碳排放与经济发展脱钩研究[J]. 经济经纬, 2012(4): 27-31.
- [9] 李波,李海鹏,张俊飏. 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(12): 8-13.
- [10] 闵继胜,胡浩. 中国农业生产温室气体排放量的测算[J]. 中国人口·资源与环境, 2012, 22(7): 21-27.
- [11] 田云,李波,张俊飏. 中国农业碳排放研究: 测算、时空比较及脱钩效应[J]. 资源科学, 2012, 34(11): 2097-2105.
- [12] 赵其国,钱海燕. 低碳经济与农业发展思考[J]. 生态环境学报, 2009, 18(5): 1609-1614.
- [13] 李迎春,林而达,甄晓林. 农业温室气体清单方法研究最新进展[J]. 地理科学进展, 2007, 22(10): 1076-1080.
- [14] 李胜利,金鑫,范学山,等. 反刍动物生产与碳减排措施[J]. 动物营养学报, 2010, 22(1): 2-9.
- [15] 宋德勇,卢忠宝. 中国碳排放影响因素分解及其周期性波动研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2009, 19(3): 18-24.

[16] 胡初枝,黄贤金,钟太洋,等.中国碳排放特征及其动态演进分析[J].中国人口·资源与环境,2008,18(3):38-42.

[17] 田云,李波,张俊飏.我国农地利用碳排放的阶段特征及因素分解研究[J].中国地质大学学报:社会科学版,2011,11(1):59-63.

[18] 段华平,张悦,赵建波,等.中国农田生态系统的碳足迹分析[J].水土保持学报,2011,25(5):203-208.

[19] 孙才志,谢巍.中国产业用水变化趋动效应测度及空间分异[J].经济地理,2011,31(4):666-672.

[20] 仲云云,仲伟周.我国碳排放的区域差异及其驱动因素分析——基于脱钩和三层完全分解模型的实证研究[J].财经研究,2012,38(2):123-133.

[21] 王琴海,殷培伟,姚宇.我国 R&D 投入与经济增长驱动因素关系的实证研究——基于 LMDI 分解法[J].经济经纬,2011(5):18-27.

[22] 何建新,舒宏应,田云.我国农村劳动力转移数量测算及影响因素分解研究[J].中国人口·资源与环境,2011,21(12):148-152.

[23] 王峰,吴丽,华超.中国经济发展中碳排放增长的驱动因素研究[J].经济研究,2010(2):123-136.

[24] 田云,李波,张俊飏.武汉市碳排放的测算及影响因素分解研究[J].地域研究与开发,2011,30(5):88-92.

Analysis on Spatial- Temporal Difference and Driving Factors  
of Agricultural Carbon Emissions in Hubei Province

HE Ya-ya, TIAN Yun, ZHANG Jun-biao

(College of Economics & Management, Huazhong Agricultural University/  
Hubei Rural Development Research Center, Wuhan, Hubei, 430070)

**Abstract** Based on 17 classes of carbon resources from three aspects for agricultural land use, paddy fields and livestock, this paper estimates agricultural carbon emissions in Hubei Province from 1995 to 2011 and agricultural carbon emissions in 16 regions (city, autonomous prefectures) in 2010, and then makes the space-time comparative analysis. From the previous work, LMDI model is used to decompose the driving factors of agricultural carbon emissions in Hubei province. The result shows that agricultural carbon emissions of Hubei Province reached 15,449,000 tons in 2011, an increase of 7.02% compared to 1995 (14,435,600 t), and an average annual increase of 0.34%, which shows obvious three phase variation of “up-down-up” in 2011 and regional differences are significant in horizontal comparison. Based on the differences in the proportion of carbon emissions, these 16 regions are divided into four types: paddy oriented type, agricultural land use oriented type, livestock oriented type and composite factors oriented type. Compared with 1995, the efficiency, the labor, and structural factors, respectively achieved 65.32%, 28.62% and 6.02% of agricultural carbon emission reduction, while economic factors led to carbon increase of 151.05%.

**Key words** agricultural carbon emissions; temporal and spatial differences; driving factors; LMDI model

(责任编辑:金会平)