

# 湖南低碳农业发展的生态效应及对策研究

黄飞, 赵少平

湖南工学院经济与管理学院, 湖南 衡阳  
Email: hfhong12345@163.com

收稿日期: 2020年11月13日; 录用日期: 2020年11月27日; 发布日期: 2020年12月4日

## 摘要

应对气候变暖、确保能源安全、保护资源环境的必然选择是逐步降低经济增长过程中的碳排放。文章将农业碳汇视为期望产出引入到低碳农业经济学分析框架,以2007~2017年中部六省低碳农业指标的面板数据为样本,运用碳计量模型评估湖南低碳农业发展绩效,实证结果表明,湖南在农业生产过程中保持了良好的净碳汇效应,低碳农业发展的生态效应良好;净碳汇虽存在波动状态,但整体呈增长趋势,实现了低碳农业发展绩效的提升;低碳农业发展意识逐步被接受与认可,相关低碳政策落实比较到位;但是区域个体差异显著,河南净碳汇量最大,增幅最低,湖南净碳汇量第三,年增长率6.9%,位于中下游。

## 关键词

低碳农业, 农业净碳汇, 生产效应

# Ecological Effects and Countermeasures of Low Carbon Agriculture Development in Hunan Province

Fei Huang, Shaoping Zhao

Collage of Economics and Management, Hunan Institute of Technology, Hengyang Hunan  
Email: hfhong12345@163.com

Received: Nov. 13<sup>th</sup>, 2020; accepted: Nov. 27<sup>th</sup>, 2020; published: Dec. 4<sup>th</sup>, 2020

## Abstract

The inevitable choice to deal with climate warming, ensure energy security and protect resources and environment is to gradually reduce carbon emissions in the process of economic growth. This

paper takes agricultural carbon sink as expected output and introduces it into the low-carbon agricultural economic analysis framework. Taking the panel data of low-carbon agriculture indicators of six provinces in Central China from 2007 to 2017 as samples, this paper uses carbon econometric model to evaluate the development performance of low-carbon agriculture in Hunan Province. The empirical results show that Hunan maintains a good net carbon sink effect in the process of agricultural production, and the ecological effect of low-carbon agricultural development is good; although the net carbon sink fluctuated, it showed an increasing trend as a whole, which improved the development performance of low-carbon agriculture; the awareness of low-carbon agricultural development was gradually accepted and recognized, and the implementation of relevant low-carbon policies was in place; however, there were significant differences among regions, with Henan province having the largest net carbon sink and the lowest growth rate, and Hunan Province with an annual growth rate of 6.9%.

## Keywords

Low Carbon Agriculture, Agricultural Net Carbon Sink, Production Efficiency

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

气候变暖是 21 世纪全球环境与发展面临的重大问题之一, 但应对气候变暖、确保能源安全、保护资源环境的必然选择是逐步降低经济增长过程中的碳排放, 即发展低碳经济, 并且低碳经济已经被列入各国政府的重要议程。我国在哥本哈根会议前自主承诺“到 2020 年, 在 2005 年的基础上削减碳密度达到 40%”。

目前, 低碳经济的应用研究主要集中于工业领域, 而忽略了其在农业领域应用的重要性。事实上, 随着机械农业、化学农业、石油农业发展迅猛, 农业能源消费激增, 农业也开始成为重要的温室气体来源。据联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)估算, 农业温室气体排放约占全球温室气体排放总量的 15%。在我国, 农业是国民经济中的支柱产业, 改变农业的生产方式, 实现农业低碳高效发展, 这对促进我们生产方式和消费理念的转变起着不容忽视的作用, 它能从根本上减少碳排放量。因此, 发展低碳农业, 增强农业固碳能力、实现农业节能减排、实现农业可持续发展、亟须在理论和实践上有所突破。

湖南又是农业大省, 在温室气体的排放总量中占据的比重很大, 近年来, 虽然低碳农业以各种形式在湖南获得了一定的发展, 农业的增长路径也正在发生变化, 从原来依靠增加产量逐渐转变为提高农产品的质量与附加值。然而, 由于湖南农业正处于快速现代化进程中, 各种能耗总量难以有效降低, 农业污染问题依旧突出, 再加上农业种养布局不合理, 对发展低碳农业的认识不到位, 以及目前还没有公认的、能全面评价的指标等原因, 导致低碳农业发展的路径体系不清晰。因此, 系统分析湖南低碳农业发展的生态效应, 探索存在的问题, 匹配科学合理的发展对策, 对湖南发展低碳经济并推动农业的可持续发展刻不容缓。

## 2. 文献综述

目前, 国外相关研究主要集中于农业碳减排途径和发展低碳农业的政策安排; 而国内文献研究范围较广, 包括低碳农业含义、发展模式、面临障碍和政策建议等多个方面。

低碳农业发展的必要性。《气候变化的经济学：斯特恩报告》指出气候变化严重威胁发达国家和发展中国家，尤其是发展中国家，若再不采取减排低碳行动，未来气候变化将对经济与社会活动产生损害风险[1]。CO<sub>2</sub>、农业生产、气候变化相互关联，低碳农业是较好的农业生产模式[2]。Tilman 预测，若不改变过去农业发展模式，未来氮磷肥投入增长量所产生的二氧化碳排放量将引起全球性生态环境危机[3]。低碳农业的含义。王昀[4]提出低碳经济不仅是“三低”经济，亦是节约、效益、安全的经济，即尽可能少的利用资源，以最小物质投入的前提下，将农业生产全过程可能给社会带来不良影响降至最低的同时，实现社会产出最大化的经济。范纯增[5]等考虑到低碳农业建立在低能耗、低排放、低污染的基础上，以技术、制度创新和发展观念转变为核心，强调资源利用和建立清洁能源结构。

低碳农业发展模式。许广月[6] (2010)提出三种模式，即减源型农业发展模式、增汇固碳型农业发展模式和低碳乡村建设模式；黄贤贵[7] (2011)提出两种发展模式，即节约资源与有效替代发展模式、循环农业与清洁生产模式；罗吉文[8] (2010)提出了低碳农业的十种具体模式，即有害品投入替代模式、节地模式、节水模式、节能模式、清洁能源模式、清洁家园模式、循环农业模式、产业链模式、农业观光休闲模式和碳汇模式。

低碳农业发展缓慢存在障碍。1) 缺少完备的法律和政策，缺乏支持低碳农业建设健康发展的法律基础和政策环境；张秋斌[9] (2019)认为低碳农业发展的专项财政资金不充足，补贴结构不合理，税收优惠机制存在问题。2) 农业生产指标的冗余与农业技术改进效率低。陈儒[10] [11] (2017)运用碳计量模型、超效率 SBM 模型和 ML 效率指数模型对我国低碳农业发展绩效水平进行分析，发现低碳试点城市低碳农业实施效果不明显，生产要素存在不同程度的冗余。3) 农民低碳农业意识与素质较低。徐婵娟[12] (2019)运用胜任素质的冰山模型和洋葱模型，基于陕西农户调研数据进行实证分析。结果表明：由于农民受教育程度普遍较低，生态环境保护意识较弱，对低碳农业概念模糊，低碳技术掌握程度较低，难以改变传统的生产方式和行为。而农民是低碳农业的直接实施者，这极大地影响了低碳农业的普及和发展。

低碳农业指标体系。虽然低碳农业没有一套明确统一的发展指标体系，但近年来体系不断完善。谢淑娟[13]等通过对农业生产要素产出效率、能源利用低碳化水平、农业生产方式低碳化水平、农业碳汇效应四维指标体系进行实证研究。董明涛[14] (2016)从投入因素、预期产出和预期产出评价我国各省市低碳农业发展效率。巩前文[15] (2019)从低碳生产、经济增收、安全供给 3 个维度 10 个二级指标，构建了评价农业绿色发展水平的农业绿色发展指数。

综上，以往相关研究对本项目有很强的借鉴作用，但针对“湖南省低碳农业”研究有如下启示：目前没有统一低碳农业发展绩效评价体系；对低碳农业发展缺乏系统性的评价，相应对策的适应性、针对性有待商榷。本文以自然条件优越，水源充沛，气候条件相宜，我国生产区粮食中部 6 省为研究对象，构建一套低碳农业发展绩效评价体系，采用计量模型测度低碳农业的生态效益，并针对目前存在的问题提出适宜的对策。

### 3. 建模

#### 3.1. 农业碳汇计量

农业碳汇是指在一定时期(通常是一年)内,某区域农业生产活动中农作物通过光合作用吸收空气中的二氧化碳,转化农作物呼吸作用产生的二氧化碳并释放出氧气。农作物生命周期、植株大小、叶片面积等的差异导致碳吸收量差距明显。李克让选取 IPCC 相关数据,测算出的 1992 年中国农作物二氧化碳吸收量模型具有重要的实际参考价值。谢鸿宇引用农作物经济系数进行农业碳汇测算、种植业碳汇测算,计算公式为  $C_T = \sum_i C_i D_w = \sum_i C_i Y_i (1 - W_i) / H_i$ , 其中农作物经济系数  $C_i$ , 经济产量  $Y_i$ , 含水量  $W_i$ , 碳吸

收率  $H_i$  等。大多数学者以此公式为基础计算碳汇。翁灵燕[16]根据农作物产量数据、经济系数和碳吸收率进行估算。碳吸收估算公式为： $C_i = \sum_{i=1}^n [C_i \times Q_i (1 - W_i) \times (1 + R_i)]$ 。相比与前文，在计算时加入了  $R_i$  根冠比这一影响因素。

农业碳汇和碳排放的测量是衡量低碳农业发展绩效水平的基础，为了保证测量的准确性，本文在研究方法上采用了 IPCC 推荐的系数测量方法。参考陈儒、姜志德等研究成果，但本文仍然存在不足，未能将森林固碳加入计算，通过林业局官方显示各林木是按照其性质划分为经济林，防护林，特殊用材林等，各具体种类森林种植面积数据也很难找寻。最后，确定农作物是农业碳汇的主要来源，并将碳排放分为机械和机械两个因素。最终，构建农业净碳汇计量模型如下：

$$E = E_m + E_i = E_m + \sum T_i \times e_i \quad (1)$$

$$E_m = A_m \times B + W_m \times C \quad (2)$$

$$C_{crop} = \sum C_i Y_i (1 - r_i) / H_i \quad (3)$$

$$C_n = C_{crop} - E \quad (4)$$

其中  $E$  为农业碳排放总量， $E_i$  为除农业机械以外的农业要素投入总量， $i$  为农业要素类型， $T_i$  为农业要素的使用量， $e_i$  为碳排放系数。 $E_m$  为农用机械带来的碳排放量， $A_m$  为土地投入面积， $W_m$  为机械总动力， $B$ 、 $C$  分别为土地投入面积、农用机械总动力的转换系数，分别为  $16.47 \text{ kg/hm}^2$  和  $0.18 \text{ kg/kw}$ 。 $C_{crop}$  为作物总碳汇，为所  $C_i$  为作物的碳吸收率， $Y_i$  为作物产量， $r_i$  为相应农作物经济产品部分的含水量， $H_i$  为农作物经济系数。式(4)中， $C_n$  是净碳汇量。即农业生产经营过程中碳汇的剩余和排放系数，碳吸收率和作物经济系数的参数值，以及林木的碳密度来源于 IPCC 及相关研究结果。

### 3.2. 指标

根据整体性，可比性，科学性，适用性，稳定性与动态性等指标体系构建原则，构建了低碳农业生态效益的投入产出指标体系。以农业固定资产投资额、化肥施用量、农业机械总动力、有效灌溉面积、农业劳动力、土地投入等作为农业投入变量，选取农业总产值、农业碳汇量作为期望产出变量，并将农业碳排放量作为非预期产出变量。指标数据均来自《中国统计年鉴》和《中国农村统计年鉴》。农业劳动力以第一产业末从业人员数、土地投资作物种植面积、年末实际果园面积和造林面积的总收入计量

## 4. 实证分析

### 4.1. 实证结果

低碳农业生产不仅产生大量的碳排放，而且具有很强的碳汇效应。净碳汇是指农业生产和管理过程中剩余的碳汇量，以碳汇和碳排放量之间的差额衡量。根据农业碳计量模型，利用 MATLAB 软件，测算净碳汇量如表 1 所示。

由表 1 可知，中部六省净碳汇量都大于零，在低碳农业生产过程中均实现了碳汇量的盈余，表明低碳农业发展的生态效益良好。中部地区作为全国农业的主要生产地，气候条件良好，降雨日照充分，总体有效灌溉面积较多，“低碳农业”模式得到政策支持，“三农”问题也得到政府的关注，农民积极性提高，农业发展的生态效应也有相应提高。

从地区看，河南农业净碳汇最高，在 6800 万吨以上，生态效益最好，农业现代化以及生产力水平迅猛发展，碳汇量不断增加。湖南与湖北两省位于中游，山西农业碳汇量的盈余较少，净碳汇仅为 1100 万吨，土一方面是碳排放量较大，另一方面是地相对贫瘠，有效灌溉面积较少。

**Table 1.** Net carbon sink value of low carbon agricultural production (2007-2017)  
**表 1.** 低碳农业生产净碳汇值(2007~2017)

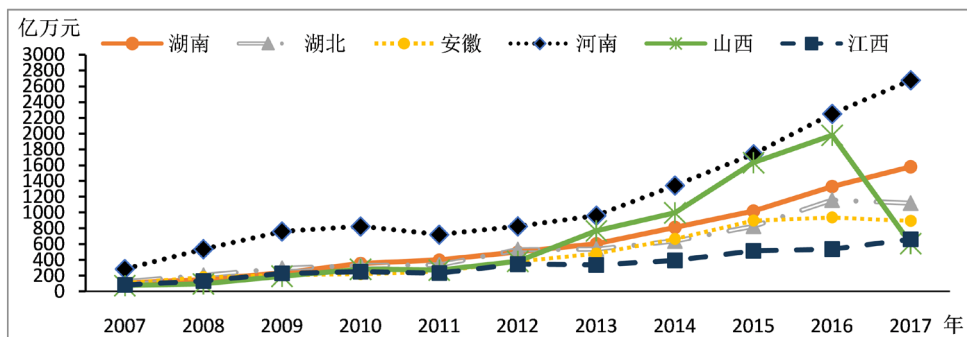
	山西	安徽	江西	河南	湖北	湖南	平均
2007	896.61	2795.53	1531.64	5769.42	2217.87	2271.12	2582.25
2008	964.22	2947.32	1575.54	5859.97	2266.82	2395.54	2671.08
2009	862.92	3005.82	1639.14	5820.63	2359.03	2543.61	2704.52
2010	991.02	2977.03	1605.24	5832.88	2352.14	2543.45	2718.13
2011	1073.22	3027.19	1698.96	5884.3	2427.82	2655.35	2793.87
2012	1157.53	3163.77	1730.11	6000.92	2511.15	2702.03	2876.22
2013	1181.77	3144.19	1769.48	6070.56	2574.92	2644.57	2897.27
2014	1195.25	3296.11	1782.04	6103.7	2629.22	2698.93	2951.59
2015	1129.58	3325.29	1731.83	6583.65	2654.37	2807.16	3038.12
2016	1248.42	3148.85	1749.99	6717.35	2605.42	2644.15	3038.10
2017	1168.83	3693.33	1868.82	6865.12	2772.42	2745.92	3185.92
增幅(%)	30.32	32.19	22.09	18.99	24.96	20.9	24.9

注：数据来源：《统计年鉴》；单位：10<sup>4</sup>吨；碳排放参数依照 IPCC 的参数标准计算。

从时间序列来看，从 2007~2017 年，中部六省低碳农业净碳汇都实现正增长，低碳农业发展意识逐步被接受与认可，相关低碳政策落实到位，比如退耕还林建设项目的实施和政府对农户的补贴等福利政策促进低碳农业的落实。河南净碳汇增幅最低，这与河南自身基数高有重要关系。湖北、山西等地净碳汇增长速度较大，分别为 24.96%，30.32%，尤其是安徽增幅达到了 32.19%。而湖南低碳农业净碳汇增长 20.9%，处于中下游。

#### 4.2. 原因分析

1) 农业固定资产投资额。农业固定资产投资对低碳农业的影响深远，充足的农业固定资产投资既提高农作物产量增加，也提高了农业生态圈对自然灾害的抵抗能力的长期作用，有利于农民生活水平的提高。图 1 显示，中部六省农业固定资产投资额逐年上升，而江西最低，受各级财政趋紧，农业投融资乏力。而河南绝对量最大，湖南农业固定资产投资额位于第三。



**Figure 1.** Investment in agricultural fixed assets (2007-2017)

**图 1.** 农业固定资产投资额(2007~2017)



2) 化肥施用量。作物产量与化肥施用量密切相关, 图 2 显示, 2007~2017 年间化肥施用量有小量上升, 说明中部六省对化肥施用量的控制水平整体不错。化肥施用量直接与农业低碳挂钩, 化肥中的氮肥对低碳农业的单位农产品的温室气体强度有直接决定作用, 政府通过政策、技术推广实现“低耗”的能力有待加强, 争取降低化肥施用量, 做到低能耗高产出。

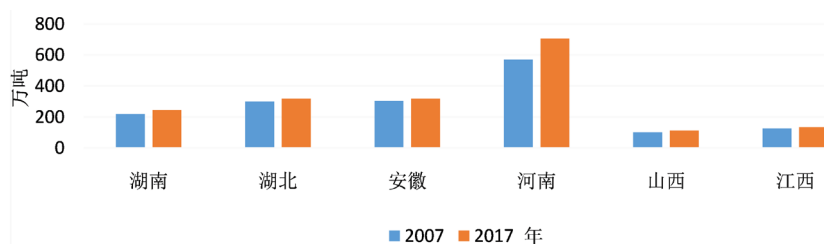


Figure 2. Comparison chart of fertilizer application amount (2007, 2017)  
图 2. 化肥施用量对比图(2007, 2017)

3) 农业劳动力。高素质劳动力是有效落实绿色农业技术、提高农业机械总动力的重要保证。如表 2, 数据结果显示, 2007~2017 年, 湖南农业劳动力总量呈下降趋势, 而农业机械总动力增加。农业劳动力是低碳农业政策的执行者, 技术实施者, 生产操作者。政府应注意平衡农业劳动力的投入与素质的提高。培养高新技术人才、加快低碳技术推广、提升农业机械总动力的基础上, 减少不必要农业劳动力投入, 避免劳动力过剩造成的传统高能耗、高排放问题。

Table 2. Agricultural labor force (2007-2017)

表 2. 农业劳动力(2007~2017)

年份	湖南	湖北	安徽	河南	山西	江西
2007	1900.6	1071.0	1651.4	2920.3	638.9	914.3
2008	1889.9	1016.7	1605.3	2847.3	642.8	903.9
2009	1876.4	990.1	1579.6	2764.9	635.8	882.3
2010	1871.9	920.6	1538.5	2711.7	638.2	867.2
2011	1679.9	1678.1	1598.9	2670.5	649.4	870.5
2012	1669.0	1638.9	1531.2	2628.0	647.1	841.0
2013	1656.0	1582.0	1469.7	2562.6	650.6	820.9
2014	1651.4	1487.0	1415.3	2651.7	662.1	801.4
2015	1618.7	1404.0	1396.2	2587.0	666.6	786.0
2016	1587.3	1338.0	1383.5	2582.9	670.5	773.4
2017	1515.2	1278.0	1363.3	2494.0	669.9	731.3

注: 数据来源统计年鉴, 单位:  $10^4$  人。

4) 农业总产值。农业总产值是反应一定时间内农业总规模总成果的重要指标。如图 3 显示, 湖南年年农业产值增长均增长率在 2008 年骤降(受全球经济危机影响)后缓慢回升, 2011 年后再次下降, 2017 年达到谷底。说明中部地区农业发展速度总体下降, 这与目前我国经济新常态发展特征相切合。处于高质量发展阶段。中部地区农业发展速度虽然降低, 但农业发展方式转变, 现代化农业结构体系构建效率应快速提高。目前正是转换增长动力实现持续发展的攻坚期, 中部地区需尽快实现高质量农业的转型。

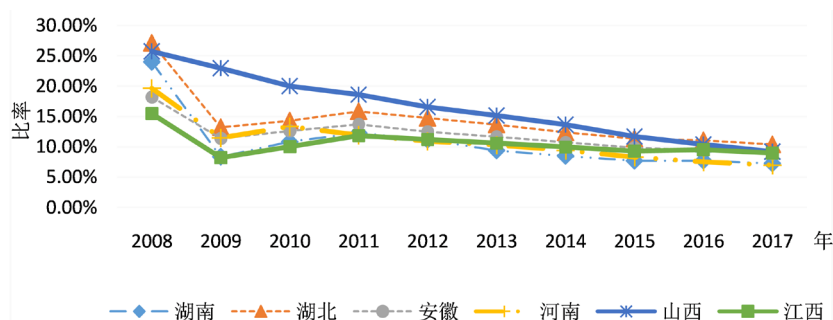


Figure 3. Average annual growth of total agricultural output value (2008-2017)  
图3. 农业总产值年均增长(2008~2017)

## 5. 结论与对策

### 5.1. 结论

应对气候变暖、确保能源安全、保护资源环境的必然选择是逐步降低经济增长过程中的碳排放。文章将农业碳汇视为期望产出引入到低碳农业经济学分析框架内,以2007~2017年中部六省低碳农业指标的面板数据为样本,运用碳计量模型评估湖南低碳农业发展绩效,实证结果显示,湖南在农业生产过程中保持了良好的净碳汇效应,低碳农业发展的生态效益良好;虽净碳汇存在波动,但整体呈增长状态,实现了低碳农业发展效率的提升;低碳农业发展意识逐步被接受与认可,相关低碳政策落实到位;但是区域个体差异显著,河南净碳汇量最大,增幅最低,湖南净碳汇量第三,增长20.9%,处于中下游。文章仅考虑低碳农业的生态效应,对低碳农业生产的绩效考虑不是很全面,下一步准备从绩效的经济效应、改进路径、以及时空演变格局进行研究,以分析其技术进步与技术效率等。

### 5.2. 对策

1) 政府要加强低碳农业法律法规的制定和政策支持。目前在低碳农业领域经验匮乏,尚未建立健全具体的法律体系以及出台农业节能减排的明确政策,导致各地低碳农业实践效果差距大。故政府需在可持续发展战略中重点制定低碳农业战略方针,建立低碳农业的立法部门,通过强制性规定贯彻落实农业的健康快速发展。

2) 增强农田碳汇效应,提高土壤生产力。通过推行有机农业的农田耕作方式,如免耕耕种、轮耕、覆盖耕种等方式,提高土壤的固碳能力,增加土质有机碳含量,既能有效推进农业的固碳减排,又能提高农作物产量,是既绿色环保又经济有效的运作模式。

3) 低碳农业的发展在注重经济效益的同时需平衡环境生态效益。通过构建农业低碳发展绩效测评机制,有助于各地区因地制宜推行精准的低碳农业政策,减少农业投入要素冗余现象,继而实现农业生产中生态产品和经济产品的最优产出。

4) 树立高效低耗的低碳农业理念,培养专业人才,推动农业科技创新进步。民众对发展低碳农业意识薄弱,而作为农业发展的主力军农民由于文化程度的影响对新兴农业模式缺乏了解。因此,发展绿色农业必须树立正确的农业意识。如低能耗、低排放、低污染等。通过主流媒体知识宣导,社会教育活动,基层村镇知识培训,让民众形成可持续发展的农业意识,提高低碳农业相关素质。其次,最重要的是政府要加强对院校的财政支持,建立农业技术学院,鼓励和支持农民接受教育培训。通过培养一线人才,促进低碳农业的有效发展。发展低碳农业发展的专业农业技术骨干,也有利于农业清洁生产技术的创新,改变农业发展的方方面面模式。

## 基金项目

湖南省哲学社科基金“湖南省低碳农业发展模式评价及对策研究”(项目编号: 15YBA119); 湖南教育厅重点项目“湘南地区乡村、城镇、产业融合发展模式研究”(项目编号: 18A421, 20A138); 湖南社会科学成果委员会基金(XSP18YBC077, XSPYBZC014)。

## 参考文献

- [1] Nicholas, S. (2007) *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge University Press, Cambridge.
- [2] Warrick, R.A. (1988) Carbon Dioxide, Climatic Dioxide, Climatic Change and Agriculture. *Geographical Journal*, **154**, 221-233. <https://doi.org/10.2307/633848>
- [3] Tilman, D., Balzer, C., Hill, J., et al. (2011) Global Food Demand and the Sustainable and Longer Term. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **108**, 20260-20264. <https://doi.org/10.1073/pnas.1116437108>
- [4] 王昀. 低碳农业经济略论[J]. 中国农业信息, 2008(8): 12-15.
- [5] 范纯增, 许源, 顾海英. 崇明东滩低碳农业园区建设绩效评估[J]. 长江流域资源与环境, 2011, 20(12): 1454-1461.
- [6] 许广月. 中国低碳农业发展研究[J]. 经济学家, 2010(10): 72-78.
- [7] 黄贤贵, 柯瑞清, 翁伯琦. 低碳农业发展模式探讨[J]. 福建农业学报, 2011, 26(6): 1086-1090.
- [8] 罗吉文. 低碳农业发展模式探析[J]. 生态经济, 2010(12): 142-144.
- [9] 张秋斌. 湖南省低碳农业发展的财税政策支持研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 中南林业科技大学, 2019.
- [10] 陈儒, 姜志德, 姚顺波. 低碳农业联合生产的绩效评估及其影响因素分析[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2018(3): 44-55+154-155.
- [11] 陈儒, 姜志德. 中国低碳农业发展绩效与政策评价[J]. 华南农业大学学报(社会科学版), 2017, 16(5): 28-40.
- [12] 徐婵娟, 陈儒, 邓悦, 姜志德. 农民低碳农业胜任素质及其影响因素分析[J]. 湖南农业大学学报(社会科学版), 2018, 19(3): 38-45.
- [13] 谢淑娟, 匡耀求, 黄宁生, 赵细康. 低碳农业评价指标体系的构建及对广东的评价[J]. 生态环境学报, 2013, 22(6): 916-923.
- [14] 董明涛. 我国低碳农业发展效率的评价模型及其应用[J]. 资源开发与市场, 2016, 32(8): 944-948+1000.
- [15] 巩前文, 李学敏. 农业绿色发展指数构建与测度: 2005-2018年[J]. 改革, 2020(1): 133-145.
- [16] 翁翎燕, 朱振宇, 韩许高, 谈俊忠. 江苏省农田植被净碳汇时空格局分析[J]. 农业工程学报, 2018, 34(6): 233-241.