



经济管理学术文库·经济类

低碳农业发展研究

——基于广东省的实证分析

Study on the Development of Low-carbon Agriculture:
Based on the Empirical Analysis of Guangdong

谢淑娟 / 著



经济管理出版社
ECONOMY & MANAGEMENT PUBLISHING HOUSE

广东省社会科学院出版基金资助



经济管理学术文库·经济类

低碳农业发展研究

——基于广东省的实证分析

Study on the Development of Low-carbon Agriculture:
Based on the Empirical Analysis of Guangdong

谢淑娟 / 著



经济管理出版社
ECONOMY & MANAGEMENT PUBLISHING HOUSE

图书在版编目 (CIP) 数据

低碳农业发展研究/谢淑娟著. —北京: 经济管理出版社, 2013.5

ISBN 978-7-5096-2511-8

I. ①低… II. ①谢… III. ①节能—农业经济发展—经济发展模式—研究 IV. ①F303

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 118351 号

组稿编辑: 王光艳

责任编辑: 许 兵 吴 蕾

责任印制: 杨国强

责任校对: 蒋 方

出版发行: 经济管理出版社

(北京市海淀区北蜂窝 8 号中雅大厦 A 座 11 层 100038)

网 址: www.E-mp.com.cn

电 话: (010) 51915602

印 刷: 三河市延风印装厂

经 销: 新华书店

开 本: 720mm×1000mm/16

印 张: 15

字 数: 201 千字

版 次: 2013 年 8 月第 1 版 2013 年 8 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5096-2511-8

定 价: 48.00 元

·版权所有 翻印必究·

凡购本社图书, 如有印装错误, 由本社读者服务部负责调换。

联系地址: 北京阜外月坛北小街 2 号

电话: (010) 68022974 邮编: 100836

序

大气温室气体浓度的升高已成为引发全球气候变化的重要因素，而农业既是全球重要的温室气体排放源，又是一个巨大的碳汇系统。据联合国粮农组织的统计，农业用地释放出的温室气体，超过全球人为温室气体排放总量的 30%，相当于每年产生 150 亿吨的 CO_2 ；工业化肥的生产每年耗费地球 1% 的石油能源，化肥使用贡献了农业碳排放量的 30%；农业源的 CO_2 、 CH_4 与 N_2O 排放量分别占其人为排放总量的 21%~25%、57% 和 65%~80%。土地利用变化是目前大气中温室气体含量增加的第二大来源，其作用仅次于化石燃料的燃烧，每年由土地利用变化引起的温室气体排放量为 16 亿吨碳当量，相当于 2008 年全球化石燃料燃烧排放总量的 20%。但另一方面，良好的农业生态系统可以抵消掉 80% 因农业导致的全球温室气体排放量，农作物通过光合作用能固定大量的 CO_2 ，生物量中含碳可达到 43%~58%；而耕地土壤本身也是一个巨大的碳库，可储存大量有机碳，并具有从大气中吸收并储存 CO_2 的天然固碳功能，合理的耕作利用方式能有效地减缓耕地碳释放。同时，农业在生产过程中还发挥着诸多改善生态环境的作用：如调节区域小气候，净化空气，减少有害气体，增加相对湿度；净化水质，降解有机和无机污染物；保持生物多样性等。因此，在发展低碳经济方面，农业

序

领域潜力巨大。农业生产方式的转变是通过温室气体减源增汇来应对气候变化的重要途径。

目前我国的 GDP 总量已经跃居世界第二，然而伴随着经济发展，我国已成为全球最大的碳排放国家。这不仅表现在工业方面，同时也表现在常为世人所忽视的现代农业生产中，并伴随着日益严重的农业面源污染问题。随着我国农村经济的发展和农业现代化进程的加快，化肥、农药、农业机械等高碳型生产资料大量投入使用，农业生产的能源消耗越来越大，目前已占全国商品能源消费总量的 1/4，预计农村能源消费将成为我国未来碳排放增长的主要领域之一。农业生产过程中自然源温室气体排放的不断增加，使得如何选择低碳发展途径成为我国农村现代化面临的巨大挑战。

经济总量长期在全国领先的广东省，当前农业的发展属于典型的过度依赖化肥、农药等高碳型生产资料的化学农业类型。根据统计数据显示，近 10 年来广东省平均每公顷农田的化肥施用量达到 641 公斤，大大超过了国际上认定的 225 公斤/公顷的安全上限，其中氮肥平均施用 327 公斤/公顷，远超环境容许的上限 53 公斤/公顷；高毒农药占农药施用总量的 70%。由此造成水体和土壤毒化、农业面源污染严重以及土壤的有机碳含量逐年下降，导致耕地固碳能力严重不足，农业投入产出比呈现不断降低的态势，严重影响了广东省今后农业的可持续发展。针对广东省农业自身发展的条件与现状，2010 年省政府在“十二五”规划中，明确提出建设“农业强省”的目标，改变了过去“农业大省”的提法；2011 年 4 月 18 日国务院出台《关于加快推进现代农作物种业发展的意见》，首次明确提出种植业的国家战略地位。在此背景下，广东省发展低碳农业已是刻不容缓，这既是广东加快农业发展模式转型，建设农业强省，实现现代农业可持续发展的内在要求，也是应对全球气候变化，减少温室气体排放，改善土壤质量，提高全省农业用地土壤有机质含



量,增加农业产量的必然选择。然而,目前国内学术界对低碳农业的研究主要集中于内涵、路径与对策等方面的定性探讨,关于农业碳源碳汇效应、低碳农业评价指标体系与评价方法等方面的研究还比较薄弱。

值得欣慰的是,《低碳农业发展研究——基于广东省的实证分析》一书的作者以科学发展观为指导,综合运用环境经济学、可持续发展理论等相关学科知识,点、面与时空比较分析,定性和定量分析相结合,有所创新地对广东农业的碳源碳汇效应、低碳农业发展评价指标体系的构建与应用、农业低碳发展路径等方面进行了深入研究。首先从广义的碳源碳汇视角建立农业碳源碳汇估算模型,系统核算和评估了1980~2010年广东省的碳源碳汇现状及变动趋势,初步揭示了2008年广东省各地市碳源碳汇的空间分布情况,并与全国平均水平及其他农业大省做了对比;在深入剖析低碳农业的内涵特征、概念界定的基础上,结合全国尤其是广东农业碳源碳汇现状特征,构建了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、农业碳汇效应四个维度的综合评价指标体系,并运用德尔菲法与加乘混合合成法等综合评价方法,对2006~2010年广东省低碳农业发展水平进行了评估,并与全国其他9省区进行比较;运用SWOT分析法对广东发展低碳农业的优劣势、机遇、挑战及必要性进行深入探讨,在此基础上,借鉴国外农业低碳发展经验,提出发展低碳农业的主要路径和推进广东农业低碳转型发展的政策建议,并对广东发展低碳农业的减排增汇潜力进行预测。

本书具有一定的理论深度与较高的实践参考价值。其中若干研究成果富有创新性,能为广东省探索通过农业生产方式转变降低碳排放水平的决策和实践提供科学依据。首先,针对国外对低碳农业研究主要侧重于土壤碳源碳汇及低碳农业技术方面,国内学术界对

该领域的研究主要集中于定性研究的现状，从广义的碳源碳汇视角构建农业碳源碳汇核算模型，深入分析广东农业碳源碳汇效应及驱动因素；开拓性地构建了较系统的低碳农业发展评价指标体系与评价方法，对广东低碳农业发展水平进行了多层面、多角度的评价和分析。这些研究成果在一定程度上填补了目前我国低碳农业研究领域的空白。其次，对广东发展低碳农业的减源增汇潜力进行了前瞻性的探讨，预测了至2020年广东发展低碳农业的减源增汇潜力。最后，从碳源碳汇的视角，探讨广东省农业可持续发展的低碳之路，设计了低碳农业发展路径图并提出相应的政策建议。这是广东省低碳农业领域截至目前最为系统的一项研究成果，对指导广东省低碳农业的发展以及制定农业低碳发展规划和政策具有重要参考价值。

匡耀求^①

2013年4月10日于广州



^① 中国科学院广州地球化学研究所研究员，地球系统科学与可持续发展学科组组长，中国科学院大学博士生导师。

前言

目前我国关于生态农业、有机农业和循环农业等环境友好型农业已有不少研究与实践，但在推进过程中表现出动力不足、发展较慢等问题。在应对全球气候变暖的时代背景下，我国农业发展应该朝什么方向调整，该如何在平衡我国碳排放与加强农业基础地位，确保国家粮食安全战略的基础上解读低碳农业，又如何在当前情境下发展低碳农业，这些都是我国现代农业发展中亟待解决的关键问题。广东省相对全国而言，现代农业发展模式属于典型的化学农业。由于农药、化肥等化学品的大量不当使用，广东省的农田污染日益严重，土壤有机质含量逐年减少，导致农业的投入产出比有不断降低的态势，严重影响了广东省农业的可持续发展。就此以广东省为例，进行农业碳源碳汇效应、低碳农业评价指标体系的构建及低碳农业发展路径等农业低碳领域相关方面的研究，具有十分重要的理论与实践意义。同时，鉴于国外对低碳农业研究主要侧重于土壤碳源碳汇及低碳农业技术方面，目前我国对低碳农业的探索处于起步阶段，开展广东省农业生产碳源碳汇效应及低碳农业发展评价等方面的研究，可填补目前低碳农业领域研究的空白，因此研究结果可为广东乃至全国探索通过农业生产方式的转变降低温室气体排放量提供科学的依据和决策参考。

有鉴于此，本书主要进行了如下研究并得出相应的研究结论：

第一，从广义的碳源碳汇视角建立农业碳源碳汇估算模型，进行系统核算和科学评估，掌握了 1980~2010 年广东省的碳源碳汇现状特征及变动趋势，初步揭示了 2008 年广东省各地市碳源碳汇的空间分布情况：1980~2010 年广东省各类农业源碳排放总量以年均 1% 的速度逐年上升，单位农业总产值碳排放强度以年均 3.8% 的速率下降，农业空间碳排放强度以年均 0.28% 的速度下降，农业碳汇总量以年均 0.5% 的速度下降；并与全国平均水平及其他农业大省做了对比分析，指出广东农业碳排放差异性较大；广东省内农业碳源碳汇的地区分布亦差别明显。随着农业碳汇量的不断下降，1980~2010 年广东省种植业生态系统总体功能逐渐从碳汇演变为碳源，但各地区之间农业碳收支变化并不一致。通过对农业碳收支变化影响因素的分解得出：农业经济粗放式增长、农业化学化水平提高、农业投入产出率平稳、农业能源消费结构的高碳化、农作物复种指数减少等是影响农业碳收支的主要因素。

第二，在深入剖析低碳农业的内涵特征、概念界定的基础上，结合广东省农业碳源碳汇现状特征，构建了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、农业碳汇效应四个维度的综合评价指标体系，并运用德尔菲法与加乘混合合成法等综合评价方法，对 2006~2010 年广东省低碳农业发展水平进行了评估，得出广东省低碳农业发展水平与低碳农业发展要求尚有较大差距，处于从较高碳发展水平向中碳发展水平迈进的阶段；与全国其他 9 省区比较，广东省低碳农业发展综合指数属于中等偏下的水平。应用指标障碍度诊断方法，发现 2006~2010 年广东省“农业生产方式低碳化水平”指数偏低是阻碍其农业低碳发展的最大因素。

第三，运用 SWOT 分析法对广东省发展低碳农业的优劣势、机遇、挑战及必要性进行深入分解，在此基础上，借鉴国外农业低碳



发展经验，提出发展低碳农业的主要路径设想：提高高碳型农业生产资料的利用效率，加强开发推广农业节能减排技术，大力开发利用农村可再生能源，加强耕地质量保护与建设，提高农作物复种指数，优化农业种植结构，提高农民的低碳生产意识，进而量化评估了未来 10 年广东省农业低碳发展减源增汇潜力。

第四，基于以上分析，进一步提出推进广东农业低碳转型发展的政策建议：构建资金投入多元化的低碳农业发展长效机制；建立健全农业碳排放的宏观调控机制；加快淘汰高耗能的农业机械，推进农业机械节能；加强对农业低碳新技术的推广应用；稳定土地承包经营权，规范农地流转制度，引导建立各种形式农业专业合作组织；在全省之间推行低碳农业生态补偿机制及农业碳排放权交易；因地制宜制定低碳农业发展规划，把引导低碳农业经济发展纳入各级政府的绩效考核。

目 录

1 绪 论 / 001

1.1 研究现状 / 001

1.1.1 研究背景 / 001

1.1.2 国内外低碳农业研究现状 / 003

1.2 研究目的与意义 / 021

1.2.1 研究目的 / 021

1.2.2 研究意义 / 022

1.3 数据来源及可靠性分析 / 024

1.4 研究思路与方法 / 025

1.4.1 研究思路 / 025

1.4.2 研究方法 / 028

2 低碳农业内涵、模式及实现途径 / 031

2.1 低碳农业的内涵及其意义 / 031

2.1.1 低碳农业的内涵 / 031

2.1.2 发展低碳农业的意义 / 034

2.2 低碳农业的主要模式 / 036

2.2.1 减量节约型模式 / 036

- 2.2.2 固碳增汇模式 / 038
- 2.2.3 清洁生产模式 / 038
- 2.2.4 观光休闲模式 / 040
- 2.3 低碳农业的主要实现途径 / 040
 - 2.3.1 因地制宜推行低碳农业经济发展模式 / 041
 - 2.3.2 构建低碳农业的科技支撑体系 / 042
 - 2.3.3 建立健全推进低碳农业发展的法律法规与扶持政策 / 043
 - 2.3.4 培育建立我国的农业碳汇市场 / 047

3 广东省农业碳源碳汇效应及驱动因素分析 / 049

- 3.1 农业碳源碳汇估算模型的建立 / 049
 - 3.1.1 农业碳源估算方法 / 049
 - 3.1.2 农业碳汇估算方法 / 052
- 3.2 农业生产碳排放现状评估结果与特征分析 / 053
 - 3.2.1 农业碳排放总量特征及趋势分析 / 053
 - 3.2.2 农业碳排放结构特征及趋势分析 / 053
 - 3.2.3 农业碳排放强度的时序特征 / 056
- 3.3 广东省与全国其他省区农业碳排放的比较分析 / 058
 - 3.3.1 全国 10 省区农业碳排放总量及结构的对比分析 / 059
 - 3.3.2 各区域农业碳排放强度的比较 / 063
- 3.4 广东省农业碳排放地区分布特征 / 066
- 3.5 农业碳汇现状评估及特征分析 / 070
 - 3.5.1 农业碳汇总量估算结果分析 / 070
 - 3.5.2 农业碳汇地区分布特征 / 072
- 3.6 农业碳收支变动趋势分析 / 074



- 3.7 农业碳收支变化的影响因素分解 / 076
 - 3.7.1 农业经济粗放式增长是农业碳排放增加的主要推动因素 / 076
 - 3.7.2 农业化学化水平的提高是农业空间人为源碳排放强度上升的关键因素 / 077
 - 3.7.3 农业投入产出率平稳是单位农业产值碳排放量下降的主导因素 / 079
 - 3.7.4 农业能源消费结构高碳化是广东农业碳排放增长的另一驱动因素 / 080
 - 3.7.5 农作物复种指数减少是农业碳汇水平下降的主导因素 / 080

4 低碳农业评价指标体系构建与广东低碳农业发展评价 / 083

- 4.1 建立低碳农业发展评价指标体系的意义 / 084
- 4.2 低碳农业指标体系的构建思路与框架 / 085
 - 4.2.1 低碳农业评价指标构建的基本原则 / 085
 - 4.2.2 低碳农业指标体系构建的基本思路 / 087
 - 4.2.3 评价指标选取方法与框架的构建 / 089
- 4.3 低碳农业评价方法 / 098
 - 4.3.1 评价指标的正向化与无量纲化处理 / 098
 - 4.3.2 标准值的设定 / 099
 - 4.3.3 指标权重的确立 / 103
 - 4.3.4 指标值的综合合成方法 / 106
 - 4.3.5 低碳农业发展的等级评价标准 / 107
- 4.4 广东省低碳农业发展评价 / 108
 - 4.4.1 基础数据的采集 / 109
 - 4.4.2 指标原始数据处理与核算说明 / 109

- 4.4.3 指标原始数据的标准化 / 111
- 4.4.4 广东省低碳农业发展综合评价与时序分析 / 111
- 4.5 广东省低碳农业发展指标障碍度诊断 / 115
 - 4.5.1 障碍度诊断方法 / 115
 - 4.5.2 低碳农业发展指标障碍度诊断 / 117
- 4.6 广东省与全国及 9 省区低碳农业发展水平比较 / 119
 - 4.6.1 原始数据的标准化 / 119
 - 4.6.2 广东省与全国 9 省区低碳农业发展综合评价指数对比分析 / 120
 - 4.6.3 全国 10 省区低碳农业发展分类指标对比分析 / 121

5 低碳农业发展路径探讨及潜力预测 / 129

- 5.1 广东省低碳农业发展路径设计依据 / 129
 - 5.1.1 优势 (Strength) 分析 / 129
 - 5.1.2 劣势 (Weakness) 分析 / 134
 - 5.1.3 机遇 (Opportunity) 分析 / 143
 - 5.1.4 必要性与挑战 (Threat) 分析 / 144
- 5.2 国外发展低碳农业的经验借鉴 / 147
 - 5.2.1 改善耕作制度 / 148
 - 5.2.2 减少对农业化学品的投入 / 148
 - 5.2.3 改进稻田管理 / 149
 - 5.2.4 开展节水型农田灌溉 / 149
 - 5.2.5 建立农业能源利用多样化的新能源机制 / 150
- 5.3 广东省农业低碳发展路径设想 / 150
 - 5.3.1 提高高碳型生产资料利用效率, 降低施用强度 / 152
 - 5.3.2 加强开发推广农业节能减排技术, 提高能源利用效率 / 153



5.3.3	大力开发利用农村可再生能源, 优化农业能源消费结构 / 154
5.3.4	加强耕地质量保护与建设, 提高复种指数, 增强农业碳汇能力 / 154
5.3.5	优化农业种植结构, 因地制宜开发绿色农产品 / 156
5.3.6	加强对农户的低碳宣传引导, 提高村民的低碳生产意识 / 157
5.4	广东省农业低碳发展减排增汇效果展望 / 158
5.4.1	改善耕作方式土壤固碳潜力 / 158
5.4.2	低碳施肥与施药碳减排前景 / 159
5.4.3	冬种绿肥的碳汇潜力 / 160
5.4.4	沼气利用的碳减排前景 / 161
5.4.5	低碳栽培技术碳减排前景 / 162
5.4.6	秸秆资源化利用的碳减排前景 / 163
6	结论与建议 / 165
6.1	主要结论 / 165
6.2	主要政策建议 / 170
6.3	研究展望 / 177
附录	附录 / 179
附录 1	1980~2010 年广东省农业基础数据 / 179
附录 2	2008 年广东省 21 个地级市农业基础数据 / 180
附录 3	2010 年全国 10 省区农业基础数据 / 182
参考文献	参考文献 / 183
后 记	后 记 / 221

1

绪 论

1.1 研究现状

1.1.1 研究背景

自 20 世纪 90 年代以来，全球气候变暖问题逐渐引起了国际社会的高度重视。在全球气候变暖的大趋势下，中国近 100 年来年平均气温升高了 0.5~0.8℃，略高于同期全球增温平均值，近 50 年变暖尤其明显，主要极端天气与气候事件的频率与强度加剧（中国国家发展和改革委员会，2007）。广东省近 50 年的气候同样发生了显著变化。2007 年广东省气象局发布的《广东省气候变化评估报告》指出，近 50 年来，广东省气温总体上升状况与全球平均水平大体相当，其中珠江三角洲地区是主要的增温区域，其次是广东东南部沿海地区；该报告同时认为，广东省近 50 年来的增温在很大程度

上可能归因于温室气体浓度增加造成的温室效应，这种温室效应已经对增暖做出了实质性的贡献（杜尧东，2007）。

大气中温室气体浓度的升高引发的温室效应，已导致全球日益频繁出现极端气候，并威胁着人类的生存与社会经济的可持续发展，而农业作为与自然环境关系最为密切的产业，一方面，温室气体的增加直接影响到农作物的光合作用，作为物质源的 CO₂（二氧化碳）流的强度和浓度直接影响作物的初级生产力。温室效应所引起的全球气候变化，间接给农业生产带来深远影响。另一方面，农业作为生物质生产的基础产业，在自身生产过程中反过来又影响着大气的温室效应和地球气候的变化，其既是全球重要的温室气体排放源，又是一个巨大的碳汇系统。2007 年联合国政府间气候变化专门委员会第四次评估报告表明，农业是全球温室气体的第二大重要来源（见图 1-1），排放量介于电热生产和尾气之间。据联合国粮食与农业组织的统计，农业用地释放出的温室气体，超过全球人为温室气体排放总量的 30%，相当于每年产生 150 亿吨的 CO₂（曾以禹、陈卫洪、李小军，2010）；工业化肥的生产每年耗费地球 1% 的石油能源，若禁止化肥的使用能降低 30% 的农业碳排放（李志萌，2010）；据研究估计，农业源的 CO₂、CH₄（甲烷）和 N₂O（氧化亚氮）排放量分别占此三类人为温室气体排放总量的 21%~25%、57% 和 65%~80%（林而达，2001）。土地利用变化是目前大气中温室气体含量增加的第二大来源，其作用仅次于化石燃料的燃烧（李晓兵，1999），每年由于土地利用变化引起的温室气体排放量为 16 亿吨碳当量，约占人类活动总排放量的 20%（Paustian K, Cole C V, Sauerbeck D 等，1998）。尽管如此，农业又具有强大的碳汇功能，温室气体的减排潜力巨大。据国内外相关研究显示，良好的农业生态系统可以抵消掉 80% 因农业导致的全球温室气体排放量，农作物通过光合作用能固定大量的 CO₂，生物量中含碳可达到 43%~58%

