



THE RESEARCH
ON CARBON EMISSION EFFECTS
OF LAND USE CHANGE

土地利用变化 碳排放效应 研究

卢娜 著



江苏大学出版社
JIANGSU UNIVERSITY PRESS



本书由江苏大学专著出版基金、国家社科基金重大项目(11&ZD155)、
中央高校基本科研业务费项目(KYZ201167)资助

土地利用变化 碳排放效应 研究

卢娜 著

THE RESEARCH
ON CARBON EMISSION EFFECTS
OF LAND USE CHANGE



图书在版编目(CIP)数据

土地利用变化碳排放效应研究 / 卢娜著. — 镇江:
江苏大学出版社, 2015. 1
ISBN 978-7-81130-865-5

I. ①土… II. ①卢… III. ①土地利用—影响—碳循
环—研究—中国 IV. ①F321.1②X511

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 242531 号

土地利用变化碳排放效应研究

Tudi Liyong Bianhua Tanpaifang Xiaoying Yanjiu

著 者/卢 娜

责任编辑/柳 艳

出版发行/江苏大学出版社

地 址/江苏省镇江市梦溪园巷 30 号(邮编: 212003)

电 话/0511-84446464(传真)

网 址/<http://press.ujs.edu.cn>

排 版/镇江文苑制版印刷有限责任公司

印 刷/丹阳市兴华印刷厂

经 销/江苏省新华书店

开 本/890 mm×1 240 mm 1/32

印 张/7.375

字 数/192 千字

版 次/2015 年 1 月第 1 版 2015 年 1 月第 1 次印刷

书 号/ISBN 978-7-81130-865-5

定 价/32.00 元

如有印装质量问题请与本社营销部联系(电话:0511-84440882)

目 录

第一章 导论

- 第一节 选题背景与研究意义 001
- 第二节 主要研究内容与研究方法 005
- 第三节 可能的创新与不足 012

第二章 国内外研究进展

- 第一节 基于能源消费的碳排放研究 015
- 第二节 土地利用变化对温室气体排放和土壤碳储量的影响 024
- 第三节 生命周期评价研究进展 032

第三章 理论基础与分析框架

- 第一节 相关概念界定 036
- 第二节 理论基础 045
- 第三节 理论分析框架 056
- 第四节 本章小结 071

第四章 土地非农化碳排放效应分析

- 第一节 土地非农化与能源消费碳排放关系 073
- 第二节 土地非农化碳排放特征分析 075

第三节 土地非农化碳排放与经济增长关系分析 087

第四节 本章小结 113

第五章 土地利用结构调整碳排放效应分析

第一节 建设用地产业结构调整对碳强度的影响 117

第二节 农用地种植业结构调整对碳净吸收的影响 135

第三节 本章小结 152

第六章 土地利用施肥技术变化碳排放效应分析

第一节 研究区域与数据来源 156

第二节 生命周期评价 162

第三节 实证分析 168

第四节 本章小结 180

第七章 主要结论与政策建议

第一节 主要结论 182

第二节 政策建议 186

参考文献 189

附 录 217

后 记 230

第一章 导 论

作为全书的“引领”章节,本章首先介绍了本书的选题背景及研究意义,然后确定了本书的研究目标与内容,接着阐述了本书的研究方法、数据来源及研究思路,并在此基础上绘出本书的技术路线,最后提出本书可能的创新与存在的不足。

第一节 选题背景与研究意义

气候变化特别是全球气候变暖是当今人类面临的严峻挑战,是国际社会公认的全球性环境问题。自进入工业化时代以来,由于大量燃烧化石燃料、森林被大量砍伐、草原过度放牧等活动,地球大气中气体组成发生变化,特别是由于人类活动引起的温室气体排放增加造成全球气候变暖。政府间气候变化专门委员会(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)报告指出,1906—2005年,全球地面气温平均上升了 0.74°C ;自1850年以来,最近12年(1995—2006年)中,有11年位列最暖的12个年份之中;预估未来20年全球气温仍将以每10年大约升高 0.2°C 的速度变暖^①。气候变化可以造成一系列极端恶劣的环境气候灾害,对人类的生存和发展提出了严峻挑战,如生物

^① IPCC. Land-use, land-use change and forestry. In: Watson R T, Noble I R, Bolin B, et al, eds. (A special report of the IPCC). Cambridge University Press, 2000.

多样性降低、荒漠化、大气臭氧洞的形成和扩大、冰川的消融、森林火灾、洪水、干旱及飓风等^①。

引起气候变化的原因概括起来可分为两大类：一类是自然的气候波动，另一类是人类活动的影响。自然原因可能包括太阳辐射的变化及火山的爆发，但两者对全球变暖的影响不大^②。具有很高的可信度的是，自 1750 年以来，人类活动造成全球 CO_2 ， CH_4 和 N_2O 等温室气体浓度明显升高，已成为气候变暖的主要原因^③。2005 年大气中 CO_2 ， CH_4 的浓度分别为 379 ppm，1 774 ppb，已远远超过了过去 650 000 年的自然变化的范围^④。在人类活动排放的温室气体当中，对气候影响最大的是 CO_2 ，其产生的增温效应占有温室气体总增温效应的 63%，且其在大气中留存时间很长，最长可达到 200 年；其次是 CH_4 和 N_2O 。1970—2004 年， CO_2 年排放量已经增加了大约 80%，从 210 亿 t 增加到 380 亿 t，并且排放的增加速率不断提高^⑤。土地利用变化是引起全球大气中 CO_2 浓度升高的主要人类活动之一，对碳排放的作用仅次于化石燃料的燃烧。据 Houghton 估算，1850—1998 年土地利用变化引起的碳排放是人类活动影响碳排放总量的 1/3；另外我国 1950—2005 年土地利用变化累计碳排放量为 106 亿 t，占同期全球土地利用变化碳排放量的

① IGBP Terrestrial Carbon Working Group. The terrestrial carbon cycle: implications for the Kyoto Protocol. Science, 1998(280).

② 王雪纯，徐影，毛留喜：《气候变化的科学背景研究》，《中国软科学》，2004 年第 1 期。

③ Watson R T, Verardo D J. Land-use change and forestry. Cambridge University Press, 2000.

④ 体积浓度单位，指的是每立方米大气中含有污染物的体积数 (cm^3)，1 ppm = $1 \text{ cm}^3/\text{m}^3 = 10^{-6}$ 。另外，1 ppb = 10^{-9} ，1 ppt = 10^{-12} 。

⑤ 史新峰：《气候变化与低碳经济》，中国水利水电出版社，2010 年。

12%^①。土地利用变化既可以发挥碳源作用,又可以发挥碳汇作用。事实表明,大多数的土地利用变化增加了向大气中排放CO₂的总量,如森林转换为牧场或耕地,其对生态系统碳循环影响是巨大的。1850—1990年,土地利用变化导致124 Pg^②碳释放到大气中,约相当于同期化石燃料燃烧释放量的一半,其中108 Pg碳来自于森林生态系统,其余16 Pg碳主要来自于中纬度草地的过度放牧和农田耕种^③。

为了应对全球气候变化,低碳经济的概念在2003年被正式提出^④。目前学术界对低碳经济的内涵有不同的理解^⑤,包括发展阶段论^⑥、发展模式论^⑦、社会经济形态论^⑧、能源资源使用方式论^⑨、物质流过程论^⑩,其中发展模式论是受到普遍认可的。国家环境保护部部长周生贤指出:“低碳经济是以低耗能、低排放、低污染为基础的经济模式,是人类社会继原始文明、农业文明、工业文明之后的又一大进步……”^⑦作为负责任的发展中国家,2009年我国国务院常务会议提出“到2020年中国单位国内

① 董祚继:《低碳概念下的国土规划》,《城市发展研究》,2010年第7期。

② $1P=10^{15}$, $1T=10^{12}$, $1G=10^9$, $1M=10^6$ 。

③ Houghton R A, Hackler J L. Emissions of carbon forestry and land-use change in tropical Asia. *Global Change Biol*, 1999, 5.

④ Department of trade and industry(DIT). UK energy white paper: our energy future-creating a low economy. TSO, 2003.

⑤ 赵志凌,黄贤金,赵荣钦,等:《低碳经济发展战略研究进展》,《生态学报》,2010年第16期。

⑥ 潘家华:《怎样发展中国的低碳经济》,《绿叶》,2009年第5期。

⑦ 张坤民,潘家华,崔大鹏:《低碳经济论》,中国环境科学出版社,2008年。

⑧ 冯之浚,金涌,牛文元:《关于推行低碳经济促进科学发展的若干思考》,《光明日报》,2009年4月21日。

⑨ 中国科学院可持续发展战略研究所:《2009年中国可持续发展战略报告——探索中国特色的低碳道路》,科学出版社,2009年。

⑩ 毛玉如,沈鹏,李艳萍:《基于物质流分析的低碳经济发展战略研究》,《现代化工》,2008年第8期。

生产总值 CO₂ 排放比 2005 年下降 40%~45%”^①。从我国目前所处的经济社会发展阶段及经济发展方式来看,既要发展又要低碳,这无疑是一个“两难”的困境,因此走低碳经济发展模式就成为实现这一目标的必要途径。

发展低碳经济的关键在于降低碳排放量,主要通过增加碳汇、减少碳源的路径来实现。未来较长时期内,我国经济的持续增长还是需要以化石能源的大量消耗为代价的,而且消耗量还将不断增长,而现阶段我国清洁能源发展技术还不成熟,能源消耗强度下降幅度还不足以抵消重工业产业凸显、煤炭消费比重居高不下等所导致的碳排放的增加^②。实质上,能源消耗、产业布局、农业生产等一系列活动都与土地利用密切相关^③,同时,已有研究证明土地利用变化对陆地生态系统碳循环也有很大程度的影响^{④⑤},是引起碳源、碳汇变化的重要原因。此外,土地利用也能够间接影响地区的碳排放水平,因此通过转换土地利用类型、优化土地利用结构和提高土地利用技术等措施来减缓大气中温室气体浓度的增加,可能成为实现低碳经济发展的重要途径之一。本研究以合理组织土地利用、帮助实现节能减排为目标,分别从宏观、中观和微观不同层面分析土地利用变化产生的碳排放效应,这对我国探索发展低碳经济的新路径具有重要

① http://news.xinhuanet.com/politics/2009-11/26/content_12544442.htm.

② 林伯强,蒋竺均:《中国二氧化碳的环境库兹涅茨曲线预测及影响因素分析》,《管理世界》,2009 年第 4 期。

③ 赵荣钦,刘英,郝仕龙,等:《低碳土地利用模式研究》,《水土保持研究》,2010 年第 5 期。

④ DeFries R S, Field C B, Fung I, et al. Combining satellite data and biogeochemical models to estimate global effects of human-induced land cover change on carbon emissions and primary productivity. *Glob Biogeochem Cycle*, 1999, 13(3).

⑤ 葛全胜,戴君虎,何凡能:《过去三百年中国土地利用变化与陆地碳收支》,科学出版社,2008 年。

的理论与现实意义。

第二节 主要研究内容与研究方法

一、研究目标

本书拟在全球气候变化、发展低碳经济的背景下,探索我国在快速工业化和城市化的进程中,如何通过转换土地利用类型、优化土地利用结构和提高土地利用技术来减缓温室气体排放。具体研究目标可以分为:(1)宏观层面。从能源消费角度分析我国土地非农化碳排放的时空变化特征,并探讨土地非农化碳排放与经济增长的关系,为制订差别化的碳减排政策提供指导;(2)中观层面。分析产业结构调整对建设用地碳强度的贡献,为我国不同地区目前实施的“产业转移”和“产业承接”发展战略提供参考;分析农用地种植业结构调整对农田系统碳净吸收时空变化的影响,为我国不同地区合理安排农业生产提供指导;(3)微观层面。分析农业生产过程中农户采用不同施肥技术对温室效应的影响,为推广农业节能减排技术提供依据。

二、主要研究内容

在以上研究目标的基础上,本书首先构建了土地利用变化碳排放效应的理论分析框架;其次,分析了土地非农化引致的碳排放量、碳强度和碳足迹的时空变化特征,以及其与经济增长之间的关系,并采用指数分解法分析经济增长的不同效应对土地碳排放的贡献;再次,进一步采用指数分解法对所选研究区域的建设用地碳强度进行分解,分析产业结构调整对建设用地碳强度变化的贡献,利用碳排放/吸收估算模型分析研究期内我国农田生态系统碳净吸收的时间变化特征,采用重心模型分析其空间变化规律;接着,在以上基础上,利用 C-D 生产函数分析种植业结构调整对碳净吸收变化的贡献,采用生命周期评价方法分

析农户采用不同土地利用技术(施肥技术)对资源消耗和环境的影响,进一步分析其对温室效应的影响;最后依据以上研究结论,提出实现节能减排、发展低碳经济的政策建议。

本书主要研究内容如下:

(一) 构建理论分析框架

本书首先从理论上探讨了不同层面(宏观、中观、微观)土地利用变化对碳排放的影响机制;然后在已有研究基础上,提出在不同层面如何通过转换土地利用类型、调整土地利用结构和选择土地利用技术来实现节能减排目标的假设;最后在以上理论分析与相关研究理论相结合的基础上,构建了本书的分析框架,用以指导以下不同章节实证研究的开展。

(二) 土地非农化对碳排放的影响分析

土地非农化是经济社会发展的必经阶段,也是我国目前及今后一定时期正在和将要进行的阶段,因此对碳排放的影响还是较深远的。本书利用能源消费和土地利用变更调查统计数据,通过建立不同能源消费行业与土地利用类型之间的对应关系,对我国 28 个省(市、自治区)不同土地利用类型的碳排放强度及碳足迹进行了核算,并对碳强度与碳足迹的时空变化特征进行了分析;在此基础上,利用协整理论和 Granger 因果关系检验方法检验土地非农化碳排放与经济增长之间的关系;利用指数分解法,从经济增长的规模效应(土地产出效应、土地规模效应)、结构效应(能源结构效应、产业结构效应)和技术效应(能源强度效应)对比分析不同效应类型对土地利用碳排放的贡献,分析土地非农化过程中不同土地利用类型碳排放的主要贡献效应类型。

(三) 建设用地产业结构调整对碳排放的影响分析

建设用地是能源消耗的主要土地利用类型,其中工业是能源消耗的“大户”,因此探讨产业结构调整对碳排放的影响对减

缓温室气体排放具有重要意义。我国东部沿海地区正在实施产业转移战略,而中西部地区则在创造条件承接产业转移,在这个产业结构调整的过程中,各省份的土地利用结构必然发生变化,因此会对土地碳强度,特别是建设用地碳强度产生一定的影响。在产业转移背景下,探讨不同区域的产业发展战略对其实现节能减排目标的作用以及作用程度。本书选取了产业结构调整 and 产业发展战略具有代表性的北京市、湖北省及贵州省作为研究区域,首先通过采用对数均值指数分解法将建设用地碳强度分解为产业结构效应和产业碳强度效应,分析产业结构调整对不同地区节能减排目标实现的作用方向及作用程度,为确定差别化的产业发展方向和制定产业发展政策提供参考。

(四) 农用地种植业结构调整对碳净吸收的影响分析

随着人民生活水平的提高及农作物比较收益的增大,我国经济作物种植比例逐渐增大,粮食作物所占比例逐渐减小,而不同作物类型生育期内对碳的吸收作用是不同的。本书将探讨种植业结构调整对我国农田系统碳净吸收时空变化的影响。首先通过采用作物生育期碳吸收估算模型和农业生产碳排放估算模型,分别估算我国不同时期农田系统的碳吸收与碳排放变化;然后引入重心模型,探讨碳净吸收重心移动规律;接着按照农业生态分区原则将我国分为 8 个农业生产区域,采用 C-D 生产函数模型,分析种植业结构调整对我国农田系统碳净吸收的影响程度及对不同区域碳净吸收变化的贡献。相应的研究结论能够为我国不同区域的农业生产活动提供一定的指导。

(五) 农业生产土地利用技术变化对碳排放的影响分析

不同的农田管理方式对与大气之间碳通量的交换有很大的影响。不同耕作方式、施肥类型和技术、轮作方式等农业生产活动所引起的土壤碳储量及碳排放的变化是不同的。因为化肥是引起农田温室气体排放的主要投入物资,而且目前我国农业

生产活动过程中化肥的过量使用也产生了较严重的环境问题,因此本书选择水稻生产过程中农户采用的不同施肥技术作为研究对象,以农户调查数据为基础,引入产业生态学中的生命周期评价方法,建立水稻生产生命周期评价系统,分析常规施肥技术和测土配方施肥技术对温室气体排放的影响。相应的研究结论能够为推广农业生产新技术,实现农业节能减排目标提供一定的参考依据。

三、研究方法

本书的研究内容涉及的学科广泛,包含资源学、经济学、环境学、生态学、土壤学、地理学等,因此在研究过程中不可避免地需要综合运用多种研究方法,具体如下:

(一) 归纳总结方法

由于研究内容涉及广泛,因此归纳总结方法就成为必不可少的一种方法。首先,文献综述部分通过归纳总结,对土地利用变化及碳排放效应相关的研究内容进行了梳理;其次,对土地利用变化如何从不同层面对碳排放产生影响,以及两者之间的作用机理进行了归纳总结,构建了本书的理论分析框架;最后,综合本书的理论分析与实证检验,归纳总结并提出我国如何通过土地利用变化达到节能减排目的及发展低碳经济的政策建议。

(二) 问卷调查方法

本书微观层面是针对农户农田土地利用行为的研究,因此,获取农户的统计资料,对农户做问卷调查,可以为深入分析微观层面土地利用变化对温室效应的影响提供丰富的一手数据。本书采用随机抽样的调查方法选择样本村,通过入户调查的方式搜集了太湖流域镇江市、无锡市和常州市农户层面的农业生产投入、产出和农业生产技术采纳情况的数据。

(三) 定性分析与定量分析相结合方法

定性分析与定量分析是互为补充的统一体,只有将两者相

结合才能更准确、更深刻地认识客观事物的本质。本书在定性分析基础上提出土地利用变化与碳排放效应之间关系的理论假说,然后通过数学模型、经济计量模型及产业生态学评价方法对提出的理论假说进行定量化研究。定量化研究的具体内容包括基于能源消费的碳足迹估算、土地碳排放与经济增长关系检验、农田生态系统碳净吸收重心移动,以及评价不同的化肥使用技术对环境的影响等。方法的具体运用将在以下章节详细论述。

(四) 地理信息系统方法

3S(GPS, GIS, RS)技术目前在很多学科都有着广泛的应用。在地理学研究方面,综合运用3S技术可以准确将研究样点进行地理定位,从而能够对研究样点有更为直观的认识。本书在探讨农田系统碳净吸收重心移动规律时运用ArcGIS软件将不同时期碳净吸收的重心位置准确落在地理区位上,通过制作专题图,能够更加清楚地表现碳净吸收重心位置在不同行政区域间的转换。

(五) 生命周期评价方法

生命周期评价(life cycle assessment, LCA)是ISO 14000环境管理标准中面向产品的标准之一,已成为近年来环境科学研究的热点。生命周期评价作为一种环境管理工具,不仅能够对当前的环境影响进行有效的定量化分析评价,而且对产品或服务“从摇篮到坟墓”的全过程所涉及的环境问题进行评价,是“面向产品环境管理”的重要支持工具^①。生命周期评价目前在工业领域发展较成熟,而在农业领域还未建立适合我国国情的生命周期评价研究框架。本书在国内外研究成果基础上,尝试借鉴该方法评价研究区域内水稻生产生命周期内,在采用不同施肥技术的情况下对环境产生的影响差异。

^① 邓南圣,王小兵:《生命周期评价》,化学工业出版社,2003年。

四、数据来源

本书所用数据主要包括社会经济数据、土地数据、能源消费数据、农业生产数据及农户调查数据等,具体来源如下:

(一) 社会经济数据

除特别说明外,书中所用数据一般来自历年《中国统计年鉴》《中国人口和就业统计年鉴》《新中国六十年统计资料汇编》等。另外还有一些数据来自各省(市、自治区)统计年鉴及《国民经济和社会发展统计公报》等。

(二) 土地数据

除特别说明外,书中所用数据一般来自历年《全国土地管理统计资料》《国土资源综合统计年报》《中国国土资源统计年鉴》《土地利用变更调查报告》《国土资源公报》和《中国国土资源》等。

(三) 能源消费数据

除特别说明外,书中所用数据一般来自历年《中国能源统计年鉴》,部分来自各省(市、自治区)统计年鉴及《国民经济和社会发展统计公报》《能源公报》等。

(四) 农业生产数据

除特别说明外,分析农田系统碳净吸收所需的农作物生产投入和产出数据,一般来自《中国农村统计年鉴》《改革开放三十年农业统计资料汇编》等。

(五) 农户调查数据

在微观层面分析水稻生产整个生命周期内,农户采用不同的施肥技术对碳排放的影响所利用的化肥投入及作物产出等数据是采用问卷调查法对样本区域内农户进行调查,经过汇总整理后获取的。具体关于调查样点的选择、样本数据特征的描述等将在第六章详细说明。

（六）其他数据

其他用于估算碳排放/吸收所用到的相关系数将在书中具体说明。各省会城市质心坐标等地理数据主要来自中国资源环境数据库。

五、研究思路与技术路线

本书以全球所面临气候变暖的严峻挑战为起点,以减缓气候变化为目标,以发展低碳经济为前提,以增加碳汇、减少碳源为路径,在采用理论与实证分析相结合的方法分析不同层面(宏观、中观、微观)土地利用变化如何影响碳排放及影响程度如何的基础上,提出如何通过合理组织土地利用、优化土地利用结构、选择土地利用技术等途径减少土地利用碳排放,最终为实现既发展又低碳的“双赢”目标提供政策支持。因此,本书的研究思路可以大致分为以下四步:第一步,在分析面临的现实问题与梳理相关研究文献的基础上,提出本书要研究的问题——土地利用变化对碳排放的影响;第二步,在整理学习相关理论及界定相关概念的基础上,构建本书的理论分析框架;第三步,在理论分析框架的指导下,运用经济学、土壤学、地理学、生态学、资源学等知识,深入分析宏观层面(土地非农化)、中观层面(建设用地产业结构调整、农用地种植业结构调整)和微观层面(土地利用技术变化)的不同土地利用变化种类对碳排放的影响及影响程度;第四步,在相关理论分析、实证分析的基础上,总结提炼研究结论,并从土地利用及其相关角度提出如何发展低碳经济的政策建议。本书的技术路线如图 1-1 所示。

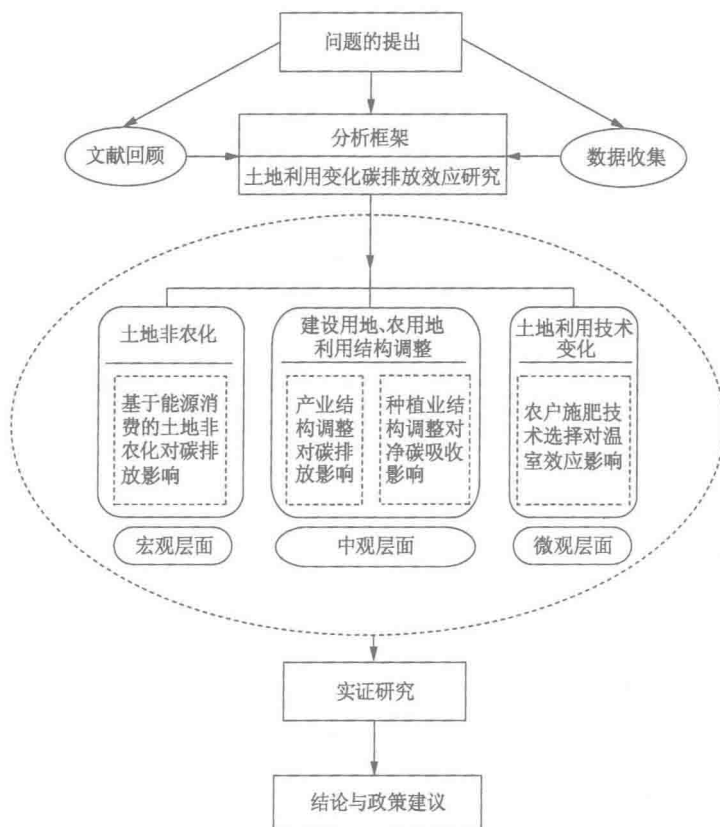


图 1-1 技术路线图

第三节 可能的创新与不足

一、可能的创新

目前关于土地利用碳排放的研究主要集中于农业生产领域,通常是分析地类转换或土地利用管理措施对土壤碳储量或与大气之间碳通量的影响。在发展低碳经济的目标下,系统研究如何通过土地利用变化,包括土地利用类型转换、土地利用结