



高校社科文库
University Social Science Series

教育部高等学校社会科学
发展研究中心资助出版

中国农业碳减排问题研究 ——以农地资源利用为例

Agricultural Carbon Emissions in China:
A Case Study of the Agricultural Land Use

李 波 © 著



人民出版社



高校社科文库
University Social Science Series

教育部高等学校社会科学
发展研究中心资助出版

中国农业碳减排问题研究 ——以农地资源利用为例

李 波 © 著



 人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

中国农业碳减排问题研究:以农地资源利用为例 / 李波著. —北京:人民出版社, 2013

(高校社科文库)

ISBN 978-7-01-011818-5

I. ①中… II. ①李… III. ①农业—二氧化碳—减量—排气—研究—中国 IV. ①S210.4②X511

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 047581 号

中国农业碳减排问题研究——以农地资源利用为例

ZHONGGUO NONGYE TANJIANPAI WENTI YANJIU

——YI NONGDI ZIYUAN LIYONG WEI LI

李 波 著

策划编辑:刘智宏

责任编辑:刘智宏 苏向平

封面设计:阳洪燕

出版发行:人民出版社

地 址:北京市东城区隆福寺街 99 号

邮 编:100706

邮购电话:(010)65250042/65289539

印 刷:北京京都六环印刷厂

经 销:新华书店

版 次:2013 年 5 月第 1 版 2013 年 5 月北京第 1 次印刷

开 本:730 毫米×970 毫米 1/16

印 张:18.75

字 数:290 千字

书 号:ISBN 978-7-01-011818-5

定 价:48.00 元

著作权所有 侵权必究

序

大气中温室气体浓度的增加引起了全球环境的变化,已经威胁着人类的生存与社会经济的可持续发展,碳减排成为当今各国政府、科学家以及学术界关注的重要环境问题。虽然关于气候变化成因和影响的学术争论一直存在,然而实施碳减排和发展低碳经济已形成广泛共识。节能减排,发展低碳经济,实现可持续发展,是人类与地球和谐共存的必然要求,也是人类认识的进步。作为一个负责任大国,我国郑重向世界承诺,到2020年将在2005年基础上碳减排40%~45%,并将其作为约束性指标纳入国民经济和社会发展中长期规划之中。从发展趋势来看,全球气候变化负面效应不断显现,国际碳博弈愈演愈烈,我国碳减排压力日趋增大。从比例来看,虽然农业碳排放仅占温室气体排放总量的20%,然而农业碳减排潜力和碳汇能力以及由此带来的正外部效应却不容忽视。我国作为一个发展中农业大国,农业可持续发展和粮食安全面临着气候变化的严峻挑战。发展低碳农业,在农业领域推行温室气体减排和适应气候变化措施,提高农业应对气候变化能力,将是促进农业可持续发展的一个重要途径。

从现有的文献来看,受到认识与理念的影响,关于碳排放和减排问题的研究往往重工业、轻农业,重城市、轻农村,从而使得农业碳减排的研究成为薄弱环节。而现有的大量证据表明,农业是温室气体的第二大重要来源,农业生产与全球气候变化息息相关。气候变化造成的水资源短缺和燃料价格波动都将直接影响到粮食生产的稳定性。联合国粮农组织的有关统计表明,农业用地释放出大量的温室气体,超过全球人为温室气体排放总量的30%,而生态农业系

统可以抵消掉因农业导致的全球温室气体排放量的80%。因此,如何减少农业温室气体排放并探寻减排方法已经显得十分重要。

农业既是温室气体排放源,也是最易遭受气候变化影响的产业。农业生产活动中的资源利用,尤其是农地资源的利用既是农业碳排放的主要载体,又是农业碳汇的主要源泉。农地作为土地资源的重要组成部分,是人类生产、生活的基础。合理利用农地,可以实现经济效益、生态效益的双赢;反之,不合理的农地利用活动不仅降低经济效益,还会造成严重的生态环境污染,导致碳排放增加,成为气候变暖的重要诱因。尽管农地利用碳排放较之工业活动减排的空间要小,但是其减排的意义和正外部效应却远远大于工业活动。农地利用较之其他生产活动,其减排除了减少向大气中排放温室气体外,还意味着土壤营养提高、结构改良以及土壤环境品质的改善,而由农地资源环境的改善所带来的环境正外部效应又具有积极作用。此外,更重要的是,农业作为其他国民经济部门活动的基础和前提,农地资源环境的优化利用,能够有效实现农业经济的可持续发展。因此,农地资源利用的碳减排是我国实现减排目标的关键领域,更是实现经济和社会可持续发展的重要前提。

本书是李波博士近年来专注于低碳经济研究所取得重要成果的集中体现,书稿中很多研究内容体现了原创性和首创性,研究结论也具有很强的现实启发性和实践指导性。该研究选题在资源与环境经济领域体现了学术前瞻性,研究并构建的农地利用碳排放的测算指标体系具有一定的创新性,由此所测算出的碳排放结果也具有较强的科学性。通过典型调查和计量分析,从微观和宏观等多层面揭示了农地资源利用碳排放的规律特征和增长机理,具有很强的现实指导性。本书可以为我国气候环境工作和农业碳减排政策制定提供坚实的数据和理论支撑,也是对目前低碳经济领域研究文献的重要补充。

作为李波博士的导师,深知其为人谦虚、勤奋好学、思维活跃,善于举一反三并在总结学习中创新提升。正由于此,近年来他先后在资源环境类核心期刊上发表多篇重要学术论文,主持了多项涉及农业碳减排领域的研究课题。本书是其在农业碳减排研究领域的重要标志性成果,我为其深深感到高兴,希望李波博士能够围绕低碳经济与农业低碳发展这一问题,站在学术前沿,继续深入并系统地开展研究,形成一批更高质量的研究成果。

为了推进我国低碳农业发展和确立农业碳减排的正确道路,特将本书郑重推介,以供学界交流参考,共同为实现我国政府承诺的温室气体减排目标贡献出自己的绵薄之力。

是为序。

张俊飏

2012年7月18日

目 录

CONTENTS

导 论	1
第一节 研究的背景与意义	1
第二节 研究现状	3
第三节 方法和技术路线	17
 第一章 我国农地资源利用现状及其环境效应分析	21
第一节 我国农地资源整体现状	21
第二节 农地面源污染现状分析	30
第三节 农地面源污染与农业经济增长关系	37
第四节 专题研究:我国循环农业发展的时空差异及影响因素分析	47
第五节 本章小结	58
 第二章 基于低碳经济视角农户农地资源利用影响分析	61
第一节 农户农地利用行为理论及影响因素	62
第二节 农户农地利用行为与农地碳排放	67
第三节 农户农地利用与保护调查分析	72
第四节 基于低碳视角的农户农地利用影响因素模型检验	96

第五节 本章小结 101

第三章 中国农地利用的碳排放/碳汇的时空特征分析 103

第一节 农地利用碳排放/碳汇估算方法与数据来源 104

第二节 我国农地利用的碳排放时空特征分析与预测 106

第三节 我国农地碳汇的时空特征分析 129

第四节 农作物碳汇测算与分析 132

第五节 我国农地利用净碳排放/净碳汇分析 139

第六节 本章小结 141

第四章 农地利用碳排放与经济发展关系的理论与实证 143

第一节 经济发展与农地利用碳排放关系的理论分析 144

第二节 经济发展对农地利用碳排放的影响效应 148

第三节 经济发展与农地利用碳排放关系的实证研究 151

第四节 本章小结 168

第五章 我国农地利用的碳排放影响因素分解研究 169

第一节 因素分解研究的文献回顾 169

第二节 我国农地利用碳排放的影响因素 172

第三节 农地利用的碳排放影响因素分解的实证研究 179

第四节 本章小结 191

第六章 中国农地利用的碳减排技术及农户需求分析	193
第一节 减排增汇技术特征分析	194
第二节 农户低碳技术需求行为的理论分析	200
第三节 农户技术需求的影响因素分析与检验的实证研究	206
第四节 专题研究:贫困农户农业科技需求意愿及影响因素研究	215
第五节 本章小结	224
第七章 国际碳排放对比分析及农地碳减排的经验借鉴	226
第一节 全球碳排放概况	226
第二节 国际社会对农地碳排放及减排的关注	234
第三节 国外农地碳减排的经验总结	236
第四节 对我国的启示	254
第八章 我国农地利用主要碳减排政策工具与体系构建	256
第一节 减排主要政策工具与减排原则	256
第二节 促进农地利用碳减排的政策建议	259
参考文献	269
附录 农户农地利用与保护的调查问卷	274
后 记	286

导 论

第一节 研究的背景与意义

碳排放导致的全球气候变化已经给人类社会与经济发展带来了显著的不利影响,并由此成为各国政治、经济、科学等领域重点关注的重大问题。2007年,联合国政府间气候变化委员会(IPCC)第四次评估报告指出:在过去的100年,全球地表平均温度升高了0.74度,海平面升高了0.17米。报告认为:从过去50年观测到的地球平均温度升高的诱因中,有90%以上的可能性是由人类活动引起的,核心因素是人类活动引发的温室气体排放的增加。其重要依据是工业化之前大气中 CO_2 为280ppm,现在为380ppm。IPCC报告强调,全球气候变化给人类及生态系统带来了前所未有的生存危机:极端天气、冰川消融、永久冻土层融化、珊瑚礁死亡、海平面上升、生态系统改变、致命热浪、水资源短缺、干旱与洪涝频发、土地沙漠化加剧、水土流失面积扩大、山地灾害加剧、大气成分改变等,无一不对人类的社会经济活动和生存发展产生巨大的不利影响。

实施碳减排以应对气候变化的影响已经成为世界各国的共识。1992年5月在联合国纽约总部通过了《联合国气候变化框架公约》(*United Nations Framework Convention on Climate Change*,简称《公约》),同年6月在巴西里约热内卢举行的联合国环境与发展大会期间正式开放签署。《公约》的最终目标是“将大气中温室气体的浓度稳定在防止气候系统受到危险的人为干扰的水平上”。

2009年12月7日至19日,第15次缔约方会议暨《京都议定书》第5次缔约方会议在丹麦哥本哈根举行,大会分别以《联合国气候变化框架公约》及《京都议定书》缔约方大会决定的形式发表了不具法律约束力的《哥本哈根协议》,就发达国家实行强制减排和发展中国家采取自主减缓行动作出了安排,并就全球长期目标、资金和技术支持、透明度等焦点问题达成广泛共识,与此同时,世界各国纷纷承诺了具体的减排目标,其中我国政府确定了到2020年单位国内生产总值温室气体排放比2005年下降40%~45%的行动目标,并将作为约束性指标纳入国民经济和社会发展中长期规划之中。为实现减排承诺,包括任何产业部门和生产、资源利用活动都必须实现相应程度的减排,都必须为实现我国温室气体减排目标做出应有的贡献。

农地作为土地资源的重要构成部分,是人类生活、生产的基础。合理利用农地,可以实现经济效益、生态效益的双赢;反之,不合理的农地利用活动不仅降低经济效益,还造成了严重的生态环境污染,导致碳排放增加,成为气候变暖的直接诱因。农地利用碳排放在全球温室气体(包括 CO_2 、 CH_4 、 N_2O)循环中占有重要地位,其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150亿吨的 CO_2 ,因此,农地利用的减排空间较大。农地利用活动既是温室气体排放的重要来源,同时也是受气候变化影响最大的产业。全球气候变化引发的极端灾害使我国土地生产不稳定性 and 风险日益加大,有专家估计,如不采取应对措施,到2030年,我国种植业可能因此减产5%~10%,农业生产布局 and 结构将出现变化,农作物病虫害影响范围和程度将扩大,水资源短缺矛盾更加突出,草地潜在荒漠化趋势加剧。尽管农地利用碳排放较之工业活动减排的空间要小,但是其减排的意义和正外部效应却远远大于工业活动。农地利用较之其他生产活动,其碳减排除了减少向大气中排放温室气体外,还意味着土壤营养提高、结构改良以及土壤环境品质的改善,而由农地资源环境的改善所带来的环境正外部效应又具有积极作用。此外,更重要的是,农地生产作为其他国民经济部门活动的基础和前提,农地资源环境的优化利用,又是实现农业经济可持续发展的重要前提条件。因此,农地利用的碳减排是我国实现减排目标的重要领域,也是实现经济和社会可持续发展的重要前提。而分析农地资源特征、构建农地利用的碳排放测算体系,测算并分析农地利用碳排放的历史演变

规律和空间特征,进一步探究农地利用的经济动因和内在根源,进而研究碳减排的技术路径和政策体系构建,将对我国今后资源环境和气候工作开展以及减排政策的制定提供重要的理论依据。

第二节 研究现状

一、国外研究现状

(一) 农地利用碳排放对气候的影响

自工业革命尤其是 20 世纪以来,全球气候呈现出较为明显的变暖趋势。其中,仅 20 世纪全球平均气温就上升了 0.72°C ,如不采取有效措施,21 世纪可能还会提高 $1.78^{\circ}\text{C} \sim 4^{\circ}\text{C}$ 。^① 碳排放量的不断增加是引起全球气候变暖的最重要因素:^② 人类活动,尤其是对煤、石油、天然气等化石燃料的无节制使用,导致大气中 CO_2 浓度持续升高,对全球气候变暖产生了显著影响。^③ 第二、第三产业是产生碳排放的主导部门,但以农地利用为载体的生产的快速发展却是气候加速变暖的重要诱因。目前,农业活动产生的温室气体约占人类活动碳排放总量的 20%。^④ 以 CH_4 为例,18 世纪以来,大气中其浓度增加了一倍多,其中 70% 源于人类农业生产活动;^⑤ 其中,过去 50 年,稻田排放的 CO_2 对全球变暖起着重要的作用。^⑥ 稻田是

-
- ① Jeff Schahczenski, *Agriculture, Climate Change and Carbon Sequestration* [OL], 2009, <http://www.attran.cat.org>.
 - ② Edward A. G. Schuur, James Bockheim, Josep G. Canadell, "Vulnerability of Permafrost Carbon to Climate Change: Implications for the Global Carbon Cycle", *Bio-Science*, Vol. 58, No. 8, 2008, pp. 701-714.
 - ③ Eric Sundquist, Robert Burruss, Stephen Faulkner, *Carbon Sequestration to Mitigate Climate Change* [J/OL], <http://www.usgs.gov/>.
 - ④ Keith Paustian, Vernon Cole C., "CO₂ Mitigation by Agriculture: An Overview", *Climatic Change*, Vol. 40, 1998, pp. 135-162.
 - ⑤ Mosier A R, Duxbury J M, Frenney J R et al., "Mitigation Agricultural Emission of Methane", *Climatic Change*, Vol. 40, 1998, pp. 39-80.
 - ⑥ Lee J., Six J., King A. P., van Kessel C., Rolston D. E., "Tillage and field scale controls on greenhouse gas emissions", *Journal of Environmental Quality*, Vol. 35, 2006, pp. 714-725.

CH₄最重要的来源之一,占CH₄总排放量的17%左右。^①此外,非持续土地利用(砍伐森林、开垦草原、改造沼泽等)也间接加剧了全球气候变暖,Brian Stone 研究表明,自1950年以来,全美气候变暖近50%源于土地利用结构的变化。^②

(二)国外关于农地利用碳排放的研究

1.农地碳排放发生机理与方法研究

农地利用活动直接或间接所导致的碳排放是农业碳排放的最重要组成部分。美国科学家 Jane M.F. Johnson 认为,农业碳排放主要源于农业废弃物、肠道发酵、粪便管理、农业能源利用、稻田以及生物燃烧。其中农业废弃物的产生、农用物质、能源的大量使用、水稻的广泛种植以及生物燃烧都与农地利用活动有直接关系。^③基于上述碳源,美国环保局(Environmental Protection Agency, EPA)运用层次分析法,测算出美国2008年由农业活动导致的碳(折合成CO₂)排放量约为4.275亿吨,其中半数源自农地利用活动。Jane M.F. Johnson 对由农地利用活动所引发的土壤有机碳大量释放的关注较少,而 L. M. Vleeshouwers 和 A. Verhagen 则在充分考虑作物(品种、产量、套种模式)、气候(温度、降水、蒸发)、土壤(碳储量、含水量)等因素的前提下,合理构建模型,用于评估农地土壤碳转移量。^④此外,土地利用方式的转变也是产生农地碳排放的重要因素,^⑤基于土地利用方式的变化,Ruben N. Lubowski、Andrew J. Plantinga 等运用经济学原理构建方程,用于评估其碳排放水平或固碳能力。^⑥ ACIL Tasman Pty Ltd 通过对美国、欧盟、加拿大、印度、新西兰等国农业碳排放的测算,发现不同国家

① Wuebbles D. J., Hayhoe K., "Atmospheric methane and global change", *Earth-Science Reviews*, Vol. 57, 2002, pp. 177-210.

② Brian Stone: "Land Use as Climate Change Mitigation", *Environmental Science & Technology*, Vol. 43, No. 24, pp. 9052-9056.

③ 参见 Jane M.F. Johnson Alan J. Franzluebbers et al., "Agricultural opportunities to mitigate greenhouse gas emissions", *Environmental pollution*, Vol. 150, 2007, pp. 107-124.

④ L. M. Vleeshouwers, A. Verhagen., "Carbon emission and sequestration by agricultural land use: a model study for Europe", *Global Change Biology*, No. 8, 2002, pp. 519-530.

⑤ P. L. Woomer, L. L. Tieszen., "Land use change and terrestrial carbon stocks in Senegal", *Journal of Arid Environments*, Vol. 59, 2004, pp. 625-642.

⑥ Ruben N. Lubowski, Andrew J. Plantinga., "Land-use change and carbon sinks: Econometric estimation of the carbon sequestration supply function", *Journal of Environmental Economics and Management*, No. 51, 2006, pp. 135-152.

农业碳排放占碳排放总量的比重差异较大,原因可能在于各个国家的农业生产方式及其农业结构不尽相同。^①

2. 农地生产与碳循环的关系

国外在农地利用的碳排放影响问题的研究上,都一致认为农地利用变化是影响碳排放进而导致气候变化的重要因素。农业生产对碳循环具有“双刃剑”的作用。它既是碳“源”,又是碳“汇”。在历史时期,农业生产通过将自然生态系统特别是热带森林转换成农业土地利用,增加了大气中 CO₂ 排放。尽管如此,农业也可以通过土地利用的变化、土地整治等增加碳“汇”,减少 CO₂ 的排放,^②从而使农业生产由碳“源”变为碳“汇”。目前,国外研究农地生产与碳循环的关系主要包括两个方面:

(1) 土地利用变化与碳循环

目前,由于土地利用变化,每年向大气中排放 16 亿吨碳,约占人类活动总排放量的 20%。^③ 历史上由于大量自然生态系统被转换成人工生态系统,增加了大气中 CO₂ 的含量。因此,今后在减少自然生态系统向人工生态系统转换的同时,还应加大退耕还林还草力度,积极恢复自然生态系统,以此增加土壤中碳储量,达到碳减排的目的。根据 Houghton 等人的研究,在 1945 年以前,美国因土地利用变化向大气中释放了 210~330 亿吨碳,而 20 世纪 80 年代以来,由于土地利用变化对碳的吸收能力则为 1.5~3.5 亿吨,占美国年化石燃料燃烧碳排放量的 10%~30%。^④ 同时,历史时期的土地利用变化也是控制美国东部森林碳聚集速率的一个最重要因素。^⑤ 反观巴西亚马孙河流域,由于森林滥伐、耕地

① ACIL Tasman Pty Ltd., Agriculture and GHG mitigation Policy: options in addition to the CPRS [R]. 2009. (8).

② Keith Paustian, Vernon Cole C., “CO₂ Mitigation by Agriculture: An Overview”, *Climatic Change*, Vol. 40, 1998, pp. 135–162.

③ Ibid.

④ Houghton R. A., Hacker J. L., Lawrence K. T., “The U.S. Carbon Budget: Contributions From Land Use Change”, *SCIENCE*, Vol. 32, No. 285, 1999, pp. 574–578.

⑤ Caspersen J. P., Pacala S. W., Jenkin J. C. et al., “Birdsey, Contribution of Land-Use History to Carbon Accumulation in U.S. Forests”, *SCIENCE*, Vol. 290, No. 10, 2000, pp. 1148–1151.

撂荒现象长期存在,1988~1998年间,每年因此产生的碳排放量达2亿吨。^①

土地利用变化可以减少碳排放,但不同区域减排潜力又有明显差别:热带湿润、半湿润地区土地利用的转换对碳循环影响潜力最大。^② Houghton 等人研究表明,1980年以来,因热带雨林砍伐造成了16.59亿吨碳的净释放,而热带雨林以外地区只有约1亿吨碳释放到大气中。^③ 同时,热带人工林和林地的恢复还可成为最大的潜在碳汇,如农田的弃耕还林可使土壤有机碳年积累率提高 $200 \times 104 \text{ g/hm}^2$;④而在半干旱地区,通过土地利用的变化减少碳排放的空间相对较少。^⑤ 虽然热带湿润、半湿润地区通过人工农业生态系统转化实现碳减排的潜力巨大,但人口规模的不断扩大、土地使用权的频繁更换以及社会政治影响等都使得该方案实施起来困难重重。

(2) 土地整治与碳排放

土壤有机碳在碳循环中占有重要地位,因此,可通过对水土流失、盐碱化等退化土地的治理与恢复、休耕、秸秆还田、改良土壤等土地整治措施,提高土壤有机碳含量,从而减少碳的排放。通过土地整治措施,每年可减少大气中 CO_2 的排放4~9亿吨。然而,由于土壤储存多余碳的能力是有限的,任何通过土地整治增加的碳储存只能持续50~100年。^⑥

3. 农地碳减排政策研究与技术选择

鉴于农地碳排放问题愈发突出,各国政府出台了一系列积极政策推进农地碳减排。2008年6月,时任日本首相福田康夫提出了建设日本低碳社会的蓝图,即“福田蓝图”,针对农业领域提出了本地时令农业食品支持方案,即为居民

① Houghton R. A., Skole D. L., Nobre C. A. et al., “Annual Fluxes of Carbon From Deforestation and Regrowth in the Brazilian Amazon”, *NATURE*, Vol. 403, No. 20, 2000, pp. 301–304.

② Keith Paustian, Vernon Cole C., “CO₂ Mitigation by Agriculture: An Overview”, *Climatic Change*, Vol. 40, 1998, pp. 135–162.

③ Houghton R. A. et al., “The flux of Carbon from terrestrial ecosystems to the atmosphere in 1980 due to Changes in Land Use: Geographic Distribution of Globale Flux”. *Tellus*, Vol. 39, 1987, pp. 122–139.

④ Brown S., Lugo A. E., “Effects of Forest Clearing and Succession on the Carbon and Nitrogen Content of Soil in Puerto Rico and US Virgin Islands”, *Plant and Soil*, Vol. 124, 1990, pp. 53–64.

⑤ Keith Paustian, Vernon Cole C., “CO₂ Mitigation by Agriculture: An Overview”, *Climatic Change*, Vol. 40, 1998, pp. 135–162.

⑥ Ibid.

提供低碳食品,拟从源头减少农地碳排放;2009年1月6日,韩国提出“绿色工程”计划,作为环保计划的重要组成部分,韩国政府计划投资3万亿韩元(约合22.8亿美元)用于扩大森林面积,增加森林碳汇,以缓解农地碳排放;2009年6月,美国颁布《美国清洁能源与安全法案》(ACES, *the American Clean Energy and Security Act*),对于那些有助于农地固碳、利于农地碳减排的相关项目,将以发放排放许可的形式加以鼓励,并允许在美国农业部的监管下出售许可;而印度自曼莫汗·辛格政府执政以来即启动“第二次绿色革命”,拟通过生物工程、新品种引进与改良等手段,提高农药化肥等农资利用水平,实现农业碳减排(Matthew Joseph, 2009)。

对碳排放进行课税是国外许多学者认同的农地碳减排的政策工具。Griffin和Bromley认为,管制者对间接测量的碳排放量课税或者对产品以及投入因素课税有助于实现农业碳减排。^① Shortle和Dunn延续了Griffin等的研究,认为对农场投入物质课税可以限定农场投入数量,而对污染物课税则可限定污染物数量。^② Shortle等则让激励、税收、补贴三大机制有机融合,共同影响农户农业生产决策,以期实现农地碳减排。^③ Xepapadeas认为,应依据农地碳排放测量值与期望值之间的偏差合理选取税收或补贴制度。^④ 鉴于农地碳排放量难以精确测算,James(1998)建议采用统一的税收和数量标准,对生产中具有负外部性的投入征收统一的氮税、磷税等,而对具有正外部性的投入则实施补贴。进一步研究表明,税费标准、补贴价格的合理与否确定,在一定程度上决定农地碳减排成败。^⑤ Jeff Schahezinski和Holly Hill认为,确定碳税征收主体是关键,处理不

① Griffin R. C., Bromley D. W., “Agricultural Runoff as a Nonpoint Externality: A Theoretical Development”, *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 70, 1983, pp. 37-49.

② Shortle J. S., Dunn J. W., “The Relative Efficiency of Agricultural Source Water Pollution Control Policies.”, *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 68, 1986, pp. 668-677.

③ Shortle J. S., Horan R., Abler D., “Research Issues in Nonpoint Pollution Control”, *Environmental and Resource Economics*, No. 11, 1998, pp. 571-585.

④ Xepapadeas A., *Controlling Environmental Externalities: Observability and Optimal Policy Rules*. In *Nonpoint Source Pollution Regulation: Issues and Policy Analysis*. Kluwer Academic Publishers, 1994.

⑤ Brian C. Murray, “Overview of Agricultural and Forestry GHG Offsets on the US Landscape”, *Choices*, No. 3, 2004, pp. 14-18.

好会导致公民对政府征税公正的质疑,而碳税手段运用得体则能起到增加居民福利的作用。^① (Shantayanan Devarajan, Delfin S. Go, 2009); Patrick Kenney (2010) 也认为实施碳税是双赢抉择,其一,税收收入可反哺贫困农民;其二,可以改进民众消费习惯。^② 基于上述理论研究,一些学者立足于农业生产实际,展开了一系列实证模拟研究。其中,Mapp (1994)、Wu (1995) 的经验研究表明:氮税、磷税等可以使一些作物退出生产或促使农民由种植氮肥、磷肥大量使用的作物转向种植氮肥、磷肥少量使用的作物。Helfand 等将投入税与限制投入量两种措施进行对比,结果发现,限量措施行政成本较低,但投入税效果更加明显。^③ Barry Ryan 和 Douglas G. Tiffany 以明尼苏达州为例证实,对农业能源课税有助于提高能源利用效率,减少碳排放。^④ 而 Jo Leinen 则基于欧盟农地碳排放特征展开研究,认为课税有利于欧盟农业的可持续发展。^⑤

除了征收碳税,各国还采取了一系列工程技术措施积极推进农地碳减排。其中,工程措施主要包括:增加农作物栽种密度、^⑥转变土地利用模式、少耕或者免耕、大力植树造林。而科技措施则包括:改变饲料配比,转变牲畜饮食结构;^⑦提高粪便管理水平,^⑧大力发展有机农业;^⑨提高氮肥利用效率,减少绝对施用量;^⑩构

-
- ① Jeff Schahczenski, Holly Hill. Agriculture, *Climate Change and Carbon Sequestration* [J/OL]. <http://www.attran.cat.org>; 2009.
 - ② Shantayanan Devarajan, Delfin S. Go., "Tax Policy to Reduce Carbon Emissions In South Africa", 2009.
 - ③ Helfand G.E., House B.W., "Regulating Nonpoint Source Pollution under Heterogeneous Conditions. *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 77, No. 4, 1995, pp. 1024-1032.
 - ④ Barry Ryan, Douglas G. Tiffany, "Minnesota Agricultural Energy Use and the Incidence of a Carbon Tax", 1998.
 - ⑤ Jo Leinen, "Introducing a European Carbon Tax: The Missing Piece in Europe's Climate Strategy", *Social Europe Journal*, 2010.
 - ⑥ K. Paustian, J. Six, E. T. Elliott, "Management options for reducing CO₂ emissions from agricultural soils", *Biogeochemistry*, No. 48, 2000, pp. 147-163.
 - ⑦ Jane M.F., Johnson Alan, J. Franzluebbers et al., "Agricultural opportunities to mitigate greenhouse gas emissions", *Environmental pollution*, No. 150, 2007, pp. 107-124.
 - ⑧ Kairsty Topp, Bob Rees., "Carbon footprint reporting for a Scottish livestock farm". 2008(6).
 - ⑨ A. Weiske, "Potential for carbon sequestration in European agriculture Final Version", 2007.
 - ⑩ Gilbert E. Metcalf, John M. Reilly, "Policy Options for Controlling Greenhouse Gas Emissions: Implications for Agriculture", *Choices*, No. 1, 2008, pp. 34-37.