

文章编号:1671-6523(2011)01-0001-05

# 低碳经济、低碳农业与低碳作物生产

黄国勤<sup>1,2</sup>, 赵其国<sup>3</sup>

(1. 江西省/教育部作物生理生态与遗传育种重点实验室, 江西 南昌 330045; 2. 江西农业大学生态科学研究中心, 江西 南昌 330045; 3. 中国科学院南京土壤研究所, 江苏 南京 210008)

**摘要:** 低碳经济已成为国内外研究的热点。发展低碳经济, 推进低碳产业, 已成为国内外发展的大趋势。我国是世界上最大的发展中农业大国, 发展低碳经济、低碳产业, 首先应大力倡导发展低碳农业低碳作物生产。文章第一部分, 讨论了低碳经济提出的背景、低碳经济的内涵、发展低碳经济的意义, 以及我国发展低碳经济采取的行动与实践; 第二部分简述了低碳农业的概念、特征、功能、意义和主要模式; 第三部分, 从低碳作物品种、低碳耕作制度、低碳施肥养地和低碳栽培技术等四方面, 探索了低碳作物生产技术和措施。同时紧密结合当前国内外形势和农业生产实际, 具有资料新、观点新的特点, 对发展低碳经济、低碳农业与低碳作物生产具有现实指导意义和参考价值。

**关键词:** 低碳经济; 低碳农业; 低碳作物生产; 可持续发展

**中图分类号:** F323; F062.2      **文献标志码:** A

## Low – carbon Economy, Low – carbon Agriculture, and Low – carbon Crop Production

HUANG Guo-qin<sup>1,2</sup>, ZHAO Qi-guo<sup>3</sup>

(1. Key Laboratory of Crop Physiology, Ecology and Genetic Breeding, Ministry of Education / Jiangxi Province, Nanchang 330045, China; 2. Centre on Ecological Sciences, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China; 3. Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing 210008, China)

**Abstract:** Low-carbon economy has become a hot research topic in the world and to develop low-carbon economy and promote low-carbon industry has become a global trend. As the world's largest developing country in agriculture, China should advocate the development of low-carbon economy and low-carbon industry, especially the low-carbon agriculture and low-carbon crop production. The paper consists of three parts. The first part discusses the background, concept, significance and action and practice. The second part introduces the concept, characteristics, function, significance, and the major models. And the last part explores low-carbon crop varieties, low carbon – farming systems, low-carbon fertilizing and land – nourishing, and low-carbon cultivation techniques, the low-carbon crop production technologies and measures. Closely integrated with the current situation, both domestic and abroad, and agricultural production practice, the paper offers the latest information and viewpoints and is of guidance and reference value for the development of low-carbon economy, low-carbon agriculture, low-carbon crop production.

**收稿日期:** 2011-02-28

**基金项目:** 国家自然科学基金重点项目(U1033004)和江西农业大学生态学学科首席教授配套经费资助项目(09003424)

**作者简介:** 黄国勤(1962—), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事作物栽培学与耕作学、农业发展与区域农业、生态学理论与实践等研究。

**Key words:** low-carbon economy; low-carbon agriculture; low-carbon crop production; sustainable development

## 一、低碳经济

### (一) 提出

由于全球气候变暖已成事实,造成气候变暖的根本原因是大量温室气体的排放,而温室气体的主要成分是CO<sub>2</sub>(还包括CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O等)。因此,要减缓甚至抑制全球气候变暖,必须千方百计减少CO<sub>2</sub>等温室气体的排放量,并逐步降低大气中CO<sub>2</sub>等温室气体的浓度<sup>[1]</sup>。基于这种严峻形势,英国于2003年在英政府文件——能源白皮书《我们能源的未来:创建低碳经济》中,首次提出“低碳经济”(Low-carbon Economy)的概念<sup>[2-4]</sup>。作为第一次工业革命的先驱和资源并不丰富的岛国,英国充分意识到了能源安全和气候变化的威胁。之后,美国、德国、澳大利亚、法国、日本、加拿大、印度等国都纷纷针对本国实际情况提出了未来发展低碳经济的目标、规划和具体措施。

我国政府十分重视气候变化问题<sup>[5-6]</sup>。2007年9月,国家主席胡锦涛在亚太经合组织(APEC)第15次领导人会议上,本着对人类、对未来高度负责的态度,郑重提出“发展低碳经济”,令世人瞩目。胡锦涛主席指出,气候变化从根本上说是发展问题,只有在可持续发展的前提下才能妥善解决……应该建立适应可持续发展要求的生产方式和消费方式,优化能源结构,推进产业升级,发展低碳经济,努力建设资源节约型、环境友好型社会,从根本上应对气候变化的挑战。按照胡锦涛主席的重要指示,近年来我国各级政府和部门积极发展低碳经济,采取了各种有效对策和措施,并在节能减排、转变经济发展方式等方面取得显著成效。

### (二) 内涵

那么,到底什么是低碳经济呢?由于与低碳经济相反的概念是“高碳经济”,因此要弄清楚低碳经济的概念与内涵,首先必须了解“高碳经济”。高碳经济,是以依靠化石燃料石油、天然气、煤炭等不可再生能源为主要能源,以高耗能、高排放、高污染为特征的传统经济发展方式。显然,高碳经济是不可持续的“黑色经济”发展模式。

与“高碳经济”相反,“低碳经济”则是在可持续发展理念指导下,通过技术创新、制度创新、产业转型、新能源开发等多种手段,尽可能地减少煤

炭石油等高碳能源消耗,减少温室气体排放,达到经济社会发展与生态环境保护双赢的一种经济发展形态<sup>[7-8]</sup>。低碳经济是以低能耗、低污染、低排放为基础的经济模式,是人类社会继农业文明、工业文明之后的又一次重大进步。显然,低碳经济是一种“绿色经济”,是21世纪世界经济发展的方向。

### (三) 意义

由上可知,应对气候变化,控制气候变暖,这是发展低碳经济最重要、最直接的原因。由于气候变暖已成为全世界生态环境恶化的首要原因,而CO<sub>2</sub>等温室气体的过量排放是气候变暖的罪魁祸首;建立在依靠化石能源基础上的高碳经济是CO<sub>2</sub>等温室气体过量排放的根本原因;建立在依靠化石能源基础上的高碳经济又是造成不可再生能源日益枯竭的根本原因;现有的高碳经济能源结构基础上的节能减排不能成为遏制生态恶化资源短缺的治本之策。因此,必须大力提倡和反复强调发展低碳经济<sup>[9-10]</sup>。

在我国当前形势下,尤其是2011年是进入“十二五”的开局之年,面临着开好局、起好步的发展态势,发展低碳经济、转变经济发展方式更具有重大而深远的意义。具体来说,我国发展低碳经济具有以下几方面的重要意义:一是应对气候变化,为营造持续发展的“地球”——这个全人类共同的“家园”作出应有贡献;二是转变发展方式,以实际行动践行“科学发展观”;三是节约能源资源,缓解日益紧张的能源形势,为消除世界“能源危机”作出努力,为建设党中央提出的“资源节约型”社会作出贡献;四是保护生态环境,保护人居环境;五是提高经济效益,建设小康社会,为构建社会主义和谐社会作出不懈努力并取得实效。

### (四) 行动

在生产和生活实践中,到底该如何发展低碳经济呢?近年来,为推动低碳经济发展,我国政府和部门积极行动起来,采取了各种有效对策和措施。国家科技部部长万钢指出,应对气候变化,需要优化能源结构,节约能源和提高能效,发展清洁能源和低碳能源,改善土地利用方式;需要综合考虑能源安全、节能减排政策、发展“低碳经济”和“吸碳经济”等重大问题。清华大学国情研究中心主任胡鞍钢认为,气候变暖也可能对中国带

来一个巨大的机会,它将强有力地促进中国从黑色发展模式向绿色发展模式转变,从高碳经济向低碳经济转变。中国有可能成为世界最大的碳交易市场、最大的环保节能市场、最大的低碳商品生产基地和最大的低碳制品出口国。

笔者认为,我国拥有丰富的太阳能、风能、地热能、水能、煤碳、石油、天然气、核能等多种资源,各种能源都有自己的特长和用途,要根据建立资源节约型、环境友好型社会的要求,建设一个能源生态体系。如我国北方牧民使用太阳能进行生产和生活;北京平谷建设“太阳能村”;新疆有我国目前最大的风能发电厂;广东南粤县是我国最大的风能发电海岛;在我国广大农村大力发展沼气,广泛开发利用农作物秸秆资源和各种生物质资源等,这都是我国各地发展低碳经济的具体行动和实践,取得的成就是显著的。

## 二、低碳农业

如前所述,当前低碳经济已成为国内外研究的热点。发展低碳经济(Low-carbon Economy),推进低碳产业(Low-carbon Industry),已成为国内外发展的大趋势。我国是世界上最大的发展中国家,发展低碳经济、低碳产业,首先应大力倡导发展低碳农业(Low-carbon Agriculture)、低碳作物生产(Low-carbon Crop Production)。

### (一)低碳农业的提出

由“中国知网”检索,在国内“低碳农业”一词最早是2008年提出来的。《中国农业信息》于2008年第8期发表了“低碳农业经济略论”一文<sup>[11]</sup>,这是最早提出“低碳农业”一词的论文。随后,中国科学院可持续发展战略研究组于2009年3月出版了《2009中国可持续发展战略报告——探索中国特色的低碳道路》,该书第八章“中国应对气候变化与低碳发展的对策”中,提出了“提高我国农业适应气候变化的能力,发展有机、生态、高效农业,实现农业可持续发展”<sup>[4]</sup>;中国农业大学程序教授在《中国生态农业学报》2009年第2期撰文指出:“我国农业和农村在节能减排中应有所作为。农业是唯一生产生物物质的产业,在我国的节能减排及向低碳经济战略转型中,生物质能可发挥重大作用,也能成为生态农业的新内涵”<sup>[12]</sup>。2010年12月17日,作者以“低碳农业”为题名,利用“中国期刊全文数据库”、“中国博士学位论文全文数据库”、“中国优秀硕士学位论文全文数据库”检索,共有“低碳农业”论文125

篇。考虑到还有相当论文未进入以上数据库,或是发表于报纸,是或有其他期刊发表,或是在有关学术会议发表。据笔者粗略估算,至今,国内发表有关“低碳农业”的论文在500~600篇左右。

### (二)低碳农业的含义

低碳农业是从低碳经济“延伸”过来的,低碳农业是指在发展农业生产过程中,采用和推广各种“先进”技术,以尽可能减少能量、物质消耗,减少CO<sub>2</sub>等温室气体的排放,减少环境污染,从而获得最大的经济效益、社会效益和生态效益。由此可以看出,低碳农业具有“四低两高”的特征:即:低能耗、低物耗、低排放、低污染、高效率、高效益。显然,发展低碳农业才是中国特色的“低碳道路”和可持续发展的必由之路,低碳农业是我国未来农业发展的重要方向和主导模式。

### (三)低碳农业的特征

与传统“高碳农业”发展模式相比,低碳农业具有以下明显特征<sup>[13-14]</sup>:

1. 节约性。低碳农业首先是资源节约型农业。发展低碳农业,要求在发展农业生产过程中减少化石能源的投入,即减少化肥、农药、农膜、除草剂、植物生长调节剂、土壤改良剂、饲料添加剂等各种农用化学品的投入,以减少CO<sub>2</sub>等温室气体的排放。低碳农业,节约了能源和资源,是一种典型的资源节约型农业——特别适宜在人多地少、人均资源不足的我国大力发展。

2. 环保性。低碳农业是环境友好型的农业,对生态环境具有良好的保护功能。由于低碳农业减少了农用化学品的投入,不仅可避免或减少因大量生产、制造农业化学制品而产生的生态破坏,而且还可减少或消除环境污染,因而对保护和优化生态环境具有直接作用。

3. 安全性。低碳农业是优质安全型农业。由于减少了农用化学品的使用,特别是通过推广“生态减灾”技术与措施,可大大减少或基本做到不使用农药、除草剂等“有毒、有害”化学品,从而可有效地保护天敌,这对生产无公害食品、绿色食品和有机食品十分有利,不仅有利提高农产品质量,更有利于提高其安全性和保健性。

4. 高效性。低碳农业是经济高效型农业。由于减少的农用化学品的投入,从而可大大节省农业生产成本,这对提高农业生产的经济效益、促进农民增收具有十分积极的意义,这也是低碳农业之所以深受广大农民欢迎的重要原因之一。

5. 和谐性。低碳农业是社会和谐型农业。发

展低碳农业,减少 CO<sub>2</sub> 等温室气体的排放,可有效缓解全球气候变暖,减少或消除国际、国内的各种“环境纠纷”(因环境问题产生的矛盾和争执),从而对构建“和谐世界”、“和谐社会”有利,从这一意义来说,低碳农业是一种社会和谐型农业。

#### (四) 低碳农业的功能

传统农业的主要功能就是生产功能,即为人类生存和发展提供农产品。现代农业的发展,已大拓展了农业的范围和功能。低碳农业,作为现代农业的重要模式和组成部分之一,其功能已大大超越了传统农业模式和一般现代农业模式。从总体来讲,低碳农业至少具有以下多方面的功能:一是农产品生产功能,提供数量充足、种类丰富的各种农产品,不仅包括“天然”农产品,还包括多种“人工”农产品;二是农产品质量安全保障功能,要求提供无公害农产品、绿色农产品、有机农产品,既有营养功能,更有保健作用;三是气候调节功能,低碳农业显著减少了包括 CO<sub>2</sub> 在内的各种温室气体的排放,大大减缓了气候变暖的速率;四是生态涵养功能;五是农业金融功能等。

#### (五) 发展低碳农业的意义

与发展低碳经济一样,发展低碳农业同样具有多方面的重要意义,如:发展低碳农业有利于应对气候变化、缓解能源紧张;发展低碳农业,有利于节约农业资源、建设“资源节约型”农业;发展低碳农业,可有效保护农业环境、维护生态平衡;发展低碳农业,有利于提升农产品质量、确保农产品安全,提高健康水平和提升人口素质;发展低碳农业,还有利于增加农民收入、建设小康社会和构建和谐社会等。

#### (六) 低碳农业的主要模式

可以说,低碳农业的模式是多种多样的。常见的有:立体农业模式、生态农业模式、绿色农业模式、循环农业模式、休闲观光农业模式和生态高值农业模式<sup>[15]</sup>等。

### 三、低碳作物生产

作物生产,即种植业生产,是农业生产(包括农、林、牧、副、渔“五业”生产)的重要组成部分,也是最基础的部分。作物生产担负着把太阳辐射能转化为化学潜能并贮藏在植物体内,即进行光合作用、从事植物性生产的重要任务。作物生产的主要场所是农田(包括旱地和水田)。根据研究<sup>[16]</sup>,农田是 CH<sub>4</sub> 与 N<sub>2</sub>O 的重要来源,在全球温室气体的预算中具有重要影响。1994 年中国稻

田 CH<sub>4</sub>、农田 N<sub>2</sub>O 分别占全国总排放量的 18% 和 17%;2005 年估算,稻田 CH<sub>4</sub> 排放 589 万 t,农田 N<sub>2</sub>O 排放 78 万 t。可见,要发展低碳农业,首先要减少农田温室气体的排放,要求在作物生产过程中,采用“低碳技术”,实行低碳作物生产。具体来说,低碳作物生产应采用以下具体技术和措施:

#### (一) 低排作物品种

选用“低排品种”可降低稻田温室气体排放量。据国外研究,2 个水稻品种(Disang 和 Liut)在生长季内 CH<sub>4</sub> 排放上差异显著,分别为 1.38 g/m<sup>2</sup> 和 0.96 g/m<sup>2</sup>,后者比前者降低 30%。Disang 的高排放与其较高的叶面积指数、根系体积和分蘖数有关,Liut 具有高产株形的主要特征。研究表明,水稻品种之间的植株 CH<sub>4</sub> 排放有基因型差异;绿色超级稻品种具有“三节”(节氮、节水、节药)的特征,值得广泛推广。

#### (二) 低碳耕作制度

一是少耕免耕。在农田生产过程中,采用少耕、免耕,可有效增加土壤中碳的固定,并减少 CH<sub>4</sub> 气体的排放量,即少耕、免耕等保护性耕作措施,具有“固碳减排”的功能。相关研究表明,免耕显著影响土壤 CH<sub>4</sub> 排放:对于翻耕稻田处理,免耕稻田土壤 CH<sub>4</sub> 平均排放通量显著降低了 27% ~ 29% ( $P < 0.05$ )。英国免耕土壤比传统耕作提高 8% 的碳含量;荷兰 19 年的综合措施(包括施用有机肥)使土壤有机质提高 0.5%;德国通过 20 年的浅耕,使农田 5 cm 土层碳大量积累,50 cm 土层有机碳比翻耕高 5 mg/hm<sup>2</sup>。国内研究表明,较常规耕作而言,稻田免耕分别能减少 CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O 排放量的 28% 和 33%。二是多熟复种。三是间混套作。四是作物轮作。研究表明,实行水旱轮作,可显著减少稻田 CH<sub>4</sub> 排放。五是复合种植。稻田养鸭能显著降低 CH<sub>4</sub> 的排放通量,尤其是稻鸭共作期间,两年平均比淹水稻田减少 25%。但稻田养鸭显著提高了 N<sub>2</sub>O 的排放量(提高 8% ~ 13%);还显著提高了 CO<sub>2</sub> 的排放量(提高 7% ~ 10%)。但总体来看,相对于常规稻作,稻田养鸭的温室气体的综合增温潜势降低了 15% ~ 21%,能有效地降低温室气体的温室效应。

#### (三) 低碳施肥养地

一是低碳施肥,如进行 CO<sub>2</sub> 施肥,少施化肥,多施有机肥,实行化肥与有机肥相结合,推行平衡施肥、测土配方施肥、精准施肥等。实践证明,硫酸盐肥料会减低 CH<sub>4</sub> 排放;减少氮肥,增加磷钾肥可减少 CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O 排放。二是生物养地,包括种

植豆科固氮、发展绿肥养地、实行秸秆还田、养殖蚯蚓改土等。研究表明,秸秆立体还田(即立秆还田),可减少 $\text{CH}_4$ 排放25%。此外,利用农业生产的“废弃物”和生活垃圾生产沼气,利用沼液、沼渣养地,其效果更佳。

#### (四)低碳栽培技术

发展低碳栽培技术,重点是实行低碳田间管理,要求在作物田间生长发育过程中,采取有利于减少温室气体排放的管理措施。研究表明,在水稻生长期,采用间歇灌溉,不仅可减少稻田水分

消耗,而且对减少温室气体排放具有明显效果。研究结果表明<sup>[17]</sup>,间歇灌溉稻田 $\text{CH}_4$ 排放量为 $20.04 \text{ g/m}^2$ ,比长期淹灌处理 $37.27 \text{ g/m}^2$ 减少了46.23%;间歇灌溉稻田 $\text{N}_2\text{O}$ 排放量为 $127.42 \text{ mg/m}^2$ ,比长期淹灌处理增加了40.52%;间歇灌溉稻田 $\text{CH}_4$ 和 $\text{N}_2\text{O}$ 温室效应的总和为 $4\,651.70 \text{ kg}(\text{CO}_2)/\text{hm}^2$ ,比长期淹灌处理减少42.36%。研究还表明,在水稻田间管理过程中,湿润、间歇灌溉比淹水稻田 $\text{CH}_4$ 排放减少26%~40%。

#### 参考文献:

- [1] Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2007: mitigation of climate change. contribution of working group III to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change Cambridge[M]. London: Cambridge University Press, 2007.
- [2] UK Energy Paper. Our energy future – creating a low carbon economy[R]. 2003.
- [3] Kok M, Vermeuleu W, Faaji A. Global warming and social innovation: The challenge of a climate – neutral society[M]. London: Earthscan, 2003.
- [4] 中国科学院可持续发展战略研究组. 2009 中国可持续发展战略报告:探索中国特色的低碳道路[M]. 北京:科学出版社, 2009.
- [5] 张坤民. 低碳世界中的中国:地位、挑战与战略[J]. 中国人口资源与环境, 2008, 18(3): 1–6.
- [6] 孙桂娟, 段晓彦, 孙祖方. 低碳经济概论[M]. 济南:山东人民出版社, 2010.
- [7] Toman M A, Jemelkova B. Energy and economic development: An assessment of the state of knowledge[J]. Energy Journal, 2003, 24(4): 93–112.
- [8] Stern D I, Cleveland C J. Energy and economic growth[J]. Rensselaer polytechnic institute working papers in economics, 2004.
- [9] Zhuang G. Role of China in global carbon market[J]. China & World Economy, 2006(5): 93–104.
- [10] 庄贵阳. 低碳经济:气候变化背景下中国的发展之路[M]. 北京:气象出版社, 2007.
- [11] 王昀. 低碳农业经济略论[J]. 中国农业信息, 2008(8): 12–15.
- [12] 程序. 生物质能与节能减排及低碳经济[J]. 中国生态农业学报, 2009, 17(2): 375–378.
- [13] 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.
- [14] 黄国勤. 推进鄱阳湖生态经济区低碳农业的发展[J]. 江西农业学报, 2010, 22(6): 178–180.
- [15] 赵其国. 我国须走生态高值农业之路[N]. 科学时报, 2010–09–06.
- [16] 唐红侠, 韩丹, 赵由才. 农林业温室气体减排与控制技术[M]. 北京:化学工业出版社, 2009.
- [17] 李成芳, 曹凑贵, 汪金平, 等. 不同耕作方式下稻田土壤 $\text{CH}_4$ 和 $\text{CO}_2$ 的排放及碳收支估算[J]. 农业环境科学学报, 2009, 28(12): 2482–2488.

(责任编辑:张前锋,英摘校译:吴伟萍)