

“十二五”国家重点图书出版规划项目

■ 中国低碳发展丛书

主编/解振华 杜祥琬

低碳农林业

DITAN NONGLINYE

林而达 郭李萍 韩 雪 李迎春 等/著

中国环境出版社

“十二五”国家重点图书出版规划项目

中国低碳发展丛书

主编/解振华 杜祥琬

低碳农林业

DITAN NONGLINYE

林而达 郭李萍 韩 雪 李迎春 等/著

中国环境出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

低碳农林业/林而达等著. —北京: 中国环境出版社, 2015.12

(中国低碳发展丛书)

ISBN 978-7-5111-2629-0

I. ①低… II. ①林… III. ①农业发展—
节能—基本知识②林业经济—经济发展—节能—
基本知识 IV. ①F303②F307.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 295124 号

出版人 王新程
责任编辑 周煜 丁莞歆
责任校对 尹芳
封面设计 彭杉

出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
010-67175507 (科技标准图书出版中心)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2015 年 12 月第 1 版
印 次 2015 年 12 月第 1 次印刷
开 本 787×960 1/16
印 张 20.5
字 数 330 千字
定 价 65.00 元

【版权所有。未经许可, 请勿翻印、转载, 违者必究。】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

《中国低碳发展丛书》编委会

主 编：解振华 杜祥琬

编 委：（按姓氏笔划排序）

丁一汇 田成川 刘功臣 齐 晔 江 亿

苏 伟 何建坤 林而达 周大地 温宗国

《低碳农林业》编委会

主 编：林而达 郭李萍

副 主 编：韩 雪 李迎春 高 霁

参编人员：（按姓氏拼音排序）

陈敏鹏 冯永祥 黄焕平 李怒云 林阅兵

刘 翀 马占云 彭正萍 王贺然 王 雯

徐玉秀 袁金鸿 朱志平

总 序

党的十八大报告提出，要“着力推进绿色发展、循环发展、低碳发展，形成节约资源和保护环境的空间格局、产业结构、生产方式、生活方式，从源头上扭转生态环境恶化的趋势，为人民创造良好生产生活环境，为全球生态安全作出贡献”。2015年5月，中央和国务院发布的《关于推进生态文明建设》的意见中，再次明确了“绿色发展、循环发展、低碳发展”的发展路径。实际上，低碳发展与绿色发展、循环发展有着本质上的相通性和工作方向上的一致性。低碳发展既是应对气候变化的战略，也是全球可持续发展的必由之路，对我国更有着紧迫的现实意义和长远的战略意义。

在我国，社会各界对“绿色发展”、“循环发展”的理解比较清晰，相对而言，对“低碳发展”的认识仍有待提高。在“低碳发展”已成全球发展大势、党和国家高度重视低碳发展的今天，有必要普及和传播有关知识，凝聚共识，强化行动，让我们的国家在这场绿色、低碳的国际比赛中力争走在世界的前列，也为人类的文明进步作出更大的贡献。

在这样的背景下，中国环境出版社策划并出版了《中国低碳发展丛书》，得到了相关政府部门和专家学者的支持和响应。

本丛书定位为高级科普丛书，读者对象是各级公务员、企业负责人、科技和教育工作者、大学生、研究生及对低碳知识感兴趣的公众，他们是我国低碳发展道路的创造者和实践者，希望这套书能对他们有所助益。



这套丛书由有关领域的著名专家、学者组成编委会并主持丛书及各分册的设计与撰写。丛书的内容包括低碳发展总论、气候变化科学知识、低碳产业、低碳交通、低碳建筑、低碳城市、低碳农林业、低碳能源、低碳发展的国际借鉴等，力求全套丛书具有科学性、系统性、新颖性、可读性。

本套丛书的问世是绿色发展、低碳发展客观需求呼唤的产物，是众多专家、学者和中国环境出版社编辑辛勤付出的结果。由于时间仓促、笔者水平有限，书中难免有各种不足和差错，诚望读者批评指正。

杜祥琬

2015年12月

序 言

森林、草地和农田是陆地生态系统的三大土地利用与覆被类型，森林和草地具有生态、经济和社会三大方面的作用，而耕地则更是人类赖以生存的宝贵资源。农林业在满足人类生产和生活需求的同时，对其不合理的利用会造成向大气中排放大量温室气体。相反地，大力发展资源节约型农业，减少对化肥农药等生产资料的依赖，改变传统的耕作方法等，可以减少温室气体的源排放，并且增强其吸收汇。

党的十八大把生态文明建设同经济建设、政治建设、文化建设、社会建设一道纳入中国特色社会主义事业“五位一体”的总布局，而低碳农林业则是实现生态文明的关键。低碳就是指在生产过程中尽量减少对化石能源的利用，尽量降低向大气中排放各种温室气体。低碳经济是以低排放、低能耗、低污染为基础的绿色经济，是应对气候变暖、确保能源安全、保护资源的必然选择。以往国内研究低碳经济主要侧重于能源和工业领域，对农林业领域的碳排放和碳汇功能关注较少。能源部门和工业生产过程的低碳活动主要体现在减少对化石能源的使用和使用清洁能源方面。农林业生产中，通过推行低碳、节能环保的生态友好的农业模式，也可以减少向大气中人为排放更多的二氧化碳、氧化亚氮以及甲烷等温室气体，特别是非二氧化碳温室气体，并且能够增加土壤碳汇及草地的甲烷吸收汇等吸收汇。



本书即从以下几方面详细介绍农林业生产活动中的低碳策略、措施及其机理：第一章介绍了气候变化与我国农林业的低碳道路；第二章介绍了低碳施肥；第三章介绍了土壤固碳；第四章介绍了低碳种稻；第五章介绍了低碳放牧与低碳养殖；第六章介绍了低碳新农村建设；第七章介绍了森林碳汇及其增汇途径；第八章介绍了低碳土地利用及规划；第九章介绍了碳交易与低碳农林业的机遇。

期望本书的内容能为高效低碳农林业及可持续发展的长远目标提出思路、策略及措施，供政府及农林业部门管理者、农业科研工作者、资源环境专业的大学生和研究生等以及农业经营活动者阅读参考。全书由郭李萍完成统稿，各章主要作者为：

绪 论：林而达（中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所）

第一章：林而达、韩雪（中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所）

第二章：李迎春（中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所）

彭正萍（河北农业大学资环学院）

第三章：郭李萍、陈敏鹏、徐玉秀（中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所）

第四章：林阅兵（中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所）

冯永详（黑龙江八一农垦大学）

第五章：朱志平、刘翀（中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所）

第六章：马占云（中国环境科学研究院）

王贺然（辽宁省气象科学研究所）

黄焕平（中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所）

第七章：李怒云（国家林业局气候办、中国绿色碳汇基金会）

袁金鸿（中国绿色碳汇基金会）

第八章：高霖（中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所）；

第九章：王雯（中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所、巴黎第九大学气候经济研究所）

本书写作团队的成员都是相关领域的一线研究人员，书中的很多研究内容为“十二五”国家科技支撑计划课题“旱地生态系统固碳减排技术集成与示范”（课题编号：2013BAD11B03）的研究成果，在此向国家科学技术部农村科技司对该课题的资助表示感谢。

编 者

2015 年 12 月

目 录

绪 论	1
第一章 气候变化与我国农林业的低碳道路	6
第一节 气候变化与粮食安全	6
一、气候变化的事实	6
二、气候变化对粮食生产的影响	7
三、农业适应气候变化的策略	10
第二节 发展低碳农林业的紧迫需求	12
一、气候、资源的约束	12
二、我国自身发展的需求	12
三、国际低碳农林业发展的趋势	13
第三节 低碳农业在农业现代化中的作用	13
一、低碳农业的概念	13
二、完善国家粮食安全保障体系	14
三、建立农业可持续发展长效机制	15
四、城乡发展一体化的新农村建设	16
第二章 低碳施肥	18
第一节 施肥与低碳的关系	18
一、施肥与高产	18
二、施肥与环境	19
三、施肥与低碳	22



第二节 我国农业施肥现状.....	23
一、盲目过量施肥,化肥利用率低.....	23
二、区域施肥不均衡.....	24
三、肥料结构不合理.....	26
四、施肥技术落后.....	28
第三节 低碳施肥策略.....	29
一、优化施肥量.....	29
二、采用合理的推荐施肥技术.....	30
三、推广缓控释肥.....	34
四、增施氮肥增效剂.....	37
第四节 低碳施肥案例.....	39
一、研究背景.....	39
二、监测点基本情况.....	40
三、不同氮肥管理措施对麦田氧化亚氮总排放量和排放系数的影响.....	42
四、不同氮肥管理措施对小麦产量及氮素吸收的影响.....	43
五、案例结果.....	44
第三章 土壤固碳.....	45
第一节 土壤固碳的概念.....	45
一、大气二氧化碳源汇及土壤碳与大气碳的交换.....	45
二、农业固碳与粮食安全的关系.....	49
三、我国陆地生态系统土壤固碳现状.....	50
第二节 保护性耕作与土壤固碳.....	53
一、保护性耕作固碳的原因及效果.....	53
二、保护性耕作的其他效应.....	58
三、保护性耕作技术的区域特征.....	58
第三节 增施有机肥与土壤固碳.....	62
一、有机肥固碳的原因.....	62
二、有机肥的固碳效果.....	65
三、有机农业与低碳农业的关系.....	66

第四节 秸秆还田与土壤固碳.....	68
一、秸秆还田固碳的原因.....	68
二、秸秆还田的固碳效果.....	70
三、秸秆还田固碳的关键技术环节.....	72
第五节 新型固碳技术——土壤调理剂与生物黑炭.....	75
一、土壤调理剂的原理及固碳效果.....	75
二、生物黑炭及其固碳效果.....	78
第六节 土壤固碳案例.....	82
第四章 低碳种稻.....	84
第一节 水稻生产与碳排放的关系.....	84
第二节 水稻生产中的甲烷产生与排放机理.....	85
一、稻田甲烷的产生.....	85
二、稻田甲烷的氧化.....	86
三、稻田甲烷的传输及排放形式.....	86
第三节 稻田甲烷排放规律及其影响因素.....	89
一、水分.....	90
二、土壤母质及质地.....	92
三、土壤有机质含量.....	93
四、土壤温度.....	93
五、水稻品种.....	94
六、施肥.....	94
七、耕作方式.....	94
第四节 水稻生产中的氧化亚氮排放及减排策略.....	95
一、稻田氧化亚氮排放特征及减排策略.....	95
二、水旱轮作淹水稻田氧化亚氮减排策略.....	98
第五节 稻田甲烷减排策略.....	100
一、采取合适的灌溉策略.....	100
二、合理晒田减排甲烷.....	101
三、冬水田排水减排甲烷.....	102



四、选择低甲烷排放的水稻品种	104
五、选择合理的水稻轮作方式	105
第六节 有机物料合理还田与稻田甲烷减排及土壤碳汇的关系	106
一、腐熟有机肥施用与稻田甲烷减排	107
二、秸秆还田与甲烷减排的关系	108
第七节 稻田甲烷减排案例	109
第五章 低碳放牧与低碳养殖	110
第一节 低碳放牧与固碳	110
一、我国草地资源及固碳概况	110
二、低碳放牧与草地固碳	111
第二节 低碳养殖技术：反刍动物肠道发酵的甲烷排放及减排技术	113
一、动物肠道发酵甲烷排放减排原理	113
二、动物肠道甲烷减排的营养调控措施	115
三、粗饲料青贮氨化处理	117
四、瘤胃微生物调控	120
第三节 动物粪便管理的碳排放和减排技术	124
一、动物养殖固体废弃物处理技术及温室气体排放	125
二、养殖污水处理技术及温室气体排放	130
第四节 低碳养殖案例	134
一、动物肠道发酵减排技术案例：改变日粮结构对肠道发酵甲烷的影响	134
二、畜禽粪便沼气处理与减排案例：德青源鸡粪厌氧发酵沼气热电联供工程	138
第六章 低碳新农村建设	142
第一节 低碳新农村发展思路及原则	142
一、低碳新农村发展的内涵	142
二、低碳新农村发展的目标和原则	144
第二节 农业生产中的能源低碳化	149
一、我国农业生产中的能源使用概况	149

二、种植业生产中的能源排放及低碳策略	155
第三节 新农村建设的废弃物低碳处理	157
一、农业固体废弃物的低碳化处理	158
二、农村固体废弃物的低碳化处理	164
三、农村生活污水的低碳化处理	170
第四节 低碳新农村建设案例	172
第七章 森林碳汇及其增汇途径	176
第一节 森林碳汇及其作用	176
一、森林生态系统生产力的主要概念	177
二、森林生态系统的碳库量	179
三、森林生长的碳吸收量	181
四、毁林引起的碳排放量	183
五、我国森林碳汇的作用	185
第二节 增加森林碳汇的策略和途径	187
一、森林增汇的途径	187
二、我国森林增汇的实践	191
三、我国森林增汇减排的目标	195
第三节 森林碳汇项目案例	196
一、黑龙江省伊春市汤旺河林业局 2012 年森林经营增汇减排 项目（试点）	196
二、广东长隆碳汇造林项目	197
第八章 低碳土地利用及规划	199
第一节 土地利用类型及其划分	199
一、土地利用类型及其碳吸收/排放特征	200
二、气候变化与耕地中作物的种植结构调整	207
第二节 我国的土地利用变化及其碳排放强度	213
一、土地利用变化的碳排放机理	213
二、我国的退耕还林还草政策及其效果	224



第三节 未来土地利用变化的挑战：高效低碳原则及其紧迫性	226
一、总体原则	226
二、加强中低产田改造和治理	227
三、发展新型节约土地型农林业模式	229
四、完善低碳土地利用保障机制	232
第四节 低碳土地利用案例	232
一、云南概况	233
二、实施过程	233
三、政策和技术措施	234
四、成果效益	235
五、碳汇潜力	235
六、经验总结	236
第九章 碳交易与低碳农林业的机遇	237
第一节 中国配额碳市场发展的现状	239
一、中国碳市场发展	239
二、强制减排碳市场：农业难有一席之地	245
三、农林业进入碳市场的优势：协同效益	247
第二节 项目抵消机制：农业定价之路	250
一、中国碳市场关于抵消机制的规则	250
二、国际农业碳抵消项目发展的经验	252
三、农业碳抵消项目发展的挑战	256
第三节 中国农业碳市场的准备	259
一、简单准确的计量	259
二、项目集合的重要性	260
三、管理碳汇项目的可逆转风险	263
第四节 低碳农林业的机遇：减缓与适应	263
参考文献	265

绪 论

2014 年新年伊始,中共中央国务院发布了《关于全面深化农村改革 加快推进农业现代化的若干意见》,提出了完善国家粮食安全保障体系、建立农业可持续发展长效机制等八项任务。本书即是在此基础上将农林业方面有关低碳发展的理念、思路及具体实施措施和技术进行了整理和汇总,为可持续发展和低碳农林业提供理论和技术支持。

在 2014 年年底,农业部首次提出了未来五年实现化肥用量零增长的目标。2015 年年初,为配合藏粮于地、藏粮于技及整体生态环境的改善,农业部制定并发布了《化肥使用量零增长行动方案》。《方案》一经提出,社会各界广泛响应:化肥零增长行动开局、肥料电商试水、环保新型肥料产业落地、产业链整合等诸多与低碳农林业发展的思路更加清晰。本书的内容体现了低碳农林业的各个方面,如土壤固碳、化肥合理施用、新型肥料及土地利用规划和碳市场等;由于农业生产还受到气候变化等不利因素的影响,这些低碳农业的理念与技术也将对农业适应气候变化有一定指导。本书是体现化肥零增长行动及农业适应气候变化、农林业部门减缓气候变化的一本兼具理论指导和技术支持的书籍。

气候变化和大气污染依然是我国农业面临的两项严峻挑战。科学研究表明,近百年来全球气候正在发生以变暖为主要特征的显著变化,我国是最易受气候变化不利影响的国家之一。近百年我国陆地地表平均温度上升了 0.91°C ,高于同期全球增温幅度。气候变化导致我国区域性高温事件、气象干旱事件、强降水以及海洋灾害等极端事件出现频次趋多,每年因气象灾害造成的经济损失在 2 000 亿~3 000 亿元,占 GDP 的 1%~3%。粮食减产(或少增产) 300 亿~600 亿 kg/a,占总产的 5%~10%,气候变化已经影响到我国粮食安全、环境安全和人民生命财