

现代农业科学精品文库
中国农业科学院科技创新工程资助出版

中国土壤肥力演变

第二版

徐明岗 张文菊 黄绍敏 等 / 著

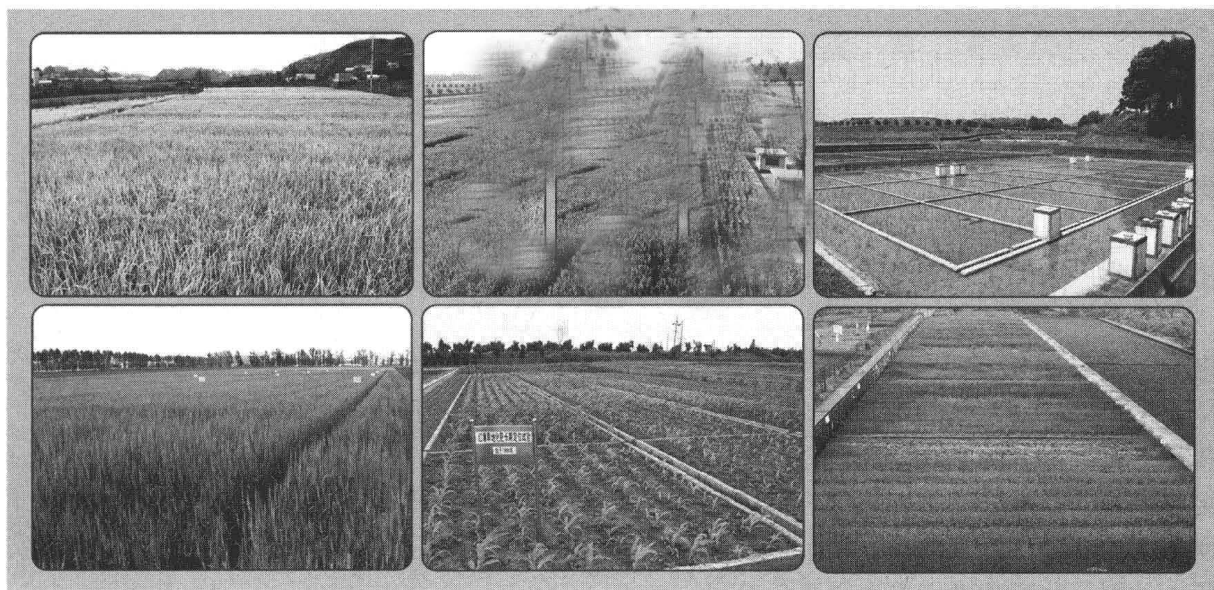


现代农业科学精品文库
中国农业科学院科技创新工程资助出版

中国土壤肥力演变

第二版

徐明岗 张文菊 黄绍敏 等 / 著



中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

中国土壤肥力演变 / 徐明岗等著. —2 版. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2015. 10

ISBN 978-7-5116-2132-0

I. ①中… II. ①徐… III. ①土壤肥力—演变—中国
IV. ①S158

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 127296 号

责任编辑 史咏竹 李 雪

责任校对 贾海霞

出版发行 中国农业科学技术出版社
北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010) 82105169 (编辑室)
(010) 82109702 (发行部) 82109709 (读者服务部)

传 真 (010) 82109707

经 销 者 各地新华书店

网 址 <http://www.castp.cn>

印 刷 北京富泰印刷有限责任公司

开 本 787mm × 1 092mm 1/16

印 张 71.25

字 数 1 650 千字

版 次 2015 年 10 月第二版 2015 年 10 月第二次印刷

定 价 295.00 元

《中国土壤肥力演变 (第二版)》

著者名单

主 著 徐明岗 张文菊 黄绍敏
副主著 杨学云 卢昌艾 何亚婷 韩晓增 张淑香 车宗贤
刘 骅 石孝均 陈 义 朱 平 聂 军 黄庆海
蒋大明 周宝库 段英华

著 者 (以姓氏拼音为序)

包兴国	蔡典雄	曹彩云	车宗贤	陈安磊	陈春兰	陈 琨
陈晓光	陈云峰	崔喜安	党红凯	段英华	俄胜哲	樊红柱
樊廷录	冯文强	高洪军	高菊生	高 伟	高中超	顾朝令
关春林	郭斗斗	郭 丽	郭 涛	郭志彬	韩宝文	韩晓日
韩晓增	郝小雨	何亚婷	侯红乾	胡 诚	胡惠文	花可可
黄 晶	黄欠如	黄庆海	黄绍敏	黄 涛	冀建华	贾良良
姜小凤	姜 宇	蒋大明	解丽娟	解文艳	李大明	李冬初
李洪民	李 慧	李菊芳	李科江	李 娜	李清华	李瑞平
李双来	李 渝	李忠芳	李祖章	廖育林	林 诚	林英华
林治安	刘东海	刘光荣	刘 骅	刘孟朝	刘树堂	刘武仁
刘显元	刘晓莉	刘秀梅	刘学成	刘益仁	柳开楼	卢秉林
卢昌艾	鲁艳红	罗龙皂	罗 洋	罗照霞	吕军杰	马俊永

马星竹 米 刚 聂 军 彭 畅 乔 艳 钦绳武 秦鱼生
邱珊莲 任顺荣 沈明星 施林林 石孝均 史新敏 宋祥云
孙本华 孙 楠 孙锡发 汤 利 唐忠厚 田茂芝 涂仕华
汪吉东 汪凯华 王 斌 王伯仁 王道中 王 飞 王福全
王劲松 王淑英 王 婷 王西和 王 月 魏 猛 温延臣
吴会军 吴启华 武雪萍 肖厚军 谢 坚 信秀丽 邢素丽
徐明岗 徐小林 杨曾平 杨劲峰 杨 军 杨军芳 杨文玉
杨新强 杨学云 杨振兴 杨志奇 姚宇卿 叶会财 余喜初
袁金华 袁 亮 展晓莹 张爱君 张会民 张建军 张久东
张 丽 张 璐 张淑香 张树兰 张水清 张文菊 张喜林
张秀芝 张雅蓉 张永春 张永会 张跃强 赵会玉 郑春莲
郑洪兵 郑金玉 周宝库 周怀平 周世伟 周 鑫 朱安宁
朱 平 邹文秀

前 言

土壤是生态系统的重要组成部分，土壤质量好坏对生态系统质量、人类生命健康和整个社会的稳定与发展，都具有战略性意义。土壤肥力是土壤的本质特性，是农业生产的基础。土壤肥力变化除受到自然因素影响外，更取决于人类的利用与保护。与国外发达国家不同，中国巨大的人口压力和有限的土地资源，导致中国农田集约化程度高，在长期的利用过程中，虽然在一些地方维持了肥力的长久不衰，有的地方还培育了一些高肥力的土壤，但许多地方的土壤肥力仍因产投不平衡、利用方式不当或利用中保护不够而逐步衰竭，一些利用不当的地方则产生了严重的破坏。

特别是改革开放 30 多年来，受经营制度、种植模式、施肥方式和管理水平等多重因素的影响，中国农田土壤肥力区域性问题的突出，成为影响当前农业生产和制约农业可持续发展的重要因素。突出表现为如下几个方面。

第一，东北地区黑土有机质含量明显下降。目前，东北地区黑土有机质平均含量在 40.0g/kg 以下，远低于黑土开发初期含量水平（80~100g/kg），与第二次土壤普查时比，有机质含量下降了 35% 左右；部分区域黑土腐殖层明显变薄，甚至出现“破黄”现象。

第二，华南、华东地区土壤酸化日益加重。据统计，南方 14 个省（区、市）土壤 pH 值小于 6.5 的比例由 30 年前的 52% 扩大到 65%，小于 5.5 的由 20% 扩大到 40%，小于 4.5 的由 1% 扩大到 4%。酸化最严重的有广东、广西壮族自治区、四川等省区，pH 值小于 4.5 的耕地土壤比例分别为 13%、7% 和 4%。华东地区土壤 pH 值平均为 5.9，较第二次土壤普查时下降 0.3 个单位，太湖流域典型水稻土 pH 值下降 1.2 个单位。

第三，华北地区土壤耕层变浅。目前，华北小麦—玉米主产区土壤耕层厚度平均为 15~19.0cm，较适宜的小麦、玉米生长最低耕层深度少 3~5cm；5~10cm 深度土壤容重平均为 1.38g/cm³，较适宜土壤容重高 15.0% 左右。

第四，西北地区土壤次生盐渍化问题突出。西北地区农用地盐渍化面积 3 亿亩（1 亩≈667 平方米，余同），约占全国盐渍化面积的 60%。其中，因灌溉方式不当导致耕地土壤次生盐渍化面积 2 100 万亩，占全国次生盐渍化面积的 70%。

可见，由于不合理的开发利用，导致中国大量农田土壤肥力和生产力退化，直接威胁着中国粮食安全和农业可持续发展，也成为农业增产、农民增收和农业生态环境改善的瓶颈。在探讨中国经济发展新形势下，土壤肥力的演变规律及其持续利用，已成为党中央、国务院和广大科技工作者十分关注的热点。李克强总理要求“通过实施

深松耕地、秸秆还田、施用有机肥等措施，恢复并提升地力”；2015年中共中央一号文件头条提出“加强耕地质量保护与提升”。而土壤肥力的演变，是一个相对缓慢的过程，只有通过长期定位试验才能很好地观测到土壤肥力的演变规律，探索适合不同生态气候带的土壤施肥耕作制度。

因此，20世纪80年代以来，中国科研院所和农业大专院校陆续在不同农业生态区建立了一批农田土壤肥料长期试验。本书是这些长期试验资料的系统总结和最新成果。

2006年出版的《中国土壤肥力演变》（第一版），系统论述了分布于中国东北、西北、黄淮海、长江中下游、华南和西南等农业区域典型农田土壤18个长期试验不同施肥耕种制度下，近20年来土壤物理与生物性状演化规律、氮磷钾养分循环与转化规律、土壤pH值和微量元素的变化规律、作物产量和品质变化规律等。而《中国土壤肥力演变（第二版）》系统论述了分布于中国不同生态区域的42个农田长期肥料试验，近30年的土壤肥力要素（有机质、氮、磷、钾、pH值、容重等）的演变规律、作物产量变化规律及其肥料效应，土壤养分平衡、土壤生物性状变化及其基于土壤肥力变化的培肥技术模式。无论从深度、广度和时间尺度上，都比第一版有了长足发展。

本书是集体智慧的结晶。参加本书编写的土壤肥料长期试验相关人员近200人。本书是在各长期试验基地总结的基础上，反复修改和凝炼而成。全书由徐明岗、张文菊、黄绍敏、杨学云、卢昌艾、何亚婷、张淑香、韩晓增、陈义、车宗贤、刘骅、石孝均、朱平、聂军、黄庆海、蒋太明、周宝库、段英华、张会民、樊廷录等审核修改，最后由徐明岗审核定稿。

本书在编写过程中，得到许多专家的指导和支持，尤其是进行土壤肥料长期试验的老专家林葆研究员、李家康研究员、黄鸿翔研究员、张夫道研究员、陈子明研究员、陈福兴研究员、毛炳衡教授、孙宏德研究员、金继运研究员、张维理研究员等的大力支持与鼓励；张成娥研究员审阅了全部书稿，在此表示衷心感谢。本书的出版还要感谢农业行业科技项目（201203030）“粮食主产区土壤肥力演变与培肥技术研究示范”及中华人民共和国农业部科技教育司刘燕副司长、张国良处长、张少华处长、张文处长、郑戈处长、魏楷副处长等的长期支持。感谢中国农业科学院创新工程项目及土壤培肥与改良团队全体成员的大力支持！感谢中国农业科学院农业资源与农业区划研究所领导王道龙、陈金强等的支持。

本书出版之际，恰恰是国际土壤年（International Year of Soils），“健康土壤带来健康的生活”。本书是对国际土壤年的一份献礼。由此再次显示，中国农田土壤长期试验及土壤肥力提升技术需求迫切、意义重大而深远。

由于著者水平有限，不妥之处，敬请批评指正！

著者
2015年7月6日

目 录

第一章 概 论	1
一、中国土壤肥力长期试验网络概况	1
二、长期施肥农田土壤有机质演变规律	4
三、长期施肥下中国农田作物产量变化特征	6
参考文献	9
第二章 长期施肥暗棕壤肥力演变规律与培肥技术	11
一、暗棕壤长期试验概况	11
二、长期施肥暗棕壤有机质和氮、磷、钾的演变规律	12
三、长期施肥暗棕壤 pH 值的变化	16
四、长期施肥暗棕壤微生物特征	16
五、作物产量对长期施肥的响应	19
六、长期施肥暗棕壤农田肥料回收率的变化	20
七、基于土壤肥力演变的秸秆还田与化肥配合施用技术	21
八、主要结论与研究展望	22
参考文献	23
第三章 长期养分循环模式下的典型黑土肥力演变	24
一、黑土养分循环长期试验概况	25
二、长期养分循环模式下黑土有机质和氮、磷、钾的演变规律	28
三、长期养分循环模式下黑土理化性质的变化特征	43
四、长期养分循环模式下黑土微生物和酶活性的变化特征	45
五、不同养分利用模式下黑土养分循环再利用特征	49
六、主要结论与展望	62
参考文献	64
第四章 长期施肥厚层黑土肥力演变和培肥技术	67
一、厚层黑土长期试验概况	67
二、长期施肥厚层黑土有机质和氮、磷、钾的演变规律	70
三、长期施肥厚层黑土 pH 值的变化	83
四、长期施肥厚层黑土的微生物特性和酶活性	84
五、长期施肥对厚层黑土土壤线虫群落的影响	89
六、作物产量对长期施肥的响应	91
七、基于土壤肥力演变的主要培肥技术	96
八、主要结论与研究展望	98
参考文献	99

第五章 长期施肥中层黑土肥力演变和培肥技术	101
一、中层黑土长期试验概况	101
二、长期不同施肥黑土有机质、氮、磷、钾和 pH 值的演变规律	103
三、长期不同施肥玉米产量的演变规律及肥料效应	115
四、依托长期试验及长期试验结果提出的土壤培肥技术模式	116
五、主要结论与研究展望	117
参考文献	118
第六章 有机无机肥配施条件下中层黑土肥力演变与产量效应	120
一、有机无机肥配施长期试验概况	120
二、长期有机无机肥配施黑土有机碳和氮、磷、钾的演变规律	121
三、长期有机无机肥配施黑土容重和 pH 值的演变规律	130
四、作物产量对长期有机无机肥配施的响应	132
五、作物产量与土壤肥力的关系	135
六、长期有机无机肥配施下的养分利用效率	137
七、基于土壤肥力演变培肥技术模式	142
八、主要结论与研究展望	143
参考文献	143
第七章 不同耕作方式下的中层黑土肥力演变	146
一、黑土长期耕作试验概况	146
二、长期免耕与翻耕条件下黑土肥力演变和玉米产量的变化	147
三、长期条带深松少耕与灭茬打垄条件下黑土肥力演变和玉米产量的变化	152
四、基于长期定位试验的土壤耕作技术模式	157
五、主要结论与展望	158
参考文献	159
第八章 长期施肥棕壤肥力演变与培肥技术	160
一、棕壤长期试验概况	160
二、长期施肥棕壤有机碳和氮、磷、钾的演变规律	161
三、长期不同施肥棕壤 pH 值、CEC 值、容重及生物活性的变化	175
四、长期不同施肥棕壤中量元素含量的演变规律	179
五、作物产量对长期施肥的响应	181
六、基于土壤肥力演变的主要培肥技术	187
七、主要结论	188
参考文献	189
第九章 长期施肥均壤质褐潮土肥力演变	191
一、均壤质褐潮土长期施肥试验概况	191
二、长期施肥褐潮土有机质和氮、磷、钾的演变规律	192
三、长期施肥条件下作物产量的变化规律	197
四、长期不同施肥条件下的肥料回收率	200
五、长期不同施肥条件下褐潮土的养分表观平衡	203
六、主要结论	205

参考文献	206
第十章 长期施肥重壤质潮土肥力演变与培肥技术	207
一、重壤质潮土长期定位试验概况	207
二、长期施肥重壤质潮土有机质和氮、磷、钾的演变规律	208
三、长期施肥重壤质潮土理化性质的变化特征	213
四、长期施肥重壤质潮土微生物和酶活性的变化	215
五、作物产量对长期施肥的响应	218
六、长期施肥重壤质潮土农田肥料回收率	222
七、基于土壤肥力演变的重壤质潮土有机质快速提升技术	224
八、主要结论与展望	225
参考文献	225
第十一章 长期施肥褐土肥力演变与培肥技术	227
一、褐土肥力和肥料效益长期试验概况	227
二、长期不同施肥褐土有机质和氮、磷的演变规律	228
三、长期不同施肥褐土 pH 值的变化	236
四、长期不同施肥褐土微生物量碳、氮含量及酶活性	236
五、长期不同施肥土壤水分贮量的变化及其作物利用	238
六、长期不同施肥作物的养分利用及产量变化	242
七、基于土壤肥力演变的培肥技术模式	245
八、主要结论与研究展望	246
参考文献	248
第十二章 长期玉米秸秆还田褐土的肥力演变	249
一、秸秆还田长期试验概况	249
二、不同秸秆还田方式褐土有机质和氮、磷的演变规律	250
三、不同秸秆还田方式褐土 pH 值的变化	259
四、不同秸秆还田下褐土土壤微生物碳氮含量及酶活性变化	260
五、不同秸秆还田方式褐土水分及利用率的变化	261
六、不同秸秆还田方式作物的养分利用及产量变化	263
七、主要结论与研究展望	267
参考文献	268
第十三章 长期施用钾肥壤质潮土肥力演变和作物产量的响应	270
一、潮土钾肥长期试验概况	270
二、长期施用钾肥潮土有机质和氮、磷、钾的演变规律	271
三、长期施用钾肥潮土 pH 值的变化	277
四、作物产量对长期施钾肥的响应与土壤的钾素平衡	277
五、主要结论与展望	284
参考文献	285
第十四章 长期施肥平原潮土肥力演变和作物产量的响应	287
一、平原潮土肥力长期试验概况	287
二、长期施肥平原潮土有机质和氮、磷、钾的演变规律	288

三、作物产量对长期施肥的响应	300
四、长期施肥农田生态系统养分循环与平衡	307
五、主要结论与研究展望	315
参考文献	318
第十五章 长期施肥轻壤质潮土肥力演变特征	320
一、轻壤质潮土长期定位试验概况	320
二、长期施肥潮土有机质和氮、磷、钾的演变规律	321
三、长期施肥潮土其他理化性质的变化	324
四、长期不同施肥作物产量的变化规律	325
五、主要结论	326
参考文献	327
第十六章 长期施肥非石灰性潮土肥力演变与培肥技术	329
一、非石灰性潮土长期试验概况	329
二、长期施肥非石灰性潮土有机质和氮、磷、钾的演变规律	330
三、长期施肥非石灰性潮土容重、阳离子交换量和 pH 值的变化规律	337
四、基于土壤肥力演变的非石灰性潮土有机质快速提升技术	340
五、主要结论与展望	340
参考文献	342
第十七章 长期不同耕作条件下黄绵土肥力的演变规律	343
一、黄绵土长期耕作定位试验概况	343
二、长期耕作黄绵土有机质和氮、磷、钾的演变规律	345
三、作物产量对长期耕作的响应	349
四、试验点气象因素的演变规律	352
五、土壤水分的演变规律	353
六、主要结论	357
参考文献	358
第十八章 长期施肥黄潮土肥力演变与培肥技术	361
一、黄潮土长期试验概况	361
二、长期施肥条件下黄潮土有机质和氮、磷、钾的演变规律	363
三、长期施肥对黄潮土理化性质的影响	378
四、长期施肥黄潮土养分平衡状况	383
五、基于黄潮土肥力演变和持续提升的培肥技术模式	402
六、主要结论与研究展望	405
参考文献	407
第十九章 长期施肥冲积物潮土肥力演变与培肥技术	408
一、河南封丘潮土(冲积物潮土)长期试验概况	408
二、长期施肥冲积物潮土有机质和氮、磷、钾的演变规律	409
三、长期施肥冲积物潮土生物活性及多样性的变化	415
四、长期施肥冲积物潮土农田生态系统的养分循环与平衡	423
五、基于土壤肥力演变的潮土主要培肥技术模式	430

六、主要结论与研究展望	431
参考文献	432
第二十章 长期施肥下瘠土肥力演变和培肥技术	434
一、瘠土长期试验概况	435
二、长期施肥下瘠土有机质和氮、磷、钾的演变规律	436
三、长期施肥下瘠土理化性质的变化特征	443
四、长期施肥对瘠土微生物和酶活性的影响	445
五、作物产量对长期施肥的响应	447
六、长期施肥下农田生态系统养分循环与平衡	452
七、基于土壤肥力演变的主要培肥技术模式	465
八、主要结论与研究展望	467
参考文献	470
第二十一章 长期施肥下黄土旱塬黑垆土肥力与作物产量变化特征	474
一、黑垆土定位试验基本情况	475
二、黑垆土中不同施肥的作物产量变化及对长期施肥的响应	478
三、长期施肥下旱塬黑垆土有机碳的演变规律	480
四、长期施肥下旱塬黑垆土氮、磷、钾的变化特征	491
五、长期施肥下旱地农田系统养分循环与平衡	497
六、基于土壤肥力演变的主要培肥技术模式	500
七、主要结论与研究展望	501
参考文献	504
第二十二章 长期施肥黄绵土肥力演变和培肥技术	506
一、黄绵土长期试验概况	506
二、长期施肥黄绵土有机质和氮、磷、钾的演变规律	507
三、长期施肥黄绵土容重和 pH 值的变化	521
四、长期施肥黄绵土微量元素的变化	522
五、长期施肥黄绵土微生物量碳、氮和酶活性的变化	524
六、作物产量对长期施肥的响应	526
七、长期施肥黄绵土肥料回收率的变化	529
八、主要结论与研究展望	532
参考文献	533
第二十三章 长期施肥灌漠土肥力演变和培肥技术模式	535
一、长期试验概况	535
二、长期施肥条件下灌漠土有机质和氮、磷、钾的演变规律	536
三、长期施肥条件下灌漠土理化性质的变化	548
四、作物产量对长期施肥的响应	550
五、长期施肥条件下农田生态系统养分循环与平衡	551
六、基于土壤肥力演变的主要培肥技术模式	559
七、主要结论与研究展望	560
参考文献	562

第二十四章 长期施肥下灰漠土肥力演变与培肥技术模式	563
一、新疆灰漠土长期试验概况	563
二、长期施肥下灰漠土有机质和氮、磷、钾的演变规律	567
三、长期施肥灰漠土理化性质—容重的变化	590
四、长期施肥灰漠土生物群落结构和酶活性的变化	592
五、长期施肥作物产量对长期施肥的响应	596
六、长期施肥下农田生态系统养分循环与平衡	601
七、基于灰漠土肥力演变的培肥技术模式	609
八、主要结论与研究展望	611
参考文献	612
第二十五章 长期施肥砂壤质潮土肥力演变和培肥技术	615
一、长期试验概况	615
二、长期施肥下砂壤质潮土有机质和氮、磷、钾的演变规律	616
三、长期施肥对砂壤质潮土理化性质的影响	623
四、长期施肥砂壤质潮土微生物和酶活性的变化	624
五、作物产量对长期施肥的响应	627
六、长期施肥下农田生态系统养分循环与平衡	639
七、基于土壤肥力演变的主要培肥技术模式	645
八、主要研究结论与研究展望	647
参考文献	648
第二十六章 长期施肥砂姜黑土肥力演变与培肥技术	650
一、砂姜黑土长期试验概况	650
二、长期施肥砂姜黑土有机质和氮、磷、钾的演变规律	651
三、长期施肥砂姜黑土容重和 pH 值的变化规律	668
四、作物产量对长期施肥的响应	669
五、基于土壤肥力演变的主要培肥技术模式	672
六、主要结论与研究展望	674
参考文献	676
第二十七章 长期施肥玉米连作下红壤旱地土壤肥力演变和培肥技术	677
一、江西玉米连作红壤旱地长期试验概况	677
二、长期施肥玉米连作红壤旱地土壤有机质和氮、磷、钾的演变规律	678
三、长期施肥玉米连作红壤其他理化性质的变化	689
四、长期施肥玉米连作红壤旱地土壤微生物和酶活性特征	691
五、作物产量对长期施肥的响应	693
六、长期施肥红壤旱地肥料回收率的变化特征	698
七、主要结论与研究展望	699
参考文献	701
第二十八章 长期施肥小麦—玉米轮作下红壤旱地肥力演变和作物产量的响应	703
一、红壤旱地长期定位试验概况	703

二、长期施肥下红壤有机质和氮、磷、钾的演变规律	705
三、长期施肥下红壤其他理化性质的演变特征	721
四、长期施肥下红壤微生物生物量 C、N 的变化	724
五、作物产量对长期施肥的响应	725
六、长期施肥下农田生态系统养分循环与平衡	731
七、基于土壤肥力演变的培肥技术模式	742
八、主要结论与研究展望	746
参考文献	747
第二十九章 长期施肥黄壤肥力演变规律与培肥技术	752
一、黄壤肥力长期试验概况	752
二、长期施肥黄壤有机质和氮、磷、钾的演变规律	753
三、长期施肥黄壤其他理化性质的变化	760
四、作物产量对长期施肥的响应	761
五、长期施肥条件下农田生态系统养分循环与平衡	763
六、基于土壤肥力演变的主要培肥技术模式	770
七、主要结论与研究展望	771
参考文献	772
第三十章 长期施肥山原红壤肥力演变与培肥技术	773
一、山原红壤长期试验概况	773
二、长期施肥山原红壤有机质和氮、磷、钾的演变规律	774
三、作物产量对长期施肥的响应	781
四、长期施肥对玉米品质变化的影响	783
五、讨 论	784
六、结论与展望	785
参考文献	786
第三十一章 长期施肥钙质紫色土肥力演变和培肥技术	788
一、钙质紫色土肥力演变长期试验概况	788
二、长期施肥下钙质紫色土有机质和氮、磷、钾的演变规律	789
三、长期施肥下钙质紫色土其他理化性质的变化特征	801
四、长期施肥下钙质紫色土微生物和酶活性的变化	805
五、作物产量对长期不同施肥的响应	808
六、长期不同施肥下农田生态系统的养分循环与平衡	809
七、基于土壤肥力演变的主要培肥技术模式	811
八、主要结论与研究展望	811
参考文献	813
第三十二章 长期施肥中性紫色土肥力演变和培肥技术	816
一、中性紫色土肥力与肥效长期试验概况	816
二、长期施肥下中性紫色土有机质和氮、磷、钾的演变规律	817
三、长期施肥下中性紫色土其他理化性质的演变规律	825
四、作物产量对长期施肥的响应	828

五、长期施肥下农田生态系统养分循环与平衡	832
六、基于土壤肥力演变的紫色土培肥技术模式	840
七、主要结论与研究展望	841
参考文献	842
第三十三章 长期施肥黄壤性水稻土肥力演变与培肥技术	845
一、黄壤性水稻土长期试验概况	845
二、长期施肥黄壤性水稻土有机质和氮、磷、钾的演变规律	846
三、长期施肥对黄壤性水稻土理化性质的影响	851
四、作物产量对长期施肥的响应	852
五、长期施肥农田生态系统养分循环与平衡	854
六、主要结论	858
参考文献	858
第三十四章 长期施肥下黄棕壤性水稻土肥力演变和培肥技术	860
一、黄棕壤性水稻土肥力演变长期试验概况	860
二、长期不同施肥条件下黄棕壤性水稻土土壤有机质、氮、磷、钾的演变规律	861
三、长期不同施肥条件下黄棕壤性水稻土土壤理化性质的演变规律	869
四、作物产量对长期施肥的响应	873
五、长期施肥条件下农田生态系统养分循环与平衡	879
六、基于土壤肥力演变的主要培肥技术模式	889
七、主要结论与研究展望	890
参考文献	891
第三十五章 养分循环利用模式下红壤稻田的肥力演变	893
一、红壤稻田养分循环利用模式长期试验概况	893
二、养分循环利用模式下红壤稻田有机质和氮、磷的演变规律	894
三、养分循环利用模式下红壤稻田土壤其他理化性状的变化特征	899
四、养分循环利用模式下红壤稻田微生物多样性分析	902
五、作物产量对养分循环利用模式的长期响应	908
六、长期养分循环利用模式下农田生态系统养分循环与平衡	912
七、主要结论	913
参考文献	914
第三十六章 长期施肥冲垅田水稻土肥力演变和培肥技术	915
一、冲垅田红壤性水稻土肥力演变长期试验概况	915
二、长期施肥下冲垅田红壤性水稻土有机质和氮、磷、钾的演变规律	916
三、长期施肥下冲垅田红壤性水稻土理化性质的变化	931
四、长期不同施肥下土壤微生物活性和酶活性的变化	935
五、冲垅田红壤性水稻土上作物产量对长期施肥的响应	940
六、长期施肥下农田生态系统养分循环与平衡	949
七、长期不同施肥对冲垅田土壤质量的影响	953
八、基于土壤肥力演变的主要培肥技术模式稻草高效利用技术与模式	955

九、主要结论与研究展望	957
参考文献	961
第三十七章 长期施用有机无机肥红壤性水稻土肥力演变规律	965
一、红壤性水稻土有机无机肥长期试验概况	965
二、红壤性水稻土有机质和氮、磷、钾的演变规律	966
三、红壤性水稻土理化特性和微量元素的演变规律	973
四、作物产量对长期施肥的响应	975
五、主要结论与研究展望	977
参考文献	979
第三十八章 长期施肥灰潮土肥力演变和作物产量的响应	980
一、灰潮土肥料长期试验概况	980
二、长期施肥灰潮土有机质和磷、钾的演变规律	981
三、长期施肥灰潮土重金属含量的变化特征	983
四、长期施肥灰潮土生产力的差异	983
五、长期施肥不同作物的养分吸收特征	986
六、长期施磷、钾肥及有机肥的产量效应	987
七、不同作物氮、磷、钾肥的利用率	989
八、灰潮土培肥技术模式	989
九、主要结论	991
参考文献	991
第三十九章 长期施肥潴育型水稻土肥力演变与培肥技术	992
一、潴育型水稻土肥力演变长期试验概况	992
二、长期施肥潴育型水稻土有机质和氮、磷、钾的演变规律	993
三、长期施肥潴育型水稻土 pH 值的变化规律	1005
四、作物产量对长期施肥的响应	1010
五、长期施肥农田生态系统养分循环与平衡	1015
六、基于潴育型水稻土肥力演变的主要培肥技术模式	1017
七、主要结论	1018
参考文献	1019
第四十章 长期施肥丘岗地红壤性水稻土肥力演变与培肥技术	1021
一、丘岗地红壤性水稻土肥力演变长期试验概况	1021
二、长期施肥下丘岗地红壤性水稻土有机质和氮、磷、钾的演变规律	1025
三、长期施肥下丘岗地红壤性水稻土理化性质的变化	1029
四、长期施肥下丘岗地红壤性水稻土微生物和酶活性的变化	1033
五、作物产量对长期施肥的响应及养分利用率变化特征	1040
六、长期施肥下农田生态系统养分循环与平衡	1053
七、基于土壤肥力演变的主要培肥技术模式	1055
八、主要结论与研究展望	1056
参考文献	1057

第四十一章 红壤性水稻土肥力演变与培肥技术	1059
一、江西红壤性水稻土肥料长期试验概况	1059
二、长期施肥红壤性水稻土有机碳和氮、磷、钾的演变规律	1060
三、作物产量对长期施肥的响应	1069
四、长期施肥红壤性水稻土肥料回收率的变化	1074
五、主要结论与研究展望	1075
参考文献	1076
第四十二章 长期施用有机肥红壤性水稻土肥力演变特征	1079
一、江西红壤性水稻土有机肥长期试验概况	1079
二、长期施用有机肥红壤性水稻土有机碳和氮、磷、钾的演变规律	1080
三、长期施用有机肥红壤性水稻土耕层厚度的变化	1090
四、作物产量对长期施用有机肥的响应	1090
五、长期施用有机肥红壤性水稻土重金属元素的累积	1091
六、主要结论与研究展望	1095
参考文献	1096
第四十三章 长期施肥坡积物红壤性水稻土肥力演变与培肥技术	1099
一、坡积物红壤性水稻土长期定位试验概况	1099
二、长期不同施肥坡积物红壤性水稻土有机质和氮、磷、钾的演变规律	1101
三、长期施肥条件下作物产量及其对施肥的响应	1110
四、长期不同施肥坡积物红壤性水稻土有效微量元素含量的变化	1114
五、长期不同施肥对坡积物红壤性水稻土酶活性及微生物的影响	1114
六、长期施肥对红壤性水稻土田间杂草群落及其碳、氮、 磷化学计量的影响	1117
七、基于肥力演变的红壤性水稻土主要培肥技术	1120
八、主要结论与研究展望	1121
参考文献	1123