


GANSUSHENG

GENGDI TURANG FEILI YANBIAN

甘肃省 耕地土壤肥力演变

车宗贤 俄胜哲 袁金华 等 © 著



 中国农业出版社

甘肃省 耕地土壤肥力演变

车宗贤 俄胜哲 袁金华 等著



中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

甘肃省耕地土壤肥力演变 / 车宗贤, 俄胜哲, 袁金华著. —北京: 中国农业出版社, 2016. 7

ISBN 978-7-109-21902-1

I. ①甘… II. ①车… ②俄… ③袁… III. ①耕作土壤—土壤肥力—研究—甘肃省 IV. ①S158②S159.242

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 179182 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区麦子店街 18 号楼)

(邮政编码 100125)

责任编辑 魏兆猛

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2016 年 7 月第 1 版 2016 年 7 月北京第 1 次印刷

开本: 700mm×1000mm 1/16 印张: 18 插页: 1

字数: 280 千字

定价: 58.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

甘肃省是我国农业的重要发祥地之一，区域内地形、地貌复杂，山地、平原、丘陵、高原、沙漠、戈壁、裸岩、永久积雪和冰川、沼泽等错综分布。土壤类型多样，全省土壤共划分为 11 个土纲、22 个亚纲、37 个土类、99 个亚类、172 个土属、285 个土种。其中甘肃省主要耕地土壤类型归属于 6 个土纲、8 个亚纲、10 个土类。

本书以甘肃省主要耕地土壤类型分布与土壤肥力演变为主线，以甘肃省农业科学院土壤肥料与节水农业研究所在 20 世纪 70~80 年代单独或联合地方农业科学院（所）布置的系列长期肥料定位试验为基础，以甘肃耕地质量管理站从 1996 年起承担全国农业技术推广服务中心在甘肃省主要耕种土壤上建立的 9 个国家级耕地土壤监测点为补充，结合甘肃省农业科学院土壤肥料与节水农业研究所 2011 年在全省各县建立的 250 个大尺度长期定位监测点内容，参考第二次土壤普查、第二次土壤调查、测土配方施肥等研究成果，系统总结了甘肃省主要耕地土壤类型与肥力特征，长期施肥条件下甘肃省主要耕地土壤作物产量和肥力的演变规律，肥料利用率以及定向培肥技术，为国家化肥减量增效、藏粮于地、藏粮于技等重大战略提供理论依据和技术支撑。

全书内容共 7 章，分为甘肃省主要耕地土壤类型、甘肃省耕地土壤养分状况、长期施肥条件下黄绵土肥力演变和土壤培肥模式、长期施肥条件下灌漠土肥力演变和土壤培肥模式、黑垆土长期定位研究及土壤肥力演变、甘肃省耕地土壤定点监测与肥力演变及总论，系统探讨了不同施肥制度与肥料利用效率和养分平衡的关系，为建立科学合理的施肥与土壤培肥制度，实现土壤的可持续利用提供理论基础。

本书可供土壤、植物营养、作物栽培、生态及环境科学等领域的管理人员、科技工作者、农业技术推广人员及相关专业的高校、科研院所师生参考阅读。

作者简介



车宗贤，研究员，硕士生导师，甘肃省农业科学院土壤肥料与节水农业研究所所长，农业部甘肃耕地保育与农业环境科学观测实验站站长。甘肃省千名领军人才，甘肃省“555”创新人才，国家级实验室资质认定（CMA）评审员，国家级实验室认可（CNAS）评审员，农业部高级肥料配方师，中国

土壤学会第十二届常务理事，中国植物营养与肥料学会第八届副秘书长，甘肃省土壤肥料学会副理事长，甘肃省农业资源环境保护专家组副组长，甘肃省废旧农膜利用专家小组组长。

长期从事土壤肥料研究，负责“甘肃省土壤肥料长期定位试验协作网”的工作，主持完成国家和省部级各类科研课题30余项。其中“番茄、黄瓜、辣椒专用肥研制与应用推广”“绿洲和沿黄灌区循环农业模式及支撑技术体系研究与示范”和“甘肃旱区主要农业废弃物资源化利用关键技术研究与应用”3项成果获甘肃省科技进步二等奖；“小麦除草、玉米缓释、棉花防病、花卉胶囊专用肥研制”“农产品质量安全近红外速测技术研究”“河西高产地区施肥结构研究”和“西北黄土高原半干旱旱作农区高效节水农业集成技术研究”4项成果获甘肃省科技进步三等奖；“腐殖酸肥料系列产品生产中试及应用技术研究”获甘南藏族自治州科技进步二等奖。获得“小麦除草专用肥”“玉米缓释专用肥”等6项发明专利；参与制定18项地方标准；主编出版《土壤科学与水肥资源高效利用》《甘肃省作物专用复混肥料农艺配方》专著2部，在国内外公开出版物上发表论文70余篇。

《甘肃省耕地土壤肥力演变》

编 委 会

主 任 车宗贤

副 主 任 崔增团 徐明岗 王 方

委 员 俄胜哲 袁金华 包兴国

王宗胜 雷建明

著 者 名 单

主 编 车宗贤 俄胜哲 袁金华
副主编 崔增团 徐明岗 包兴国 丁宁平 杨志奇

编写人员 (以姓氏拼音为序)

包兴国	车宗贤	陈 震	崔增团	丁宁平
段英华	顿志恒	俄胜哲	郭世乾	郭永杰
黄 涛	雷建明	李利利	卢秉林	罗照霞
尚来贵	时晓娟	孙 楠	王 方	王 婷
吴 磊	徐明岗	杨新强	杨志奇	殷丽霞
袁金华	张 环	张久东	张文菊	周海燕
周 晶				

甘肃省地形狭长，气候差异巨大，地貌类型复杂，山地、平原、沙漠、戈壁、绿洲、冰川和沼泽等错综分布，土壤类型多样，几乎涵盖了全国绝大多数土壤类型，为土壤学研究创造了得天独厚的条件和区位优势，在全国很有特色。

由车宗贤等同志编写的《甘肃省耕地土壤肥力演变》一书，抓住了这种独特的区位优势，紧紧围绕甘肃省主要耕地土壤类型，以土壤有机质、氮、磷、钾等肥力指标演变为主线，系统地总结了30年左右土壤肥料长期定位试验、近20年耕地土壤监测点和10个土壤类型大面积监测的研究结果，并从不同层次和角度展开研究，找出了甘肃省主要耕地土壤的肥力特征，发现了甘肃省主要耕地土壤作物产量和肥力的演变规律，系统探讨了不同施肥制度与肥料利用效率和养分平衡的关系，为建立科学合理的施肥措施与土壤培肥制度，实现化肥减量增效，防治耕地土壤退化，实现土壤的可持续利用等方面奠定了坚实的理论基础，具有重大意义。

本书是中国西部土壤科技工作者献给“世界土壤日”和“国际土壤年”的最好礼物！本书适用于从事农学、土壤、肥料、生态、环境等相关专业人员的阅读，也可作为相关专业师生的参考书。



中国科学院 院 士
中国科学院南京土壤研究所 研究员

2015年12月5日

保障粮食安全是关系到我国经济和社会可持续发展的重要基础，培育农田土壤肥力是保证区域粮食安全的主要前提，通过合理施肥来调节农田养分的循环和平衡是提高农田土壤肥力的主要途径。近年来，我国在人口增长和耕地面积减少的挑战下，粮食的自给率有所下降，面对确保粮食安全和化肥零增长的双重压力，挖掘土壤增产潜力，摸清土壤肥力演变规律，提升土地生产力显得尤为重要，这也成为当今土壤科学研究的热点之一。在不同的空间和时间尺度内研究农田生态系统的养分平衡、土壤肥力演变和环境响应，提出合理的耕地养分管理策略具有重大意义。

为此，我国曾于20世纪50年代和80年代进行过两次土壤普查，摸清了当时土壤肥力的基本状况。1980年前后，中国农业科学院建立全国化肥试验网，由分布在22个省（区）的70个长期肥料试验组成，覆盖了黑土、黄土、潮土、褐土、红壤、灌漠土、栗钙土、黄绵土、潮褐土、紫色土和水稻土等土壤类型，包括8个施肥处理（CK、N、P、K、NP、NK、PK、NPK），部分为10个处理（增加了有机肥和NPK+有机肥处理），但由于缺乏稳定的研究经费，诸多长期定位试验被迫终止；1984年起，农业部在全国各种生态区域布点建设国家级耕地质量监测点360个，设施肥与不施肥两个处理，掌握土壤肥力变化趋势，为研究耕地肥力演变奠定了基础；2002年，农业部启动了全国耕地地力调查与质量评价项目、测土配方施肥项目，完成了2400多个农业县的县级耕地地力调查与质量评价，基本摸清了我国耕地质量状

况、耕地土壤质量退化的主要原因、中低产田分布及障碍因素，并开发了县域耕地质量管理信息系统；2006年国务院部署开展第二次全国土地调查，首次采用统一的土地利用分类国家标准，覆盖全国遥感影像的调查底图，实现了图、数、实地一致，做到了全面、真实、准确，初步确定了耕地面积和地力等级划分。

结合全国化肥试验网，20世纪70年代末和80年代初，甘肃省农业科学院土壤肥料与节水农业研究所联合地方农业科学院(所)布置了系列长期肥料定位试验。在多年的实施过程中，由于研究经费紧张、认同度不够、管理不便、土地流转等多种原因，在兰州、定西、酒泉等地的多个长期肥料定位试验已经终止。目前甘肃省30年左右的土壤肥料长期定位试验仅有4个，分别布置在张掖、武威、天水和平凉，成为甘肃土壤肥料科学研究的宝贵财富和稀缺资源。为稳定支持仅存的4个长期定位试验，使此宝贵财富得到传承和发扬光大，2010年，由甘肃省农业科学院土壤肥料与节水农业研究所牵头，组建成立“甘肃省土壤肥料长期定位试验科研协作网”，并得到甘肃省农业科学院领导的大力支持，在院创新专项中设立“创新基地长期定位试验科研协作网建设”项目，长期稳定支持长期定位试验，组建全省土壤肥料长期定位研究团队，改善研究设施条件，增设长期补充试验等，在甘肃的土壤肥料长期定位研究中具有里程碑的意义。

结合国家级耕地质量监测点工作，1996年起甘肃省农业节水与土壤肥料管理总站在甘肃省主要耕种土壤上建立了9个国家级耕地土壤监测点，每点设施肥与不施肥两个处理，距今也有近20年监测历史，成为甘肃耕地地力演变研究的重要数据来源。

甘肃省地处黄土、青藏和蒙古三大高原交汇地带。境内地形复杂，山脉纵横交错，海拔相差悬殊，高山、平川、沙漠、戈壁和绿洲等交错存在。从东南到西北包括了北亚热带湿润区到高寒区、

干旱区的各种气候类型，气候复杂多样，土壤类型多样。全省土壤共划分为 11 个土纲、22 个亚纲、37 个土类、99 个亚类、172 个土属，在全国具有典型代表性，研究甘肃省土壤肥力演变特征及培肥技术对西北乃至全国土壤培肥和粮食安全都具有重要意义。本书以甘肃省主要耕地土壤为重点，以土壤肥力演变为主线，以黄绵土、灌漠土和黑垆土长期肥料定位试验为基础，结合甘肃省主要耕种土壤上 9 个国家级耕地土壤监测点的长期研究监测结果，系统总结了甘肃省主要耕地土壤肥力特征及长期施肥条件下作物产量和肥力的演变规律，系统探讨了不同施肥制度与肥料利用效率和养分平衡的关系，为建立科学合理的施肥模式和土壤培肥制度，实现土壤的永续利用提供理论基础。

本书研究成果的研究过程历经 30 余年，是甘肃省几代农业科技工作者辛勤汗水与智慧的结晶，也是中国农业科学院多名科学家历年来精心指导的结果，在此谨致衷心感谢！同时研究成果也得到国家自然科学基金“河西绿洲高产农田有机碳淀积机理与预测模型构建/41061032”、“十一五”国家科技支撑计划“耕地地力提升与退化耕地修复关键技术研究/2006BAD05B01”、“十二五”国家科技支撑计划“中低产田障碍因子消减与地力提升共性关键技术研究/2012BAD05B06”“绿洲边缘沙化中低产田改良及地力提升共性关键技术研究/2012BAD05B03-2”“甘肃省复合（混）肥农艺配方研制及示范推广/2011BAD11B05-13”、“十二五”农业部公益性行业专项“粮食主产区土壤肥力演变与培肥技术研究与示范/201103005”、农业部耕地保育学科群和农业环境学科群的“农业部甘肃耕地保育与农业环境科学观测实验站”和甘肃省农业科学院创新专项“创新基地长期定位试验科研协作网建设/2009GAAS26、2010GAAS29、2011GAAS06-1、2012GAAS10、2013GAAS12”“甘肃省土壤肥料长期定位试验协同研究/2015GAAS32”等多个项目的支持，特此致谢！

非常感谢中国科学院南京土壤研究所赵其国院士为本书作序，对我们的工作给予肯定和支持鼓励！

限于作者水平，书中难免有不足和疏漏，甚至错误之处，敬请各位读者批评指正。

车宗贤

2016年5月28日

目 录 CONTENTS

序

前言

第一章 甘肃省主要耕地土壤类型	1
1.1 甘肃省基本情况	1
1.1.1 地理位置	1
1.1.2 行政区划	2
1.1.3 农业生产状况	2
1.2 甘肃省主要耕地土壤类型	3
1.3 甘肃省耕种土壤分布	5
1.4 甘肃省主要耕地土壤类型和性状	8
1.4.1 黄绵土	8
1.4.2 灰钙土	10
1.4.3 褐土	14
1.4.4 黑垆土	18
1.4.5 栗钙土	22
1.4.6 灌漠土	25
1.4.7 红黏土	28
1.4.8 灰褐土	31
1.4.9 灌淤土	33
1.4.10 潮土	35
主要参考文献	39
第二章 甘肃省耕地土壤养分状况	40
2.1 甘肃省耕地土壤养分状况	40

2.1.1	有机质状况	40
2.1.2	全氮状况	41
2.1.3	碱解氮状况	42
2.1.4	全磷状况	42
2.1.5	有效磷状况	43
2.1.6	全钾状况	43
2.1.7	速效钾状况	44
2.1.8	酸碱度状况	44
2.1.9	微量元素状况	45
2.2	甘肃省 10 种主要耕地土壤养分状况	46
2.2.1	有机质和大量元素状况	46
2.2.2	微量元素状况	49
2.3	甘肃省 4 个耕种土壤区土壤养分状况	51
2.4	主要结论	52
	主要参考文献	53
第三章 长期施肥条件下黄绵土肥力演变和土壤培肥模式		55
3.1	试验概况	56
3.1.1	试验设计	56
3.1.2	分析方法	57
3.2	作物产量对长期施肥的响应	58
3.3	长期施肥条件下黄绵土有机质和氮、磷、钾的演变规律	60
3.3.1	黄绵土有机质的演变规律	60
3.3.2	黄绵土氮素的演变规律	63
3.3.3	黄绵土磷素的演变规律	67
3.3.4	黄绵土钾素的演变规律	72
3.4	长期施肥对黄绵土理化性质的影响	75
3.4.1	长期施肥对黄绵土 pH 的影响	75
3.4.2	长期施肥对黄绵土容重的影响	76
3.4.3	长期施肥对黄绵土其他理化性质的影响	77

3.5	长期施肥对黄绵土微生物和酶活性的影响	79
3.5.1	长期施肥对黄绵土微生物活性的影响	79
3.5.2	长期施肥对黄绵土酶活性的影响	80
3.6	长期施肥条件下农田生态系统养分循环与平衡	82
3.6.1	长期施肥对肥料利用率的影响	82
3.6.2	黄绵土有机碳循环与平衡	84
3.6.3	长期施肥条件下土壤氮素的表观平衡	87
3.6.4	长期施肥条件下土壤磷素的表观平衡	90
3.6.5	长期施肥条件下土壤钾素的表观平衡	93
3.7	基于土壤肥力演变的主要培肥技术模式	96
3.8	主要结论与研究展望	97
3.8.1	主要结论	97
3.8.2	研究展望	98
	主要参考文献	99
第四章 长期施肥条件下灌漠土肥力演变和土壤培肥模式		101
4.1	试验概况	101
4.1.1	试验设计	101
4.1.2	分析方法	102
4.2	作物产量对长期施肥的响应	103
4.3	长期施肥条件下灌漠土有机质和氮、磷、钾的演变规律	105
4.3.1	灌漠土有机质的演变规律	105
4.3.2	灌漠土氮素的演变规律	107
4.3.3	灌漠土磷素的演变规律	112
4.3.4	灌漠土钾素的演变规律	117
4.4	长期施肥对灌漠土理化性质的影响	121
4.4.1	长期施肥对灌漠土 pH 的影响	121
4.4.2	长期施肥对灌漠土全盐含量的影响	122
4.4.3	长期施肥对灌漠土微生物量碳的影响	123
4.5	长期施肥条件下农田生态系统养分循环与平衡	123

4.5.1	长期施肥对肥料利用率的影响	123
4.5.2	灌漠土有机碳循环与平衡	125
4.5.3	长期施肥条件下土壤氮素的表观平衡	127
4.5.4	长期施肥条件下土壤磷素的表观平衡	129
4.5.5	长期施肥条件下土壤钾素的表观平衡	131
4.6	基于土壤肥力演变的主要培肥技术模式	133
4.7	主要结论与研究展望	134
4.7.1	主要结论	134
4.7.2	研究展望	136
	主要参考文献	137
第五章	黑垆土长期定位研究及土壤肥力演变	138
5.1	试验概况	138
5.1.1	试验设计	140
5.1.2	分析方法	141
5.2	长期施肥对黑垆土土壤水分的影响	142
5.2.1	黑垆土水分的演变规律	142
5.2.2	长期施肥对土壤水分的影响	143
5.3	长期施肥作物产量演变规律	144
5.4	长期施肥条件下黑垆土有机质和氮、磷、钾的演变规律	146
5.4.1	黑垆土有机质的演变规律	146
5.4.2	黑垆土氮素的演变规律	148
5.4.3	黑垆土磷素的演变规律	150
5.4.4	黑垆土速效钾的演变规律	152
5.5	长期施肥对黑垆土理化性质的影响	153
5.5.1	长期施肥对黑垆土 pH 的影响	153
5.5.2	长期施肥对黑垆土有效性微量元素的影响	154
5.6	长期施肥条件下农田生态系统养分循环与平衡	156
5.6.1	长期施肥对土壤氮素表观平衡和氮肥利用率的影响	156
5.6.2	长期施肥对土壤磷素表观平衡和磷肥利用率的影响	157

5.6.3	长期施肥对土壤钾素表观平衡和钾肥利用率的影响	157
5.6.4	黑垆土有机碳循环与平衡	158
5.7	基于土壤肥力演变的主要培肥技术模式	159
5.8	主要结论与研究展望	160
5.8.1	主要结论	160
5.8.2	研究展望	161
	主要参考文献	162
第六章	甘肃省耕地土壤定点监测与肥力演变	163
6.1	九个国家级监测点概况	163
6.1.1	620338 号灌漠土监测点	163
6.1.2	620339 号灌漠土监测点	164
6.1.3	620340 号黄绵土监测点	164
6.1.4	620341 号黑垆土监测点	165
6.1.5	620342 号黑垆土监测点	166
6.1.6	620343 号淀淤土监测点	166
6.1.7	620344 号灰钙土监测点	167
6.1.8	620345 号灌漠土监测点	168
6.1.9	620346 号灌漠土监测点	168
6.2	灌漠土监测点耕地土壤肥力演变	169
6.2.1	灌漠土监测点作物产量的演变	169
6.2.2	灌漠土监测点土壤有机质和氮、磷、钾的演变规律	176
6.2.3	灌漠土监测点土壤中微量元素的演变规律	183
6.2.4	灌漠土监测点土壤 pH 和容重的演变规律	187
6.3	黄绵土监测点耕地土壤肥力演变	188
6.3.1	黄绵土监测点作物产量对长期施肥的响应	188
6.3.2	黄绵土监测点土壤有机质和氮、磷、钾的演变规律	194
6.3.3	黄绵土监测点土壤中微量元素的演变规律	200
6.3.4	黄绵土监测点土壤 pH 和容重的演变规律	203
6.4	黑垆土监测点耕地土壤肥力演变	204