

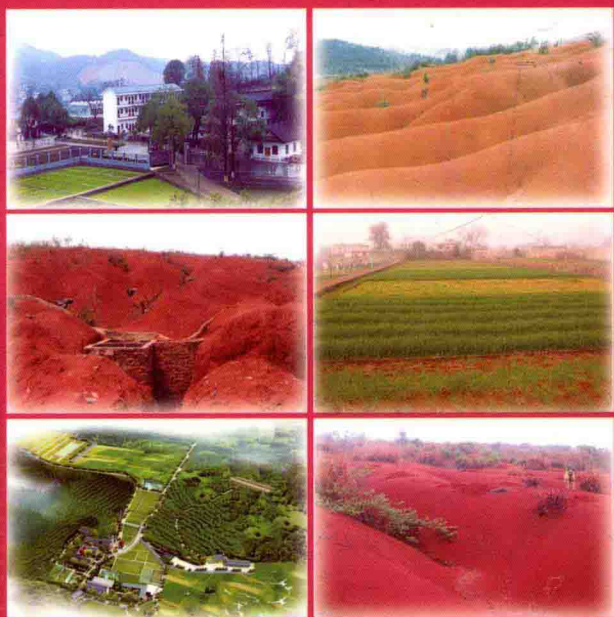
中国农业科学院科技创新工程资助出版

红壤质量演变

与

培肥技术

* 王伯仁
* 李冬初 等 著
* 周世伟



中国农业科学技术出版社

中国农业科学院科技创新工程资助出版

红壤质量演变与

培肥技术

* 王伯仁
* 李冬初 等 著
* 周世伟



图书在版编目 (CIP) 数据

红壤质量演变与培肥技术 / 王伯仁等著. —北京.

中国农业科学技术出版社, 2015.10

ISBN 978-7-5116-1958-7

I. ①红… II. ①王… III. ①红壤—土壤肥力—研究

IV. ①S155.2 ②S158

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 004279 号

责任编辑 张志花

责任校对 李向荣

出 版 者 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) 82106636 (编辑室) (010) 82109702 (发行部)

(010) 82109709 (读者服务部)

传 真 (010) 82106631

网 址 <http://www.castp.cn>

经 销 者 各地新华书店

印 刷 者 北京富泰印刷有限责任公司

开 本 710mm×1 000mm 1/16

印 张 16.75

彩 插 6 面

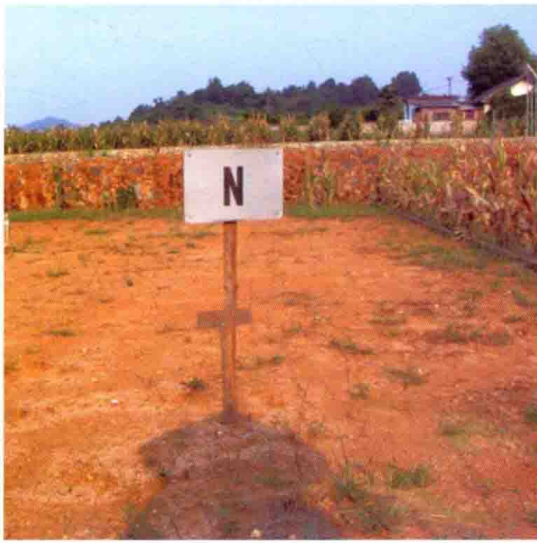
字 数 280 千字

版 次 2015 年 10 月第 1 版 2015 年 10 月第 1 次印刷

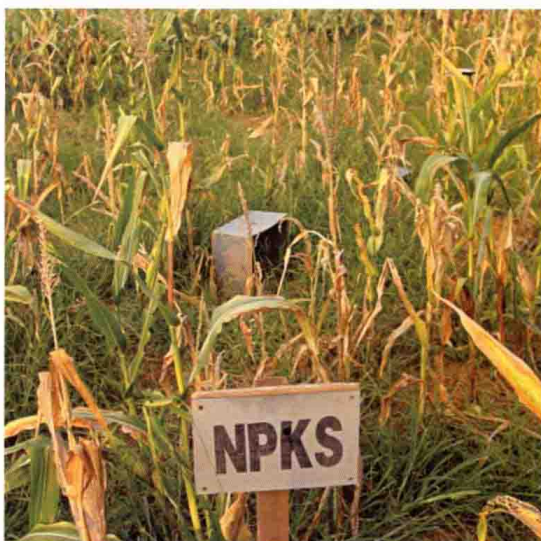
定 价 58.00 元



红壤旱地长期定位试验景观 II (玉米: 2008 年; 小麦 2011 年)



2008 年玉米季各处理长势 I (CK、撙荒、N、NP、NK、PK)



2008 年玉米季各处理长势 II (NPK、NPKM、1.5NPKM、NPKS、NPKR、M)



2011 年小麦季各处理长势 I (CK、撙荒、N、NP、NK、PK)



2011 年小麦季各处理长势 II (NPK、NPKM、1.5NPKM、NPKS、NPKR、M)

《红壤质量演变与培肥技术》

著 者 名 单

王伯仁 李冬初 周世伟 蔡泽江 徐明岗

张会民 文石林 申华平 陈效民 郭永礼

黄 晶 孙 楠 张文菊 段英华 江景元

冉 炜 佟小刚 秦道珠 高菊生 黄平娜

刘淑军 黄佳良 张 璐 秦 琳 李忠芳

张旭博 刘立生 邸佳颖

内 容 简 介

本书是在湖南祁阳红壤实验站持续 25 年的红壤旱地长期定位试验数据及在红壤区开展的相关研究基础上编写而成。全书共分九章，在概述我国红壤分布和红壤地区土地农业利用情况的基础上，紧紧围绕影响红壤质量的施肥、养分迁移、酸化 3 个核心问题，从红壤基本特征、演变过程和机理、红壤定向培育方法等方面，结合长期试验的大量数据进行论述。分析了红壤质量演变的趋势、存在的主要问题和解决的技术措施、未来的发展方向等，具有很强的理论性、资料性和实践性。

本书可供农学、土壤学、生态学、环境科学等专业的科技工作者和大专院校师生参考，也可供各级政府农业部门参考。

前 言

全球的红壤主要分布在热带和亚热带地区,总面积约 $6.4 \times 10^7 \text{ km}^2$, 占全球土地总面积的 45.2%。我国是主要的红壤分布国家之一,广泛存在广东、海南、广西(广西壮族自治区的简称,全书同)、云南、贵州、福建、浙江、江西、湖南、台湾 10 省(区)的大部,以及安徽、湖北、江苏、重庆、四川、西藏(西藏自治区的简称,全书同)和上海 7 省(区、市)的部分区域。以红壤为主要土壤类型的我国南方红壤地区总面积 $2.18 \times 10^6 \text{ km}^2$, 占全国土地总面积的 22.7%。红壤地区耕地面积约占全国总耕地面积的 28%,该地区的人口约占全国人口的 40%。因此,红壤是我国南方重要的土壤资源,关系着国家粮食安全和人民生活水平的提高。

红壤地区水热资源丰富,物质循环活跃,具有较高的生产潜力,是我国南方重要粮油生产基地。在相当长的时间内,农业生产依靠不断增加物质投入取得了长足进步,但也引起了一系列环境、生态和资源方面的重大问题。如水土流失、土壤肥力下降、水体富营养化、农业面源污染等。只有探明农业种植系统的养分转化规律,才能了解土壤质量演变方向和速度,才能提出土壤持续利用的调控措施。

土壤质量的演变是一个渐进过程,需要通过长期、系统的定位研究予以揭示,而环境因子和人为因素特别是施肥对土壤质量的影响也需要建立在长期系统监测结果的基础上。因而,土壤肥料定位实验,成为研究长期施肥对土壤质量影响的准确可靠的方法,备受国内外关注。中国农业科学院红壤实验站于 1990 年在湖南祁阳建立了红壤旱地长期定位施肥试验,已持续 25 年,积累了大量有关土壤肥力、作物产量、农田养分循环、生态环境效应等数据,为揭示长期施肥的红壤质量演变规律,提炼适合于南方红壤区土壤培肥技术奠定了基础。

《红壤质量演变与培肥技术》一书,正是对上述数据系统总结的产物,同时也综合了祁阳站在红壤区开展的其他相关研究结果。因此,本书是红壤质量演变研究的最新成果,是祁阳站及其合作团队集体智慧的结晶。全书共分九章,第一章介绍了我国红壤利用现状和旱地长期试验;第二章和第三章着重讨论长期施肥土

壤有机质和氮磷钾硫养分演变规律；第四章探讨长期施肥作物产量变化及养分吸收与循环；第五章重点分析长期施肥红壤酸化特征及影响因素；第六章论述红壤生物性质变化；第七章探讨红壤水分特征及水肥耦合关系；第八章讨论长期施肥的环境效应，包括温室气体排放和重金属积聚；第九章提出相关的红壤培肥与持续利用技术措施。全书由王伯仁、徐明岗统稿、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黄鸿翔研究员、张夫道研究员、陈福兴研究员等的大力支持与鼓励，在此表示衷心感谢。

祁阳站旱地红壤长期定位施肥试验研究及本书的撰写先后得到农业部“八五”重点科研课题“不同条件下土壤肥力演变规律研究”(85农03-04)、国家“九五”重点科技攻关课题“红壤带中南部丘陵区粮食与经济林果牧高效综合发展研究”(96-004-03-03)、国家“十五”重点科技攻关课题“东南丘陵区中部持续高效农业发展模式与技术研究”(2001BA508B14)、国家“十一五”重点科技支撑计划课题“中南贫瘠红壤与水稻土地力提升关键技术模式与示范”(2006BAD05B09)、国家“973”课题“农田地力形成与演变规律及其主控因素”(2011CB100501)及“主要类型区红壤酸化机理、驱动因子及时空演变规律”(2014CB441001)、农业行业科技项目“粮食主产区土壤肥力演变与培肥技术与示范”(201203030)、国家自然科学基金项目“我国典型农业土壤长期施肥下有机碳库组分差异及演变规律”(40871148)、江苏省固体有机废弃物资源化高技术重点实验室开放课题“有机肥提高红壤小米-玉米系统生产力的效应与机制研究”(BM201120505)、中国农业科学院创新工程项目等的长期大力支持，在此一并表示感谢！

本书出版之年，恰恰是祁阳站成立55周年(1960—2015)和国际土壤年(International year of soils),“健康土壤带来健康的生活”。本书也是对祁阳站55周年和国际土壤年的一份献礼。

由于著者水平有限，加上时间仓促，书中难免有不足之处，敬请各位同仁批评指正！

王伯仁等

2015年6月

目 录

第一章 我国红壤利用现状及长期定位试验

第一节 我国红壤的利用现状	1
一、红壤区自然资源特点	2
二、红壤利用现状	4
第二节 我国红壤质量演变	6
一、红壤质量的现状	6
二、红壤质量演变特征	8
三、红壤养分平衡特征	10
四、红壤肥力退化的驱动因素	11
第三节 红壤长期试验与监测概况	13
一、我国土壤长期试验与监测概况	13
二、湖南祁阳红壤旱地长期试验和监测概况	18

第二章 长期施肥红壤旱地有机质演变

第一节 红壤总有机碳及颗粒态碳演变规律	23
一、长期施肥对红壤总有机碳的影响	23
二、长期施肥对红壤颗粒有机碳的影响	25
三、长期施肥对红壤团聚体有机碳的影响	26
第二节 红壤活性有机碳演变规律	27
一、长期施肥对红壤活性有机碳及碳库管理指数 (CMI) 的影响	27
二、长期施肥对红壤可溶性有机碳 (DOC) 的影响	28
三、长期施肥对红壤稳定有机碳 (抗 H_2O_2 氧化有机碳, PROC) 的影响	29

四、长期施肥对红壤轻组及重组有机碳的影响	30
五、长期施肥对红壤有机碳化学结构的影响	31
六、长期施肥对红壤钙结合有机碳的影响	32
第三节 有机物料投入与分解	33
一、有机物料分解动态过程	33
二、红壤有机质含量和有机物料（农家肥或秸秆）碳投入量的关系	36
第四节 小 结	37

第三章 红壤氮磷钾硫养分演变规律

第一节 红壤氮素的演变规律	39
一、长期施肥对红壤全氮含量的影响	40
二、长期施肥对红壤有效氮含量的影响	42
三、长期不同施肥下土壤碱解氮与全氮的相关性	44
四、长期施肥对红壤不同颗粒中氮含量的影响	44
五、长期施肥对红壤团聚体氮含量的影响	46
第二节 红壤磷的演变规律	47
一、长期施肥对红壤全磷含量的影响	47
二、长期施肥对红壤有效磷（Olsen-P）含量的影响	49
三、长期施肥对红壤无机磷组分的影响	50
四、长期施肥对红壤需磷肥指数（PFI）的影响	52
五、红壤全磷、有效磷含量和磷肥投入量的关系	53
第三节 红壤钾的演变规律	55
一、长期施肥对红壤全钾含量的影响	55
二、长期施肥对红壤速效钾和缓效钾含量的影响	56
三、长期施肥红壤钾素固定—释放特征	58
四、长期施肥红壤钾素 Q/I 演变特征	60
第四节 长期施肥对红壤剖面有效硫积累的影响	62
一、长期施肥红壤有效硫的分布与积累	63
二、长期施肥红壤有效硫循环和平衡	64
三、影响长期施肥红壤剖面硫积累的因子	65

第五节 小 结	66
---------	----

第四章 长期施肥下红壤旱地作物产量与养分吸收

第一节 长期施肥下作物产量演变及对养分吸收的响应	67
一、长期施肥作物产量演变规律	67
二、长期施肥作物产量与氮素吸收	68
三、长期施肥作物产量与磷素吸收	70
四、长期施肥作物产量与钾素吸收	71
五、长期施肥作物产量与有机肥施用	72
第二节 长期施肥下养分的吸收与利用	74
一、长期施肥氮肥的回收率	74
二、长期施肥磷肥的回收率	76
三、长期施肥钾肥的回收率	77
第三节 长期施肥下农田生态系统养分循环与平衡	79
一、长期施肥红壤有机碳循环与平衡	79
二、长期施肥下红壤氮素的表现平衡	81
三、长期施肥下红壤磷素的表现平衡	84
四、长期施肥下土壤钾素的表现平衡	86
第四节 小 结	88

第五章 红壤酸性演变特征

第一节 土壤酸化成因	90
一、碳循环对土壤酸度的影响	90
二、氮循环对土壤酸化的影响	91
三、硫循环在土壤酸化中的作用	92
四、阳离子循环过程对土壤酸化的影响	93
五、施肥对土壤酸化的影响	94
第二节 长期施肥红壤酸化特征与演变趋势	95
一、长期施肥红壤 pH 值演变	95

二、长期施肥红壤交换性酸、交换性氢 / 铝的演变	97
三、长期施肥对红壤阳离子交换量 (CEC) 的影响	101
四、长期施肥对红壤酸缓冲容量的影响	102
五、长期施肥对红壤酸化速率的影响	104
六、长期不同施肥处理对红壤酸化的响应	105
第三节 红壤酸化对作物生长影响及氮肥施用	108
一、长期施肥红壤酸化对作物生长的影响	108
二、氮肥施用对红壤酸化的影响	110
第四节 小 结	116

第六章 长期施肥与红壤生物学特征

第一节 长期施肥对红壤微生物的影响	117
一、施肥与土壤微生物的关系	117
二、长期施肥红壤可培养细菌、放线菌、真菌数量	120
三、长期施肥红壤特殊生理菌群数量	122
四、长期施肥红壤微生物生物量	127
第二节 不同施肥处理红壤微生物学性质	131
一、生物群落遗传性	131
二、氨氧化微生物群落结构	135
三、土壤酶活性	137
四、红壤土壤动物	139
第三节 小 结	141

第七章 红壤旱地水分特征及肥水耦合关系

第一节 红壤旱地水分特征	144
一、概 况	144
二、饱和导水率	145
三、水分特征曲线及水分库容	148
四、红壤水分动态变化	153