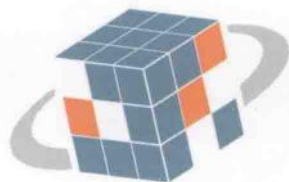


• GENGDI ZHILIANG DIAOCHA YU PINGJIA JISHU

耕地 质量

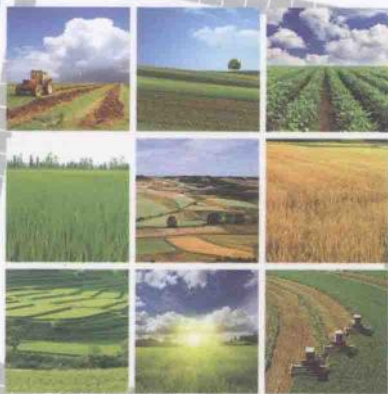


调查与评价技术

郭世乾 崔增团◎主编

Agriculture

GENGDI ZHILIANG DIAOCHA YU PINGJIA JISHU



甘肃科学技术出版社

耕地质量调查与 评价技术

郭世乾 崔增团 主编



甘肃科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

耕地质量调查与评价技术 / 郭世乾, 崔增团主编
—兰州: 甘肃科学技术出版社, 2013.7

ISBN 978-7-5424-1834-0

I. ①耕… II. ①郭… ②崔… III. ①耕作土壤—土壤调查②耕作土壤—土壤评价 IV. ①S155.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 177364 号

责任编辑 张 荣(0931-8773023)

封面设计 黄 伟

出版发行 甘肃科学技术出版社(兰州市读者大道 568 号 0931-8773237)

印 刷 甘肃天河印刷有限责任公司

开 本 880mm × 1230mm 1/32

印 张 11

字 数 300 千

插 页 1

版 次 2013 年 8 月第 1 版 2013 年 8 月第 1 次印刷

印 数 1~500

书 号 ISBN 978-7-5424-1834-0

定 价 25.00 元

编委会

主 编：郭世乾 崔增团

副主编：万 伦 刘 好

参编人员：蔡立群 吴立忠 傅亲民 董 博

闫雪梅 闫 飞 蔡子平 高 原

前 言

耕地是农业生产的基础，是不可再生、不可替代的农业生产资料。没有一定数量、肥沃、具备持续生产能力的耕地作保证，就难以保障国家粮食安全，满足国民经济和社会发展对农产品的需求。在社会经济发展和人们对农产品需求不断增加而耕地数量减少趋势不可逆转的形势下，只有加强耕地质量建设，提升耕地质量，增强耕地综合生产能力，才能达到粮食稳定增产、农产品品质改善和农作物持续抗旱的目标，才能最终实现农业可持续发展战略。在目前各项农业生产技术达到较高水平之时，提升耕地质量是今后农业增收的最大潜力所在。

近 30 年来，中国农业走过了一条高投入、高产、高速度和高付出的道路；未来农业发展，必将面临资源短缺、生态恶化、技术薄弱、创新不足等困扰。我国的农业发展受资源约束程度很高，除水资源短缺外耕地问题是农业面临的第二大挑战。虽然我国提出了严格的耕地保护制度和耕地总量动态平衡制度，但未来耕地面积减少将是一种不可避免的长期趋势，这种趋势只能减缓



而不能遏制，18 亿亩耕地红线面临最为严峻的考验。目前，我国耕地总量虽位居世界前列，但人均占有量不到世界平均水平的 $1/2$ ，不到发达国家的 $1/4$ ，只有美国的 $1/6$ 、阿根廷的 $1/9$ 、加拿大的 $1/14$ ，并还在不断减少。据统计，1996 年到 2003 年的 7 年间，我国耕地就从 19.51 亿亩锐减至 18.51 亿亩，截至 2010 年底，我国耕地数量已减少至 18.26 亿亩。另外我国耕地质量低下、土壤酸化和盐碱化、污染加重等现象日益突出，中低产耕地土壤占 65% 左右。随着我国工业化、城市化进程的加快，西部地区“退耕还林还草”生态建设，加之自然灾害的影响，我国耕地数量减少的趋势是必然，预计到 2030 年，我国耕地数量仍将减少 7%。在这种情况下，满足我国人口不断增长对农产品产量与品质需求，只有不断开展耕地质量建设，通过质量的提高来缓解数量的不足，从而实现我国耕地综合生产能力的稳步提高，确保国家粮食安全和社会经济的可持续发展。

近年来，虽然各方面都加大了耕地质量建设力度，但还存在着占补平衡补充耕地占优补劣、高标准农田建设及中低产田改良重工程轻质量建设等现象。而开展耕地质量建设，就必须深层次的了解耕地土壤及土壤相关资源与环境状况，准确掌握耕地土壤肥力、环境质量状况，摸清影响耕地产出的障碍因素，有的放矢，对症下药，有针对性的提出具体的对策和质量建设措施，就必

须对耕地质量进行系统调查和评价。

《耕地质量调查与评价技术》阐述了耕地质量调查与评价国内外工作开展现状，详细介绍了耕地质量调查技术路线、方法、内容、试验设计、试验数据统计分析及耕地质量评价的原理、方法、技术路线、技术环节和空间数据库、属性数据库及耕地质量管理信息系统建立方法与程序，特别是对土壤重金属污染评价方法进行了系统总结和归纳。本书虽理论性较强，但例证丰富，通俗易懂，不仅可供广大的农业科技推广工作者参考，也可以做为地理信息系统、土壤学、环境科学等专业学生的教学实习用书。

在本书的编写过程中，参考了国内外有关专家、学者的著作等文献，在此深表感谢。因时间仓促，水平有限，错误和不足之处在所难免，还望同行专家和广大读者批评指正。

编 者

2013 年 5 月

目 录

第一章 概述	1
第一节 耕地质量调查研究现状	1
第二节 耕地质量评价研究现状	3
第三节 重要概念解释	6
第四节 耕地质量调查与评价技术路线	11
第二章 耕地质量调查路线与技术准备	13
第一节 耕地质量调查路线	13
第二节 耕地质量调查准备	14
第三节 土壤分类系统整理	46
第三章 耕地质量调查方法	49
第一节 耕地土壤、植株样品采集与分析技术	49
第二节 耕地质量监测内容与方法	73
第三节 肥效田间试验的设计与实施	86
第四章 耕地质量调查数据分析方法	138
第一节 数理统计的基础原理	139
第二节 单因素试验的数理统计分析	164
第三节 多因素设计试验结果统计分析	189
第四节 耕地土壤贡献率与肥料施用效果测算方法	203



第五章 耕地质量评价原理与技术路线	208
第一节 耕地质量评价原理与方法	208
第二节 耕地质量评价技术路线和主要工作内容	212
第六章 耕地质量管理信息系统建立	222
第一节 资料的收集与整理	222
第二节 数据库建立	232
第三节 耕地质量管理信息系统建立	240
第四节 图件矢量化方法	253
第五节 地统计学基础与空间插值方法	271
第七章 耕地质量评价	282
第一节 评价指标选取	282
第二节 计算单因素评价评语（模糊评价法）	286
第三节 计算单因素权重（层次分析法）	304
第四节 计算耕地质量综合指数及分级方案确定	313
第八章 土壤重金属污染评价	315
第一节 土壤污染基础	315
第二节 土壤污染评价方法	325
第三节 基于 GIS 技术的土壤污染评价技术	334
参考文献	341

第一章 概述

第一节 耕地质量调查研究现状

耕地质量调查就是对土壤分布的自然条件、成因类型、理化性状、肥力、分布、改良利用途径进行调查和摸底,对不同耕作制度和种植措施下耕地土壤理化性状和生产性能进行动态监测,以了解和掌握土壤分布规律及内在性质和土壤肥力动态变化规律,提出科学合理的土壤改良与耕地质量建设措施,以实现土壤水资源的可持续利用。

早在 18 世纪,欧洲一些国家的研究者就开始对土壤肥力进行比较系统地科学研究。世界著名的英国洛桑(Rothamsted)试验站 1843 年建立至今已有 170 年的历史,这些延续上百年的试验点成为世界上最为悠久的一批长期肥料试验基地,荷兰、丹麦、日本和前苏联等国家也有 60~100 年的耕地质量监测历史。这些监测试验的目的主要是研究不同营养元素对植物的相对重要性、施肥对各种作物的增产效果、施肥对土壤肥力的影响以及为保持土壤生产力所必须补充的植物营养元素等。这些长期肥料试验的结果对推动化学肥料的生产施用发挥了极其重要的作用,并



奠定了西方现代农业的基本格局。

新中国成立前，我国于 20 世纪 30 年代开始在全国范围内，概略进行过土壤调查和部分区域性土壤调查，编绘了一千万分之一及七百万分之一的全国土壤图、部分省（区）土壤图和分县土壤图。新中国成立后，除针对开发利用土地、流域规划、水土保持等，分别在局部地区进行土壤调查制图外，还开展了两次全国土壤普查。第一次从 1958 年开始，历时 3 年，以全国的耕地为主要调查对象，完成了除西藏自治区和台湾省以外的耕地土壤调查，总结了农民鉴别、利用和改良土壤的经验，编制了“四图一志”（即：二百五十万分之一全国农业土壤图、四百万分之一全国土壤肥力概图、全国土壤改良概图、全国土地利用现状概图和农业土壤志），为合理利用土地提供了大量的土壤资料。1979 年 4 月，国务院颁发了有关文件，在财政、测绘等有关部门的大力支持下，全国第二次土壤普查由点到面开展。采用比较新的 1:1-1:5 万大比例尺地形图和航卫片资料，应用 1:1.5-1:2.5 万大比例尺航片进行土壤调查制图，提高精度和速度，并为今后大比例尺调查制图打下基础。第二次土壤普查取得了重要的成果，首次全面系统的对全国土壤类型进行了划分，将全国土壤分为 12 个土纲、27 个亚纲、60 个土类、234 个亚类和 5000 个以上的属性清晰的土种单元；首次全面摸清了全国土壤本底值，对各土种的质（基本性质的中心概念）、量（分布范围与面积）进行全面概括；首次建立了关于土壤资源的 160 多项共 2000 万条以上的数据库；首次应用大样本优势，为土壤分类、改良利用分区和研究其他土肥问题提供了依据；首次得到全国、省、地、县的幅员面积和耕地、园地、林地、牧草地、居民点及工矿用地、交通用地、水域

和未利用土地等的面积数据,这是当时条件下比较接近实际的一套完整数据,已作为内部数据资料供行政和业务部门使用。在土壤普查中,农业部在16个省(区)选择砖红壤、赤红壤、黄壤、红壤、黄棕壤、棕壤、白浆土、褐土、黑土、黑钙土、黑垆土、黄绵土、紫色土、草甸土、潮土、盐土、碱土、水稻土、灌漠土等20个土类设置国家级的土壤监测点160个,以了解在现有生产力水平条件下我国的土壤肥力变化。1997年按照《全国耕地土壤监测管理办法》和《全国耕地土壤监测技术规程》的要求,全国农技中心进一步强化耕地质量监测工作,在全国30个省新建了200多个耕地质量监测点,至2010年全国共有国家级耕地质量监测点362个,涉及耕地土壤类型35个,涵盖了主要的作物种植区,并兼顾了高、中、低不同的耕地地力水平。

第二节 耕地质量评价研究现状

耕地质量评价是在气候、地貌类型、成土母质、土壤理化性状等条件下对耕地立地条件、土壤属性、农田基础设施、培肥水平、土壤环境质量等因素进行单一或综合研究,以评价其综合生产能力,是耕地内在产能的表现。由于受诸多因素的影响,耕地质量评价不仅涉及到定性因素,还涉及定量因素,但各因子间对耕地质量影响程度又有所不同。

一、国外耕地质量评价回顾

15世纪,莫斯科公国在税册中已有了以合理征收地税为目的



的耕地质量评价记载；奥地利、法兰西、普鲁士等国也相继开展了耕地评价。俄罗斯土壤地理学家道库恰耶夫，在 1877 年对黑钙土进行了研究，并联合气象学家等专家开展了土地评价。德国主要以评定当地效益最好农场为 100 分的各农场耕地及草地净收入的相对值为基础，作为征收土地税、土地归并及调换土地、确定地租地价的法律依据而开展耕地评价。

美国农业部土壤保持局，于 1961 年颁布“土地潜力分类系统”，是世界上第一个较为全面的土地评价系统。20 世纪 70 年代，联合国粮农组织（FAO）颁布了“土地评价纲要”。20 世纪 80 年代末期，随着 3S（GIS、GPS 和 RS）技术和数字地图的发展，土地评价在数据更新、评价精度等方面取得了较大进展。

1994 年，美国在两次（1991、1992 年）土壤质量评价学术讨论会的基础上，正式出版《Defining Soil Quality for a Sustainable Environment》一书，其中详细记载了土壤质量评价指标选取、量化方法以及土壤质量与土壤特性和适度利用之间的关系，明确了土壤质量评价应从生产力、环境质量、人类和动植物健康三个方面进行评价。澳大利亚在 1997 年开始开展国家土地与水资源清查，涉及土壤质量、肥力等方面，但没有以耕地质量动态监测的记载。

20 世纪 80 年代以来，西欧、北美和澳洲等许多发达国家制定了土壤质量评价的指标集成理论、方法及进行了量化研究。

二、我国耕地质量评价回顾

2000 多年前，我国就有以土壤颜色、成土母质、水分状况来识别土壤肥力的记载。《尚书·禹贡篇》、《管子·地员篇》中记

载了黄河流域、长江中下游地区以耕地质量等级制定赋税，并将土壤分为三等九级，这估计是世界上有关耕地质量评价的最古老记载。夏商时代因赋税需要，开展了耕地评价，由于条件限制，评价体系和方法没有得到完善。

新中国成立后，耕地质量评价开始进入科学、大规模的阶段。1950年，全国土壤肥料大会，对全国中低产田类型、改良措施和途径进行了讨论，这次大会推动了新中国耕地质量评价工作的发展；1951年，财政部对全国耕地进行了评定等级；1958—1979年完成了两次全国土壤普查，对全国范围内的土壤类型进行了调查，对耕地基础性状和生产能力进行了评价，并依据土壤养分水平对全国土壤肥力划分了8个级别。

上世纪90年代，随着“3S”地图技术的发展与应用，耕地评价在数据更新、动态评价以及评价精确度方面取得长足发展。1994年，全国土壤普查办公室组织全国农业科学专家编写了《中国土壤》、《中国土种志》、《中国土壤普查数据》以及编绘出版了中国土壤图（1:100万）、中国土壤改良分区图（1:400万）、土壤养分图（包括1:400万的有机质含量图、磷素养分潜力图和钾素潜力图，以及铁、锰铜锌等微量元素图），掌握了全国土壤类型、分布和基本理化性状，以及耕地资源的数量、主要障碍因素等大量信息。1995年，中国农业科学院对县级耕地质量进行了评价分区，并给出了耕地质量指数。1997年，农业部全国土壤肥料总站依据粮食单产水平把全国耕地划分为七个耕地类型区、十个耕地质量等级，确定了各类型区分布范围及基础地力要素指标体系。1998年，全国完成了基本农田划定工作，初步研究形成全国耕地土壤质量调查的技术规程，并在全国14个省完成了试点。



2002—2003 年，全国农业技术推广服务中心在全国 30 个省（市、区）开展了耕地质量评价指标体系建立工作，并制定了《全国耕地地力调查与质量评价技术规程（试行）》。随着测土配方施肥项目深入开展，2006 年农业部决定，利用测土配方施肥项目取得的土壤养分数据及调查资料，充分利用第二次全国土壤普查成果对项目区开展耕地质量评价工作，完成规定图件的数字化以及耕地质量评价指标体系建立、地力等级评价、成果图编制等工作，并构建耕地资源管理信息系统。

从 2002—2011 年底，我国已经建立了包括行业标准、技术规程等完整的技术指标体系，全国 1200 个项目县建立了统一的县域耕地资源管理信息系统，整合了各种资源，摸清了耕地的基础地力，并完成了 10 亿亩耕地的养分状况和障碍因子分析，初步摸清了近 20 年来我国耕地质量的演变现状、突出问题，对今后耕地质量保护、宏观指导测土配方施肥工作、耕地质量建设都具有重要指导意义。

第三节 重要概念解释

一、土地、土壤、耕地

土地（Land）是指地球陆地表层影响土地生产潜力与环境管理的所有要素，它不仅包括土壤，还包括地形、气候、地表和地下水文、植被、动物和微生物区系以及人类活动等。土地质量是指土地的状态和条件（土壤、水及生物特性），及其满足人类需

求（农林业生产，自然保护以及环境管理）的程度。土地质量评价主要应用于土地资源管理与利用决策。土地质量评价的概念有多种表述，如联合国粮农组织于1976年在《土地评价纲要》一书中是：当土地作为特定的用途时，对土地的特性进行估价的过程；1981年D. Dent, A. Yong在《土壤调查和土地评价》一书中将其定义为估计土地作为各种用途的潜力的过程；中国科学院地理所于1981年在“关于土地质量评价的几个问题”一文中的定义是：土地质量评价的实质是从农、林、牧业生产条件的需要出发，全面衡量土地本身的条件和特性，从而科学地评定各类土地对农林牧业利用的适宜与否及适宜程度。以上土地质量评价概念的表述表明，各种定义都是以一定的土地用途为前提的土地性能的评价。为此，土地质量评价就是土地在一定的用途条件下，评定土地质量高低的过程。

土壤（Soil）是指具有一定的肥力、能够生长植物的那一部分疏松表层；土壤是由矿物质、有机质、空气和水分四部分组成的。简单地说，土壤分为耕型、非耕型。耕型土壤就是指耕地土壤。土壤资源（Soil resource）这一概念不仅包括土壤内在质量，还包括了土壤作为一种生产资源的数量。在土壤尚未充分利用时，人们更多地着眼于得到新的土壤资源，所以我国过去开展了大量的土壤资源清查和评价研究，目前我国可供开垦的土壤资源已经非常有限，而现存的土壤资源出于不合理的管理利用正遭受破坏，所以土壤学的研究重点已经转移到保持土壤质量，促进土壤资源的可持续利用上来。土壤是土地的一部分，所以土壤质量也是土地质量的一个子集，土地质量评价方法可以应用于土壤质量评价。



现在通用的耕地 (Amble land) 定义出自《土地利用现状分类》(GB/T 21010-2007)。标准将土地分为 12 个一级类, 包括: “耕地、园地、林地、草地、商服用地、工矿仓储用地、住宅用地、公共管理与公共服务用地、特殊用地、交通运输用地、水域和水利设施用地、其他土地。” 其中将耕地分为 3 个二级类: 水田、水浇地、旱地。

本书所说的耕地, 就是指包括了果园在内的种植农作物的土地; 所说的土壤是耕地土壤。也就是说, 一定意义上耕地和土壤是可以互换的。

二、土壤肥力、土壤生产力、耕地地力

关于土壤肥力 (Soil fertility) 人们很早就进行了许多研究, 历史上曾有腐殖质学说, 李比西的矿质营养学说, 威廉斯的团粒结构学说等, 至今没有一个比较统一的认识。最近国际上有人提出土壤生物肥力的概念, 但其测定比较困难, 而且昂贵, 也没有通用的标准。

在我国, 比较广泛承认的土壤肥力是指土壤水、肥、气、热四个因素同时供给作物生长需要的能力, 也就是说土壤供应和协调作物生长所需的营养和环境要素的能力。土壤的这种供水、供肥的特性或能力经常在变化, 而且往往是供求不平衡。还由于它是作物利用光能的物质基础, 只有满足了作物对土壤要素的需要, 作物才能充分利用环境因素, 提高光能的利用率, 获得作物高产。农业生产上土壤因素的问题较多, 而且需要也可能通过人为措施加以调节和控制, 所以提高土壤肥力往往成为作物持续增产的关键, 土壤肥力的评价也以作物产量为主要依据。