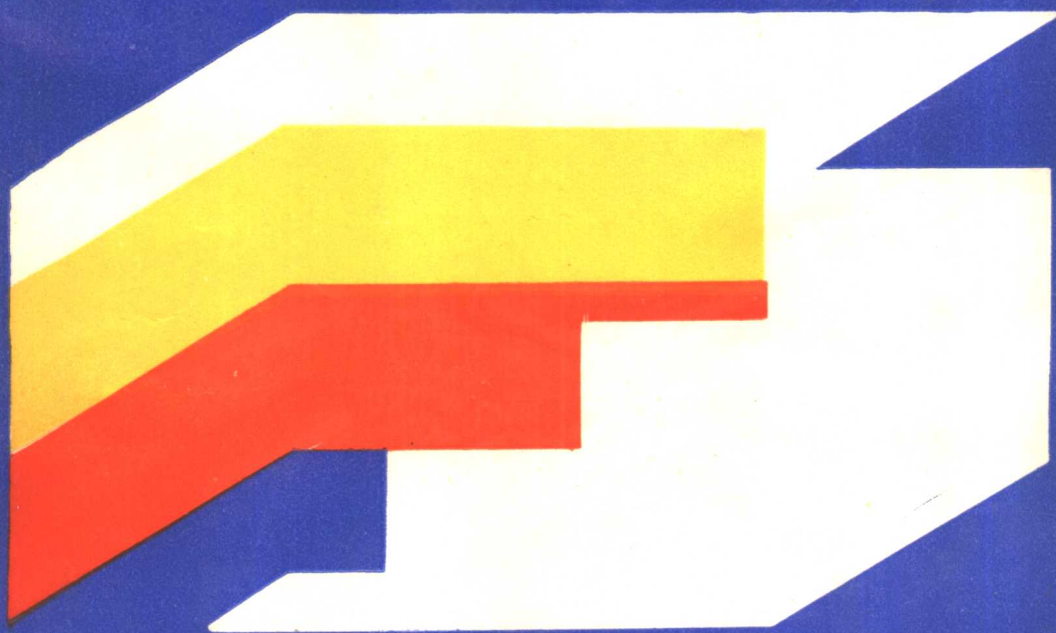


土壤调查 与制图技术

理论 方法 应用

庄卫民 著



中国农业科技出版社



土壤调查与制图技术

理论 方法 应用

庄卫民 著

中国农业科技出版社

(京) 登字 061 号

图书在版编目 (CIP) 数据

土壤调查与制图技术: 理论 方法 应用/庄卫民著. —

北京: 中国农业科技出版社, 1995. 10

ISBN 7-80026-728-8

I. 土… II 庄… III. ①土壤调查②土壤制图 IV. S159

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 08470 号

责任编辑

技术设计

出版发行

经 销

印 刷

开 本

印 数

版 次

定 价

王涌清

中国农业科技出版社

(北京海淀区白石桥路 30 号)

新华书店北京发行所发行

北京市燕山联营印刷厂印刷

787×1092 毫米 1/32 印张 9.5

1—1000 册 字数 243 千字

1995 年 10 月第一版 1995 年 10 月第一次印刷

12.00 元

序

《土壤调查与制图》是高等农业院校土壤农化专业的必修课程。近年来，随着科学技术的发展和教育的深化，特别从全国第二次土壤普查开始以来，各级土壤肥料工作站的建立，已使这项技术应用在农、林、牧和土壤资源的清查中，并获得迅速发展。预期它在国民经济建设中将被更广泛地应用。

作者根据自己三十多年，在本校土壤农化专业的教学经验，以及担任全国和本省第二次土壤普查科学顾问期间，指导省、地、县的土壤调查技术人员，和历届本专业学生，深入各地具体调查，在实践中掌握了丰富的第一手资料的基础上，对本学科的教材所作的这一全面性的改编尝试，是值得赞扬的。

根据全国教学大纲的要求和学科内容的特点，全书分三大部分共七章：基础理论、方法及其应用。在第一部分（第二、三、四章）的理论内容中，包括了原教学大纲中的“野外成土因素的调查研究”的全部内容，并充实了土壤发生学、土壤地球化学和自然地理学等三大基础理论的新内容；第二部分（第五、六章）为土壤研究法，包含了原大纲中的“土壤剖面性态、土壤草图测绘和土壤调查资料的整理”第三章的全部内容，经综合归纳为：土壤剖面研究法和土壤制图研究法等两项野外调查制图的基本方法。同时吸收了美国学派近十几年来发展的若干土壤实体的新概念，以加强野外研究方法的理论；第三部分（第七章）为土壤调查技术的应用，主要根据大纲中“特殊任务的土壤调查”内容进行改编。“特殊任务”的实质是这项技术在不同地理区域或国民经济部门中的具体应用，从调查技术看，基本上是第二部分调查方法的延伸。改编内容侧重于土壤调查技术应用的详度规范，和观测点设计的空间分析理论。掌握了这两项标准，学生不同地理区域或部门中的实际调查任务，将可以灵活应用。

本书在编写过程中，既注重对传统理论的总结，也注意吸收近代的科学成果，文字通俗易懂，图文并茂，适用于高、中等农业院校的教材，也可作为广大专业技术人员工作、学习的参考书。

林景高

福建农业大学

1994.6.5.

前 言

本书系笔者将近四十年来从事高等农业院校的土壤农化专业教学、科研和参与我国第一、二次土壤普查的技术培训及外业调查资料的汇编。全书内容系以我国高等农业院校1979年以来《土壤调查与制图》历次统编教材的大纲为基础，改编成三个部分：地学基础理论，土壤调查与制图技术的方法及其在国民经济不同领域中的实际应用等。

本书分七章。第一部分（第二、三、四章）的理论内容系将统编大纲中的《野外成土因素的调查研究》改编为土壤发生学、土壤地球化学和自然地理学三部分的地学基础理论的基本概念，其目的除强调野外调查研究土壤时的理论导向外，还将补充本专业课程设计中在地学基础理论方面的不足。

第二部分（第五、六章）将原大纲中的《土壤剖面性态，土壤草图测绘和土壤调查资料整理》等章节改编为：土壤剖面研究法和土壤调查制图法两项野外研究土壤的基本方法。但随着近年遥测学和电子计算机科学技术的迅速发展，相信对土壤野外调查研究方法的促进和室内资料整理方法的改革都已到了及锋而试之时，然而，据笔者自1979年参加我国农业部与FAO在北京联合举办的遥感技术应用培训班与大面积采用多光谱扫描影象在福建的土壤调查制图的实际应用和教学实习结果，深有即鹿无虞之感，故而未将“遥感技术方法”编入教材，但在这个部分仍尽量吸收了欧美学派近十几年来在土壤调查研究方面发展的若干土壤实体的新概念，以加强学生对实际应用方法的理解能力。

第三部分（第七章）试将原大纲中《特殊任务的土壤调查》内容改编为各种不同任务的土壤调查技术应用的详度规范和观测点设置的地理空间分析理论的实际应用问题等。根据笔者多年来在接受不同经济计划部门的调查任务时，除调查对象的自然客体分类不同之外，所用方法和详度要求都和土壤调查任务相近。如水土流失调查，荒地资源清查，海涂资源，农业区划以及综合治理规划调查等，一般都能在明确调查对象的分类方案之后，应用土壤调查与制图的基本方法完成任务，故在本书中将原来多种不同地理区域的调查任务概括为调查详度规范与观测点的空间分析两项原则，教授学生举一反三，便能在不同的调查任务中灵活运用。

本书之写作在精神上蒙林景亮、俞震豫、陈举鸣、朱克贵、徐盛荣诸师长的鼓励与鞭策，特致谢忱。

本书之完成获庄锦良、臧双、李双霖、王人潮、王果、周性敦、李延等教授专家的支持和提供宝贵意见，本书的出版还得到王文峰先生的大力支持，翁仁佛先生协助完成部分图幅的清绘，在此一并致谢。恕笔者才疏识浅，谬误之处在所难免，尚祈读者多赐鼓励是幸。

编者 谨识

一九九五年五月于福建农业大学

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 我国农业的发展与当前建设中的土壤问题	(1)
一、我国祖先对土壤的认识与利用	(1)
二、我国农业对土壤的利用	(2)
三、当前我国农业建设中的土壤问题	(5)
第二节 土壤调查与制图技术的发展概况	(9)
一、全国第一次土壤普查	(10)
二、全国第二次土壤普查	(10)
第三节 土壤调查与制图技术同其他学科的关系	(11)
第二章 土壤形成理论	(13)
第一节 发生土壤学理论	(13)
第二节 地球科学对土壤形成的解释	(15)
一、砖红壤化作用	(15)
二、灰化作用和灰粘化作用	(15)
三、钙化作用	(16)
四、盐化作用	(16)
第三节 土壤形成的地学概念	(16)
一、岩石风化与风化层的形成	(16)
二、土壤的层式发育	(17)
三、土壤层位问题讨论	(20)
第三章 土壤地球化学理论	(25)
第一节 元素的地球化学分布规律	(25)
一、元素的地球化学分类	(25)
二、元素在地壳中的分布量	(26)
三、元素迁移与土壤形成作用	(27)
第二节 风化作用与土壤发育	(29)
一、土壤-地球化学性风化	(29)
二、土壤中粘土矿物的风化与形成	(33)
第四章 自然地理学理论基础	(37)
第一节 自然地理面的概念	(37)
一、自然地理面的空间范围	(38)
二、自然地理面的属性	(38)
第二节 自然地理中的作用力	(40)
一、内力作用力	(40)
二、外力作用力	(47)
第三节 生物圈	(55)
一、生物圈的基本特性	(56)
二、自然地理中的第一性生产力	(58)

第四节 水圈	(60)
一、水圈的基本特性	(60)
二、水分循环与水量平衡	(62)
第五节 岩石圈	(63)
一、岩石的基本类型	(63)
二、第四纪沉积物的成因类型	(68)
第五章 土壤剖面研究法	(74)
第一节 若干土壤实体概念的发展	(74)
一、关于 pedon 的概念	(74)
二、控制层段 (Control section)	(76)
三、土体层 (Solum)	(76)
四、诊断土层 (Diagnostic epipedon)	(77)
第二节 土壤剖面描述	(85)
一、土壤剖面的设置	(85)
二、土壤剖面描述	(86)
第六章 土壤制图研究法	(100)
第一节 土壤分类制的制订	(100)
一、土壤分类研究法的逻辑学步骤	(100)
二、土壤分类研究法	(101)
第二节 野外土壤填图方法	(105)
一、土壤调查任务与地图比例尺的确定	(105)
二、野外工作底图的准备与要求	(106)
第三节 土壤制图法	(114)
一、野外工作草图的修饰	(114)
二、分类系统的修订与土壤图例的设计	(115)
第四节 编图方法	(119)
一、专题地图制法	(119)
二、专题地图的编绘	(120)
第五节 调查资料整理方法	(128)
一、原始资料整理	(128)
二、土壤草图的审校	(130)
三、化验资料的整理	(130)
第六节 土壤调查报告的编写	(132)
一、总论 (或前言)	(132)
二、调查区的自然情况和农业概况	(132)
三、土壤类型 (土壤各论)	(132)
四、土壤资源评价及利用改良措施	(133)
第七章 土壤调查技术的应用	(134)
第一节 土壤调查技术应用的详度规范	(134)
一、极详测 (一级)	(135)
二、详测 (二级)	(135)
三、普查 (三级)	(135)

四、概略普查（概查）（四级）	(135)
五、踏勘（五级）	(136)
第二节 观测点位的空间分析	(136)
一、区位类型的概念	(137)
二、近邻分析举例	(138)
三、不同调查任务中的若干技术问题处理	(140)

第一章 绪 论

土壤调查与制图是一门应用技术性学科，它是研究土壤地理分布、特性塑造和应用技术发展的基础科学。从19世纪80年代俄罗斯的自然地理学家建立“近代土壤学”开始，它就成为土壤科学发展的专门研究技术。在农业科学方面，它还承担了农业区划的地理制图任务，对于土地资源的调查评价，它也是一项专业技术，故其应用范围十分广泛。近年，在我国的农业科学分类中，已将其规划为农学类（一级学科）的二级学科，并定名为《土壤调查与评价》，代号为210·5055，与土壤地理学（210·5020）、土壤肥科学（210·5045）、土壤分类学（210·5050）、土壤耕作学（210·5035）和土壤改良学（210·5040）等并列为农学专业的的基础学科。

第一节 我国农业的发展与当前建设中的土壤问题

自从生物在地球上出现以来，土壤就成为其生存和繁衍发展的基本场所。即便是原始人类，为维持生存与各种环境因素进行斗争并加以利用的最早的有意识的活动，就开始认识并力求了解土壤。如早在我国公元前的商（殷）时代（公元前1600（？）～1028（？））就开始了有关农业的活动，《吕氏春秋》已有关于“任地”和“辩土”的记载。

一、我国祖先对土壤的认识与利用

农耕与畜牧大致始于新石器时代，在我国最早分布于长城以北的细石器文化。据考证，这是从西伯利亚贝加尔湖附近的地区发展而来。贝加尔湖文化遗存，似属旧石器时代的晚期。很可能由于第四纪气候的变异，人类渐次向南移动，到达我国的蒙古和黑龙江昂昂溪，据考古学的论证，我国昂昂溪细石器文化应属新石器时代的早期，已出土的文物证明，在经过磨制的有石钻、石磷、石刀、石箭簇等，还有相当多的骨制鱼叉和少量的手制粗陶器。这些陶器的用途，主要是储存生活用水和食物，特别是谷类食物。这类定居和食物的储存，意味着这一时期可能已有农耕生活的萌芽，也是对土壤利用的开始，而手制的粗陶器，必须对土壤质地的性质有了相当的认识之后才可能出现的一种工业利用土壤的萌芽。说明我们的祖先对粘土的塑性已有所认识。但旧石器时代的人类社会，只不过是一些逐水草而居或合伙住在山洞里的原始人群，正如“吕氏春秋恃君览”中所描述的：“昔太古尝无君矣，其民聚生群处，知母而不知父，无亲戚，兄弟，夫妻，男女之别，无上下，长幼之道。”人们聚居在一起，主要是为生存而合力与自然环境作斗争，如共同防御猛兽的侵犯或一起狩猎、采食和繁殖后代等。并在这种斗争中增长知识，推动社会生产力的发展。

我国农耕生活的开始，约在新石器时代的中期或晚期，据考古学的证明，这个时期的文化遗迹，在我国被发现的已有不少地区，其中最主要的有仰韶文化和龙山文化两个系统。

1. 仰韶文化

又称彩陶文化，是以内有红色，表里磨光和有彩绘的陶器为特征，约起源于公元前 2200 年前后，分布地区很广，从新疆到渤海湾西岸都有发现，主要分布在西北黄土高原一带。近年也已在福州多处发现，如 1991 年，在福州市鼓楼区七里井旧房改造工地上，发现于地面下 2.7 米深处普遍有一层黑色淤泥层，其中沉积着许多新石器时代至商周时期的陶片，而在福州地区最早被发掘的新石器文化遗迹，考古学家称之为“壳丘头文化”，是闽台一带新石器时代早期文化的代表。壳丘头位于平潭岛平原乡的壳丘头，属六千年前的滨海岸阶地，其下埋藏着 1 米多厚的贝丘堆积，证明当时的居民靠捕鱼、捞贝的“讨海经济”为生，石器中有一定数量的打制石器，和一部分骨器及由牡蛎壳制作的骨耜，而最具特色的是陶器口部和肩胛的贝齿纹装饰（即利用蚶类贝壳边缘齿纹压印在陶坯上烧制而成）。而与此几乎同期的闽侯县石山文化（包括闽侯庄边山下层，白沙溪头下层和福清东张下层等遗迹），位于福州市以西 22 公里处的闽江北岸 20~30 米红土阶地上，从 1954 年开始以来的 7 次考古发掘证实，该遗址中下层文化属于新石器时代晚期，距今约 4000~5500 年之间。以涂赭色的橙黄陶、灰硬陶和彩绘陶为主要特色。说明当时祖先对粘土的利用已有相当的工艺技术。

2. 龙山文化

它和仰韶文化差不多属同一时期的两个不同系统，其以原质细腻、表里平滑而有闪光、陶壁薄如蛋壳、内外皆为黑色的陶器为特征，故又称为黑陶文化。在我国的分布东起山东，西至陕西，北自辽东南部，南至浙江均有发现。但主要分布在山东沿海及黄河下游大平原一带。龙山文化各遗址的出土物，除黑陶外，石器有铲、斧、双刀及箭簇等；骨器有笄（音基，古时男女束发的簪子）、梭（纺织用器）等；蚌器有刀、铲、锯等；家畜和野兽的骨头，以狗、猪骨为最常见，马、牛和鹿等次之。仰韶文化的人类多半居住在河岸的阶地上，有肥沃的土壤便于耕种，并多在黄土层里掘成长方形的洞穴，作为居地。尤以城子崖遗址为明显，环绕着长方形的板筑城墙，南北长约 450 米，东西宽约 390 米，住房多在城墙内。这反映当时的定居农耕生活已有相当的稳定，但从出土文物中各种动物骨骼看，当时的畜牧在人们经济生活中似比农耕更为主要。故对土壤的利用知识，似多局限于制陶和用于筑墙的工艺。可见人类祖先对土壤的最早认识和利用并不是从农业开始的，恰恰相反，他们先是从土壤颗粒的粗细，粘土塑性可利用于烧制陶器，粘壤土为次，可用于筑墙等。

二、我国农业对土壤的利用

在我国可认为是从公元前 5 世纪的“诗经时代”开始的。《诗经》是我国古代一部诗歌总集。最早的诗篇。历史上认为是西周前期写成的，诗中内容基本上是反映我国西周和春秋两个历史时期的情况为主，因此，“诗经时代”主要指西周、春秋时期，它也是研究我国先秦农业的主要依据。其反映的地域以黄河流域的中、下游为主，包括今天的陕西、山西、河北、山东、河南等省及湖北省的北部。这一地区也是当时我国经济、文化的先进地带。从西周到春秋约五、六百年间，黄河流域的经济面貌有很大的变化，各地区的发展也多不平衡。在黄河流域以外的地区，如长江流域以及长江以南的广大南方地带，直到汉代仍处在“火耕水耨”的阶段，即使到西周时期的黄河流域，也还呈现着脱离原始社会不久的景色，如孟子说：“周公相武王，……驱虎、豹、犀、象而远之。”（《孟子》《滕文公下》）。可见周公的时候，黄河流域的大地上，仍有不少虎、豹、犀、象之类的野兽。实际上周公以后，孟子所谓的“草木畅茂，禽兽繁殖”的景象，依然在黄河流域不少地区存在着。但粮食的种植，特别是黍、稷，在

当时人民生活中已取得主要地位应是肯定的。如诗经中在描写当时农民的生活情况有：“七月烹葵及菽，八月剥枣，十月获稻，为此春酒，以介眉寿；”，“九月筑场圃，十月纳禾稼；黍稷重穰，禾麻菽麦。”等等。反映了当时粮食作物中的黍、稷、禾、麻、菽、麦等，“重”和“穰”泛指它们迟熟和早熟的品种。麻应指麻子，在当时也被当粮食。在这样多种种植齐头并举的生活中，农业生产技术的改进必然受到一定的影响，但由于当时地广人稀，对土壤的经营管理都采取撩荒的“游耕制”，如《齐风甫田》中所描述：“无田甫田，维莠骄骄。”甫田是指大面积的土地或耕地，当种植作物一、二年后，野草又再蔓生称“维莠骄骄”，人们也感到无能为力，因而宁愿放弃，改开垦新的土地种植，这在当时原始的农业生产状况下，对改良土壤和维持地力的唯一方法就是抛荒，即使到今天在一些比较落后的边区，或少数民族的山区，也都还有这种抛荒的游耕制。在火耕水耨的条件下，一般土壤垦殖利用三年后，由于自然积累有机质的下降，土壤的自然肥力已难再适应人工种植作物的生长，而重新被一些适应于低肥力的植物所占据，故而有“维莠骄骄”的出现。此时再勉强种植庄稼就会得不偿失，所以，人们宁愿重新开垦新的土地，就像闽西北一带农民的“炼山”毁林开荒，因而，在诗经中所描述的农业有所谓的“甾、新、畲”。据《毛传》：“田，一岁曰甾，二岁曰新田，三岁曰畲”。也是指的对土壤的利用方式，当第一年刚开垦出来的田称之为“甾”，种植第二年称“新”，再种植到第三年称为“畲”。这反映了当时对土壤的耕作多样的这种抛荒的“游耕制”。这种农耕制也就是利用土壤的自然肥力种植作物，以满足人们生活的需要。

随着社会经济制度的逐步巩固，从原始的公有制社会发展到私有制奴隶社会到封建社会以后，农业生产也逐步得到加强。从战国时期的“商鞅变法”开始，奠定了我国封建农业的基础，为时虽短，但其影响十分深远。农村公社趋向最后解体。农业生产方式也由大集体变为个体，阶级分化，农民流动性扩大，农业生产发展的主要特点是：（1）生产工具已有铁犁和畜耕；（2）农田灌溉技术已开始应用于生产；（3）土壤改良和施用农家肥料的技术也开始发展起来。

在这初始封建农业的基础上所产生的两部有名的古农书——《商君书》和《吕氏春秋》中，对土壤利用改良、作物栽培、土壤耕作及复种等都有明确的说明，尤其对土壤的农业利用方面，提出了五条原则要求：（1）力者欲柔，柔者欲力。指土壤过于粘重时应使变疏松，而过沙的土壤应使变粘些，与我们现在所提倡的“粘客沙，沙客粘”的客土改良法相似；（2）息者欲劳，劳者欲息。指土壤的养用要相结合，休闲后应当通过耕作再种植作物，而种植作物后的土壤应当休闲一段时间再耕作；（3）棘者欲肥，肥者欲棘。指瘦田应当施肥，而肥田则应通过调节减肥，避免作物徒长；（4）急者欲缓，缓者欲急。指土壤水分状况应当保持适当，有漏水漏肥的田应改良使能保水保肥，而持水性过强，以致造成土层滞水的应当注意烤田干燥；（5）湿者欲燥，燥者欲湿。指对土壤水分的调节，过于潮湿渍水的土壤应当促使排水，而干旱的土壤应当加强灌水调节。这五项土壤管理的原则在近代土壤改良学中都已得到科学的论证。

从汉代（公元前206年至公元280年）开始，是我国封建农业逐步走向巩固和提高的盛期。这时期农业科学的主要代表作有：《管子》、《汜胜之书》和《禹贡》。农业技术的发展可概括为如下特点：（1）精耕细作技术逐步形成；（2）土、肥、水综合改土的技术开始被应用于生产；（3）开始有农业土壤的分类和肥力等级的区别。

在前汉时期农业科学知识的明显特征就是对于作物土宜的认识，并开始对土壤性状和分类，发生有了科学的总结。如在《管子》“地员篇”中就将当时关中的土壤区别为五种类型：

(1) 渍田悉徒。指近河滨的渍水土壤，经过多次冲积淤泥泛滥覆盖（悉徒），生产力最为上等。“泾水一石，其泥数计，且灌且粪”，就是指这种土壤的发育，在泾河水中含有许多肥土，用其灌溉等于给土壤上肥；(2) 赤垆。指棕色的疏柔而肥沃的土壤，生产力为最上等；(3) 黄堂。指关中西部渭河与洛水之间冲积三角洲地，沙土，生产力较低下；(4) 赤埴。棕色的粘壤土，生产力中等；(5) 黑埴。黑色的粘壤土，多有机质、肥力高。

在《禹贡》中已提出我国当时九州土壤的分类，其依据是土壤颜色和质地，据考证对照说明如表 1-1。

表 1-1 《禹贡》中的九州土壤类型及其考证

九州	相对现政区	土壤类型	近代土壤分类类型
冀州	河北，山西平原	白壤	盐潮土
兖州	山东西部	黑壤	潮土
青州	苏北，鲁皖交界地带	青埴壤	黄棕壤
扬州	江、浙、皖南、赣	涂泥	水稻土
荆州	湘、鄂	涂泥	水稻土
豫州	河南、鄂北	壤、下土埴垆	砂姜黑土
梁州	陕南、四川等地	青黎	紫色土
雍州	陕北、甘肃等地	黄壤	黄绵土

* 据中国科学院南京土壤所编制：中国土壤图集，1986

《禹贡》中把九州划分为八种不同的土壤，从当时的科技水平来看是十分难能可贵的，可见我国农业在几千年前就对耕作土壤的利用有了相当的认识。如据考证，现在河北、山西平原地带多为盐潮土分布，或者当时就是所谓的“白壤”。

从近代土壤质地分级考证，《禹贡》中所谓的壤、埴、埴、垆，似属土壤质地的分类：壤——壤土，埴——粉砂土，埴——粘壤土，垆——粘土。

黑埴在山东西部多为黄河下游的冲积物覆盖，属粉砂质的潮土类型。黑应指土壤表层颜色呈黑色，多有机质。

青埴在苏北、鲁皖交界地带，属黄淮海流域的水网地带，如苏北徐州，安徽宿县，山东济宁，古时应是黄淮河经常淹没的低洼地区，土壤渍水呈青色，属粉粘土类的质地。

扬州和荆州的涂泥，这里古时应属江淮低洼地带，土壤常年渍水是为涂，并少有开垦利用。

豫州为今日的河南，平原多是石灰性冲积土，古时应是黄河流域的黄金地带，土壤上层为壤土，下部为埴垆土。垆是指粘韧的重粘质土壤，“湿时一团糟，干时一把刀”。较埴土含有更多的细粘土类。“砂姜”的发育可能与下层这种细粘土有关。

梁州为今日的成都平原所在地，现为长江支流的冲积平原所覆盖，推测古时地势应较低洼，并常有渍水，是以上壤颜色发青，“黎”属疏松之意，常有水渍而又疏松的土壤，一般为低河岸阶地上的老耕作土，土性“三沙七泥，耕耙均易”。现虽属紫色土区，但这种青黎土可能已大面积发育为水稻土。

雍州的黄壤属陕北黄土高原地带，经几千年的耕作培育为今日的“黄绵土”也是必然的。

《禹贡》中的这种以质地和上色为依据的土壤分类法直到今天还仍然被土壤科学所应用。这说明我国的土壤科学在几千年前就有其辉煌发展的一面。

三、当前我国农业建设中的土壤问题

土壤资源和人类生存繁衍之间的生态学关系，特别是在原始生产力十分低下的条件，显得更为重要。人类采用开垦——撩荒——再开垦土地的方式而获得生存所必须的物质条件。故“农”的定义称：“辟土植谷曰农”。说明土和农是不可分割的。然而，随着人口的激增和国民经济的不断发展，对土壤资源的超前利用和需求，已对土壤的合理利用出现了空前未有的破坏性冲击。这也是任何一个国家或民族都必然要经受的社会历程。

从生物科学的角度来看，人类繁荣的主要标志是人口的增长。而人口增长必然引起对食物、土地和各种自然资源需求的增加，并形成一定的经济和破坏性的压力。自本世纪40年代“发展经济学”问世以来，生产力的发展就成为每一个国家和民族自身繁荣的首要问题。当本世纪60年代初，我国经济仍处在一个“瓜菜代”的困难时期，联合国的专家们就提出了一份有关世界生产力发展的研究报告，其中包括了三个世界性的问题，即贫困（poor）、污染（pollution）和人口（population）。也即通常所谓的“三P”问题，特别在一些发达国家如美国和日本，污染问题已形成国民经济发展和人民健康的主要障碍；而贫困和人口问题则是所有不发达国家的要害。我国的现状是：人口每年正以上千万的速度增长，而耕地近几年则是以每年上千万亩的速度在减少。

（一）人口激增与小农经济模式的关系

我国的农耕文明是以镰刀加石磨为基础的。传统农业的耕作方式的特点是“低层次平面垦殖”，也即以体力劳动务农为本，耕地而食。这种农耕方式是以人口的数量和体力为主要投入，而以稻谷、麦类等淀粉食物为主要产出的食粮，以维持生计的小农经济特点。农作物产量的增加，有赖于劳力的不断追加投入，人力的投资成了传统小农经济中最有效的投入。多产粮食要求更多的人力投入，而人力增加要求相应的粮食消耗，从而刺激人口繁殖。因而，自古以来，我国人口的增长与农业生产之间总维系着一种十分脆弱的平衡，以致两千多年来农业生产发展缓慢得近乎停滞。如以粮食单产为例：战国时期，我国的粮食单产已可达100公斤/亩，唐朝为150公斤/亩，到了清朝仍停留在200公斤/亩以下。而用小农经济维系着中国几千年的封建统治，男耕女织，自给自足的农村经济特点与多子多福，男尊女卑的生育文化观念交织形成了人口增长的“马太效应”：人口越多，人均土地越少，生活越贫困，娱乐生活越差，必然越出现多生。由此而形成的“贫困的强循环机制”——人增，地减，粮紧。

人口问题主要是属于社会科学的范畴，其变动取决于多种社会因素——经济的，文化的，习俗的和宗教的，其调控范围也为这些社会因素的发育所界定。而如何解决地减和粮紧则是土壤科学家义不容辞的科学职责。

（二）土地减少与失控的经济发展的关系

自50年代中期以来，由于非农业占地的不断扩大，以及灾害和弃耕等原因，出现了连续多年耕地面积下降的局面。据有关统计，目前全国每年的耕地减少数量仍以近千万亩的速度急剧下降。而在人口急增的双重压力下，我国的人均耕地面积已由建国初期的2.7亩直线下降为1.5亩，这种减少的速度显著地超过了世界各国的平均递减率。这除与人口的急增有关之外，对失控的经济发展也有密切的关系。如从90年代初开始在福建沿海城乡燃起的“土地

连片开发”热，不断地把公路两旁的耕地提供为引进外资办厂的基地，从福厦沿线的江口开始到莆田城关连绵 30 余公里的耕地，历史上向为福建平原农业的富饶地带，现在已被成排的街道所代替，市连镇，镇连村，公路开到那里，房子和商店就盖到那里，这种在短时间内，大规模地耕地永久性丧失可能酿成的历史性悲剧将不亚于战争对农业的洗劫。因为土地一旦进行了建筑，就很难再恢复耕作了。并因此而诱发的水资源污染也是很难在短期内被排除的。

(三) 土地所有权国有化与使用权私有制的矛盾问题

从 50 年代人民公社化以来，全国的耕地才彻底地从农民手中转为国有化，并交由人民公社集体经营，这对于身受几千年封建统治，土地私有制的中国，应该说是一项翻天覆地的变化，接着在大规模地“农业学大寨”的土地平整中，又彻底地把私有制遗留下来的土地界线也一锄铲平了，于是，才高兴从地主手中夺回土地还不到十年的农民，又只好把几千年来为之流血斗争的土地权交由“人民公社”去管理了。于是，整个国家的农业生产就由一部“宪法”——农业“八字宪法”和一个口号——“农业学大寨”指挥大面积生产。而在生产管理上则采取“劳动密集型”的方式，低效率运行。这一转变对于人口再生产单位——农民家庭的反馈信号是：多生多育。道理十分清楚，增加一个劳力就意味着家庭可以多分一份口粮，增加一份收入，并多分得几厘自留地，于是，农村人口开始大膨胀，形成了 60 年代中国的人口高潮，全国每年平均净增人口近 2000 万人。庞大的新增人口群体给本来已很脆弱的农业带来了更大的压力。农业技术人员也被迫转向年年催耕催种的“田头警察”。传统农业的改造因缺乏科技方面的回旋余地也开始走入低谷。从种植业的内部结构看，三十年来，我国粮食生产在种植业产值中所占的比重一直维持在 70~80% 之间。以播种面积构成为例，1952 年我国粮食播种面积占总播种面积的比重为 87.9%，到 1980 年也仍保持在 80% 以上。农业经济收入也呈下降趋势。即使到“联产承包责任制”（1980 年以后）实施以来，对农业经济的发展也还未能摆脱落后的局面。由于推行这种制度的实质就是把国有化的土地使用权交由农民自行掌握。于是，在一些人多地少的沿海农村，就出现了一种反常的瓜分土地的现象，好田大家都有份，各分一点；瘦田人人都得承担，也要各家分一点，其结果是好地瘦地都遭殃，在一小块耕地上，通常都能看到几种轮作方式同时并举。如此人为支离破碎的耕地，农业经济怎么发展？因而，近年来，在引入外资“连片开发”措施的冲击下，闽南一个村长竟然有权把几十亩耕地拱手卖给外商，这也正暴露了我国当前这种土地国有化和使用权私有制矛盾的尖锐化。在承包耕地使用权的农民心里，反正这块地又不是我的，于是，想尽一切办法使之成为私有：一是借钱盖房子，连同土地一起就成为私人所有。于是，农村中的围基占地，盖房子成风至今仍然风靡各地，大片耕地一再被蚕食；近年，更加严重的是在福建沿海乡镇盛行的“连片开发”之风，只要有人看中，交易随时都可进行，一块地，农民和村，镇政府三分之一开，即利益各得 1/3，如 1 亩耕地的价格可值 3 万元人民币，则只要大家同意，农民 1 万，村政府 1 万，镇政府也得 1 万，皆大欢喜。名其为“连片开发”，实质就是大面积占用耕地，弃农从工（商）。这种土地政策上的矛盾酿成的农业悲剧将是深远的。

上述当前农业建设中的人口激增和土地减少的诱因，为土壤科学提出的根本问题可概述如下：

1. 土地优化利用问题

人口增加与可利用土地不断减少的趋势，这应是社会发展的必然结果。据遥感探测的结果，迄今的太阳系其他星球都还未发现生命物质的存在。而人类作为地球生物的一员，目前

仍处在一种全盛发展的趋势,从全球的角度来看,现在世界人口每年要增加 8000 万到 1 亿人。据联合国预计,到世纪末(2000 年)全球人口将发展到 60~70 亿人,要解决这么多人的温饱问题,按当前发达国家的农业科技水平和现代化程度估计,一个国家按人口平均的耕地如果达不到 6 亩,是很难解决粮食问题的。我国人均耕地的水平很明显是大大低于这个水平的,据近期统计只有 1.5 亩/人,而在华东人口密集的沿海地区,还不到 1 亩耕地/人。福建、广东沿海更低于 0.5 亩/人。现在还不断被乡镇企业和城市规模和交通业扩大所占用。在这种情况下,排在土壤和土地科学家面前的任务是:如何通过土地的优化利用以提高单位面积上的食物产量来减轻土地的承载能力。根据战后日本农业的发展状况来看,这是有可能的。如 1970 年日本全国的耕地面积为 551 万公顷(8265.0 万亩),总人口为 10560 万人(1971),平均每人约有耕地 0.8 亩,而平均粮食单产量为 213.8 公斤/亩。在这种低耕地水平下,他们采用约占总人口 10%的农业劳动力(1076 万人)从事土地优化利用而解决全国人民的生活问题,除在有限的耕地上生产粮食外,平均每个农业劳动力每年还生产了肉类 128.0 公斤,奶类 442.9 公斤,蛋类 161.2 公斤。根据这种经验,我们把土地优化利用的概念定义为:在单位面积土壤上应用近代科技集约经营而取得最高质量和数量上的生产力报酬。因此,土地优化利用的模式应是如何把农、林、牧(包括全部动物饲养)有机地结合在一起而取得土地利用的最佳效果,这也是建立持久性农业的首要问题。

在我国的传统农业中,充分利用土壤生态的时空优势,发展农业生产的土地利用优化模式是很多的。如著名的珠江三角洲“桑基鱼塘”模式,其系统的效率是很高的,据广州地理所(1984 年)测定的材料如表 1-2。

表 1-2 桑基鱼塘模式的 C、N 循环特点

	N	C
输入(公斤/亩)	83.7	943.3
输出(公斤/亩)	47.8	271.2
周转率(净生产量/系统外输入量×100)	57.2	28.8
生态效率(经济产量/总产量×100)	76.2	27.2

如表 1-2 中的周转率所表明的,由系统外输入的 N 素物质有 57.2%是形成生物产量,而把 71.2%的碳素留在系统内以补充土壤的有机质。而从生态效率看,这种系统的产品质量也是比较高的,大部分投入的 N 素多转化为经济产量而使蛋白质生产大大地增多了。这种系统是我国水网地区传统农业中之一最佳的土地优化利用模式。

70 年代以来国际上兴起的“复合农林业”也是提倡根据不同的生物气候条件,采取乔、灌、草(包括农作物、牧草以及其他草被种植)综合利用改良土壤生态环境的方式发展持久性的农业,并把林、牧业有机地结合起来。如从 1983 年开始,福建农业大学红壤试验站在南亚热带晋江地区开展的赤红壤生态模式试验,也证明对瘠薄的赤红壤改良的土地优化利用模式是以林—果—牧生态系统为最佳:当林(木麻黄)、果(龙眼、香蕉)成林后,在系统内外的水势状况都有明显的变化,尤以地面温度的较差,系统外为 7~15℃,而系统内仅为 1.5~4.0℃,这项变化势必对系统范围内的一切生物(包括人)的生理和代谢机能的活动形成良好的调节作用;而在同一时间内,系统外部土壤中的含水量仅为 15.7%,而系统内部则可达 25.3%;从土壤养分 NPK 的增长情况看也是十分明显的,据定位检测的结果表明,系统内的土壤表层较系统外的每年可多获得 N91.8 公斤/亩, P90.6 公斤/亩, K81.2 公斤/亩。可见一

种合适的土地利用模式，不仅能提高土壤的净初始生产力，而且，在提供人们的食物方面，环保方面都是最佳的。

2. 土壤退化问题

土壤退化是指土壤生产力下降的一种质量损失。按一般定义即是指人类对土地的不合理利用而导致土壤质量下降的过程，其内容为：(1) 单位土地面积中生态系统的生产力下降；(2) 土壤生态系统趋向不稳定性发展，水土流失加剧，土壤能量和物质平衡失调，对人类有害物质增多。

从退化的特点看，赵其国将其划分为三种类型：(1) 物理性退化，包括上部土层的坚实硬化，铁质硬化（化学的）以及侵蚀沙化（风蚀和水蚀）；(2) 化学性退化，包括肥力减退（营养元素失调），土壤酸化、碱化和被污染等；(3) 生物性退化，包括有机质下降，动植物区系减少等。这种退化的结果都将导致土壤单位面积上净初始生产力的递减。

土壤退化的问题从 70 年代开始，就被联合国粮农组织（FAO）作为一项世界性灾害进行了全球规模的调查（1975）。在我国所面临的情况从下列不完全的统计数据便可见其严重性：

(1) 我国的水土流失面积约计 150 万 km^2 ，占全国土地面积 16.7%。

(2) 我国的盐渍土面积约计 14~15 亿亩，而在耕地中的盐渍土约有 1~2 亿亩。

(3) 我国在半干旱农牧交错地区，已有 13 亿亩草场发生沙化，约占全国草场 1/3。近年来沙化面积每年达 2100 km^2 。

(4) 在红壤丘陵地区，耕地中的酸化、养分失调和贫瘠化已达 1.2 亿多亩。

(5) 据近年报导，我国目前受工业废弃物污染的土壤已达 84 万亩，其中耕地 11 万亩；而直接遭受农药污染的达 2 亿亩。

克服土壤退化的根本办法在我国现实条件下宜抓好如下改革措施：

(1) 把土地权归还农民，以村为单位实行农、工、商一条龙的经营管理方式。在村政府领导下，有计划有步骤地把农村劳动力按 6 : 3 : 1 \approx 农 : 工 : 商分工。在当前农业机械化条件还跟不上的情况下，应首先保证有 60% 以上的劳动力从事耕地的种植和管理；而乡镇企业的发展 and 从事城乡物资交流的劳力当前宜应控制在 40% 左右，以避免土地荒芜，以及因畸形发展的乡镇企业造成对耕地的污染威胁。并在经济收入上由村政府实行三者的互补政策，从工商业的净利润中抽成 10~20% 转为农业投入。

在农业经营上以提倡家庭农业或庭园农业的方式，一个家庭农场的规模以不低于 20~30 亩的连片种植。从村政权的管理形式看，可把这种家庭农场视同一座座“绿色工厂”、“厂与厂”之间宜采用永久性的果树林或防护林分开。并规定不得任意改变土地的使用方式，但土地权应永远归这些家庭农场所有。各级政府或部门不得随意征购。实质也就是把目前我国《土地法》中的“土地权归国家和使用权属农民”的所谓“承包责任制”颠倒过来，把土地权归还农民所有，使用权由国家安排。并应允许土地的自由买卖。因家庭农场的主人在经营了一段农业之后，身边有了一定的积累，他们也可能考虑改行干别的行业；也可能因经营不力遭受蚀本无能继续经营，而希望把土地转让他人，自己转行经营其他行业，国家也是应当允许的，而不必像《土地法》中所规定的“土地不得自由买卖”。

(2) 逐步推行农业机械化。使从事农业劳动的人口能逐年减少到一定的水平，促进耕地的管理向集约化的方向发展。也只有这样我国的农业才可能真正地跃入现代化的行列。

(3) 把乡镇企业的发展方向约束在与农业密切相关的食品工业，以及林副产品加工等方面，以充分发挥农林资源的利用和避免原材料对耕地污染和运输方面的浪费。

第二节 土壤调查与制图技术的发展概况

土壤调查与制图技术的应用首先是随着农业生产的需要而发展起来的。我国在二千多年前的古农书中就有关于任土、辨土的论述，如只有1100~1200字的《禹贡》开头就是：“禹别九州，随山浚川，任土作贡”。也就是根据九州不同的土壤类型制定贡赋。说明我国祖先很早就开始应用土壤肥瘦的鉴定技术为国家制订土地税提供依据。

俄国学者道库恰也夫于1882~1886年在其本国的尼日格勒省的土壤调查也是为制定国家的土地税收开展研究工作的，但他首先应用地理综合法进行土壤调查，并于1883年发表了《俄国的黑钙土》专论，在书中指出了土壤的形成过程是母质、气候、生物、地形和陆地年龄(时间)等五种自然因素相互作用的结果，从而明确了土壤是一种有自身发展过程的独立自然体。奠定了近代土壤学发展的基础，由此而创立的土壤调查技术，迄今仍被科学上广泛采用。

但土壤调查技术由于受到土壤发生特点的限制：地理分布广阔和逐层次分布深厚，而使其调查研究技术必须依托于仪器和测量技术的发展而深受限制。直到今天，一百多年前由道库恰也夫发明的观察部面法仍是野外工作中最有效的研究方法，较之地质调查都更为艰难；而在制图方面，其准确性也深受地形图测量技术的限制，如到目前为止，我国的标准地形图仍被限制在五万分之一缩尺的精度，因而，要求较大比例尺的调查精度，土壤工作者往往必须自由进行地形图的测绘。

第二次世界大战以后，随着世界人口的激增和粮食的紧缺，也加强了各国政府对土壤资源调查的紧迫感，如从1949年开始，联合国在美国的成功湖组织了保护和利用自然资源的学术讨论会；1963年2月，联合国又在日内瓦召开了发展中国家利用土壤调查成果会议；1974年前苏联土壤地理学家Kovoa主编了1:10 000 000世界土壤图(World Soil Map at the Scale 1:10 000 000, Transactions, 10th International Congress of Soil Sci. VIII 1974)；联合国粮农组织从1975~1979年连续编制了1:5 000 000的分幅世界土壤图，并组织了世界范围内的土壤资源退化的调查，同时促进了遥感技术在土壤调查与制图中的应用。

航空摄影技术的出现对土壤调查与制图技术来说，可认为是一项革新性的阶段发展。但从1858年第一张航空像片问世迄今，遥感技术在土壤调查中的应用基本没有多大的变化，这是由于航空象片的分辨率和摄影技术的色调反差特性的限制，使调查者在野外勾绘土壤界线时仍无法摆脱大比例尺地形图的校核工作量，这无形中加重了土壤调查的费用和野外工作的难度。因而，使航片的实际应用深受限制。但自从70年代陆地资源卫星(landsart)上天以后，遥感技术的摄象高度被提到近似垂直投影的高空并应用多种数据的搜集技术和分析方法而使遥感技术领域的进展达到了一个全新的时期：其特点之一是用二个或更多波段同时拍摄一定区域的地物，可获取的地球资源信息比用单一谱段拍摄的像片要多；第二，由于卫星在固定的轨道多次环绕地球所取得的动态影象信息，可为农业和土壤资源的变化提供预测预报的科学资料；第三，在许多情况下，采用成套的地图来表示资源的信息，使每幅图件能重点反映一种专门的资源，如森林的，土壤的，水文的和土地利用的等。在自然资源调查中，这种一次性的成像专题图集，无论在时间上或经济方面，较之地面上的大规模清查都要合算得多。