

土壤肥力

研究方法

严昶升主编

农业出版社

土壤肥力研究方法

土壤肥力研究方法

严超升 主编

• • •

责任编辑 徐蒲生

农业出版社出版 (北京朝阳区东营路)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

850×1168 毫米 32 开本 13.5 印张 345 千字
1988 年 10 月第 1 版 1988 年 10 月北京第 1 次印刷

印数 1—2,350 册 定价 3.90 元

ISBN 7-109-00119-9/S·84

内 容 简 介

本书从工作实际出发，按土壤肥力基础物质、肥力物质转化机制、土体构造及其作用和土壤肥力的数学评价等四个方面，介绍了土壤肥力的观察、分析测定和评价的方法，可供省、地以上科研单位从事土壤肥力研究科技工作者应用，也可供有关农林院校师生教学参考。

学术指导 陈恩凤

主 编 严昶升

编 著 者

(以姓氏笔划为序)

丁庆堂 于德清 邱凤琼 张志明

张德生 严昶升 周礼恺 郑洪元

武冠云 胡连生 高子勤 党连超

崔 勇 曹承绵

前 言

本书是有关土壤肥力测定研究方法的实用工具书。编写力求简明实用。以便农、林、土肥专业一般科技工作者依据本书便可进行实际操作、数据整理和应用。

土壤肥力是土壤的本质属性，也是陆地生态系物质能量循环的中心环节。它不只对绿色植物生产有直接决定性作用，对人们的经济生活也有着重要影响。采用何种方法来确切了解土壤肥力状况，以便进一步予以合理地调控，使它与各种生态因素相互协调，满足绿色植物生长发育的需求，保障稳产高产，一直为广大农民、农村干部以及有关科技工作者和大、专院校师生们所关注；特别是我国国土广阔，但耕地只约占百分之十，人均占有耕地不足二亩，可供开垦的后备耕地又非常有限，所以，保障提高单位面积产量，了解并改善土壤肥力条件更是当前和今后一个长时间所面临的实际问题。本书正是由此出发，为适应大农业迅速发展的需要，笔者在多年从事土壤肥力研究工作实践的基础上，在陈恩凤教授指导下编写而成。全书内容分十二章。除第一章绪论之外，其余十一章分作四个部分，即甲、土壤肥力基础物质部分的研究，包括第二至第六章，由严昶升、崔勇、高子勤、丁庆堂、党连超、武冠云和邱凤琼编写；乙、土壤肥力物质转化机制部分的研究，包括第七、八两章，由郑洪元、张德生、张志明和曹承绵编写；丙、土体构造及其基本作用部分的研究，包括第九至第十一章，由严昶升、崔勇、于德清、胡连生和丁庆堂编写；丁、土壤肥力的数学评价，即第十二章，由张志明和曹承绵编写；图件清绘由方汝桂和陈慧燕完成。初

稿形成后，由严昶升负责统编，由周礼恺对部分章节作了校改；又送请张宪武研究员、陈恩凤教授、刘孝义和梁文卿副教授审查并作具体修改，保证符合了全书编写目的和要求。

本书主要适用于省、地有关科研机构；有条件的县级科研单位，从事土壤肥力测试分析的工作者也可应用；并对有关大专院校广大师生教学有一定参考价值。由于笔者水平有限，书中疏漏错误之处在所难免，望读者不吝指正。

编著者

1985.6.5

目 录

前 言

第一章 绪论.....	1
1.1 关于土壤肥力研究概述.....	1
1.1.1 早期对土壤肥力的认识和探索.....	1
1.1.2 十九世纪以来土壤肥力研究的发展.....	2
1.1.3 土壤及其肥力在生态系统中的地位和作用.....	3
1.1.4 土壤肥力研究的基本内容.....	4
1.2 土壤肥力研究方法与选地采样.....	6
1.2.1 基本原则.....	6
1.2.2 样地的选择.....	7
1.2.3 土壤样品的采集.....	9
1.2.4 采集样品的记载.....	11
参考文献.....	15

甲 土壤肥力基础物质部分

第二章 土壤颗粒组成的测定.....	16
2.1 土壤矿质颗粒组成的测定.....	17
2.2 土壤团聚体组成的测定.....	29
2.3 土壤微团聚体的测定.....	34
参考文献.....	41
第三章 土壤有机矿质复合体及其理化性质的测定.....	42
3.1 基本概念和意义.....	42
3.2 土壤有机矿质复合体的分离与制备.....	47
3.3 有机矿质复合体中腐殖质结合形态的测定.....	64
3.4 有机矿质复合体物理、化学性质的测定.....	69
3.4.1 土壤微团聚体稳定性的测定.....	70

3.4.2	土壤有机矿质复合体膨胀性的测定	73
3.4.3	土壤有机矿质复合体的养分 (C. N. P.) 的测定	77
3.4.4	土壤有机矿质复合体吸收容量的测定	77
3.4.5	土壤有机矿质复合体复合度的测定	77
3.4.6	土壤有机矿质复合体中游离氧化铁的测定	81
3.4.7	土壤有机矿质复合体表面积测定	84
3.4.8	土壤有机矿质复合体的电泳测定	90
参考文献		97
第四章 土壤腐殖物质及其主要功能与性质的测定		100
4.1	土壤有机质矿化度及腐殖化系数的测定	101
4.2	土壤腐殖物质总量的测定	105
4.3	土壤腐殖物质组分的测定——邱林法	114
附: 活性胡敏酸含量的测定		122
4.4	土壤腐殖物质组分的测定——科诺诺娃法	124
4.5	腐殖物质光学性质的测定	129
4.5.1	腐殖物质样品的分离与提纯	129
4.5.2	腐殖酸紫外光谱的测定	131
4.5.3	腐殖酸红外光谱的测定	134
4.5.4	胡敏酸 E_4/E_6 比值的测定	138
4.6	腐殖酸交换容量的测定	139
4.7	胡敏酸含氧功能团的测定	142
4.8	胡敏酸灰分的测定	150
参考文献		151
第五章 土壤及微团聚体中不同形态氮的测定		153
5.1	全量氮的测定	154
5.1.1	蒸馏法	154
5.1.2	扩散吸收法	158
5.1.3	流动注射法	160
5.1.4	氨电极法	164
5.2	碱解氮的测定	172
5.3	可矿化氮的测定	176
5.4	有机态氮的分组测定	180
5.5	土壤 $\text{NH}_4\text{-N}$ 的吸附与解析	185

参考文献	186
第六章 土壤及微团聚体中不同形态磷的测定	187
6.1 全量磷的测定	187
6.2 有效磷的测定	190
6.3 有机磷与无机磷的测定	193
6.4 有机磷的分组测定	196
6.5 磷的吸附与解析	201
参考文献	203

乙 物质转化机制部分

第七章 土壤微生物的计数及其生物化学活性的测定	205
7.1 分析样品的采集和制备	205
7.2 土壤微生物的计数	212
7.2.1 细菌的计数	212
7.2.2 真菌的计数	213
7.2.3 放线菌的计数	214
7.3 参与土壤中物质循环有关的微生物的计数及其生物化学活性的测定	215
7.3.1 碳的转化	216
7.3.2 氮的转化	218
7.3.3 无机元素的转化	228
参考文献	233
第八章 土壤酶活性的测定	234
8.1 一般原则和基本要求	237
8.2 样品的处理	241
8.3 氧化还原酶类的测定	243
8.3.1 过氧化氢酶	243
8.3.2 过氧化物酶	245
8.3.3 多酚氧化酶	248
8.3.4 硫酸盐还原酶	250
8.3.5 硝酸盐还原酶	253
8.3.6 亚硝酸盐还原酶	256
8.3.7 铁还原酶	258

8.3.8 锰还原酶	260
8.4 水解酶类的测定	263
8.4.1 转化酶	263
8.4.2 淀粉酶	266
8.4.3 纤维素酶	269
8.4.4 蛋白酶	271
8.4.5 脲酶	274
8.4.6 磷酸酶	277
附录 土壤酶测定中常用缓冲液的配制方法	280
参考文献	286

丙 土体构造及其作用部分

第九章 土壤空隙组成及基本水分类型的连续测定	287
9.1 内容和意义	287
9.2 采样测试方法的改进	291
9.3 打钻采样及应注意问题	293
9.4 测定步骤和计算	296
9.5 土壤渗透系数的测定	306
9.6 以土壤质地与空隙组成为指标的土体构造分类命名方法	312
参考文献	318
第十章 土壤气体的测定	320
10.1 测定原理	321
10.2 土壤气体样品的采集	323
10.3 土壤气体测定的气相色谱法	326
10.4 奥氏气体分析法	339
参考文献	342
第十一章 土壤某些理化性质的测定	344
11.1 土壤氧化还原电位 (Eh) 的测定	344
11.2 土壤温度的测定	349
11.3 土壤pH值的测定	358
11.4 土壤阳离子交换量的测定	363
参考文献	368

丁 土壤肥力的数学评价

第十二章 土壤肥力因素的数学分析	370
12.1 群分析	371
12.1.1 Q型群分析	371
12.1.2 R型群分析	388
12.2 判别分析	392
12.3 主分量分析	400
12.4 土壤肥力因素数值化的综合评价	411
参考文献	419

第一章 绪 论

1.1 关于土壤肥力研究概述

1.1.1 早期对土壤肥力的认识和探索

原始的粗放耕作常因地力消耗而作物减产，需要新垦荒地，以求获得较好收成，人们接触土壤肥力从此开始。轮休是远古恢复土壤肥力的主要措施。我国古农书很多，年代远溯到三、四千年以前，记载可考。公元前一世纪约二千年前，西汉《汜胜之书》明确提出要“务粪泽”，也就是要施用肥、水，提高土壤肥力。六世纪约一千四百年前，后魏贾思勰著《齐民要术》提出施用多种有机质肥，包括绿肥。水、粪、绿肥等一直沿用至今。

欧洲古代有关土壤肥力记载要晚一些。十七世纪赫尔蒙特(V. Helmont, 1577—1644)认为水能满足植物生长需要。十八世纪杭(F. Home, 1757)通过简单试验和分析，认为某些盐类如硝酸盐、钾盐等能促进植物生长；而瓦勒罗斯(J. G. Wallerius, 1761)认为“只有腐殖质才是植物的营养物质”，直到十九世纪初泰耶尔(A. V. Thear, 1909)还认为除了水分之外，“只有腐殖质才是土壤中唯一能使植物生长的物质”。总的认识过程是先认为水是营养物质，继而发现不同水质的作用不同，从而知道水内的东西和土壤的液汁有用，接着强调腐殖质的作用。

无论中外，早期对土壤肥力的认识，除水是必需物质外，施用粪、绿肥作物、腐殖质以及烧后的灰等，都是为了还给土壤被植物吸走的东西，而作为肥料的。从实践中逐步总结经验，并且行之有

效，是一种符合实际的认识过程。

1.1.2 十九世纪以来土壤肥力研究的发展

在前人对植物营养元素探索的基础上，十九世纪中李比西（J. U. Liebig, 1840）利用当时分析化学的成就，测出植物能够吸取土壤中以及从有机质分解产生的氨和空气中的二氧化碳，还有其它化合物，提出“矿质营养学说”，还指明需要不断地给土壤施用和归还矿质养分，才能维持其肥力。从而开创了化学肥料工业，促进了植物生理学和营养学的创立，推动了农业和土壤科学的发展，这是一项划时代的重大成果。目前植物营养研究的蓬勃发展，和“化学潜力”，指土壤供给植物主要营养物质的潜在能力，成为土壤肥力研究的一个重要方面。

接着二十世纪初威廉斯（V. R. Williams, 1902）继承道库恰耶夫（V. V. Dokuchaiev, 1870）创立的土壤发生学，明确生物包括有机质的合成和分解对土壤形成和肥力的巨大作用，提出“团粒学说”，强调水气作用。为了增加土壤有机质，要实行草田耕作制，开始将土壤纳入农田生态系统。目前这方面的研究正在积极开展。

我国的近代土壤科学研究起步较晚，约从二十世纪三十年代开始，五十年代在前人研究的基础上，明确提出水、肥、气、热四种因素都是作物生长所必需，不仅要数量充足，而且要协调供应。土壤肥力的概念随着生产实践和基础理论发展而日趋完善。虽然各种说明的详简有所不同，但中心内容大体是从土壤中营养物质包括水的储量及其供应能力，发展为土壤中水、肥、气、热，还包括适量空隙，满足作物生长需要的能力。

不仅如此，我国农民在长期生产实践中早就总结出土壤抗逆性的强弱，和宜种、宜肥、宜耕范围的大小，用来衡量土壤肥力水平的高低，这是一种新的概念，好似培育优良高产作物品种需要包括抗病抗虫性能一样。什么叫土壤抗逆性呢？主要是指土壤抗旱抗

涝、抗肥抗瘠、抗冷抗热的能力，要求土壤除了满足作物生长需要外，还要在一定程度上抵抗不良环境条件。事实上土壤保水透水能力强的，既能满足作物对水的需要，又能抗旱抗涝，这里已经揭示土壤、植物、环境三者之间的关系，反映土壤是生态系统中一个重要组成部分。

1.1.3 土壤及其肥力在生态系统中的地位和作用

以土壤为中心的生态系统包括生物和环境等方面。生物以植物为主，还有微生物和动物。环境分自然和人为两类，自然环境包括气候、母质、地形等，气候又分光热、雨量、空气等；人为环境包括耕作、施肥、灌溉、防治病虫害等全部耕作活动。

在生态系统中，土壤是能量交流和物质循环的库。这个库包含植物生长所需的水肥气热和根系生长发育的空间。就养分讲，包括存在在溶液中和成为代换态的养分，构成两个土壤有效养分库，还有有机残体库；而有机残体又不断矿化转移至有效库。这个库的基本细胞结构单元是有机矿质复合体，是形成土壤的基本结构组织。

土壤库及其输入输出物质满足作物生长需要和抵抗不良环境条件的能力和程度，能够反映土壤肥力的实质和水平。但由于土壤与环境条件或成土因素之间不像生物体与环境之间那样有明显的物理边界。不少环境组成的一部分，例如气候、岩石、水文中的水、热、母质等就是土壤组成的一部分，其间连续难分。特别是在生态系统中，植物和土壤在地表都以对方的存在，做为自己存在的前提，有土才能生长植物，而生物有机体又是土壤的主要组成成分。因而有人认为土壤肥力的评价必须从生态环境因素（气候、地形、水文等）和生态系（土壤和植物）两方面来考虑，将土壤肥力理解为土壤生产力或土地生产力。

实际是，土壤肥力是土壤的基本属性，是土壤物理、化学和生物性质的综合反映。土壤具有独自的物质基础和作用功能，而且相

当稳定，虽然受环境的影响而有变化，但在一般没有特殊的障碍因素情况下，能够发挥独特的作用。土壤肥力在总的土地生产力中能够发挥其特有的作用，因而必须研究清楚，以利采取相应的措施，不断地从各个方面提高生产。

土壤库的特征及其作用功能是土壤本身属性，能够影响作物的生长发育，成为影响作物生产的因素之一，称之为土壤肥力。它还要结合气候、地形、母质、水文、动力、肥料、作物品种等多种因素的共同作用，形成土地生产力。土壤肥力与生态系统密切联系，而本身又是独立的。我们研究土壤肥力是以土壤本身属性为范围。

1.1.4 土壤肥力研究的基本内容

土壤肥力是受多种因素的综合作用而形成，研究的内容比较复杂。从一九五八年起，结合全国性的深耕改土，我们进行了耕翻的适宜深度和适宜时间间隔的研究，继而又对耕作土壤的层次发育特征及其熟化实质进行了研究。

关于适宜耕翻深度的研究，是结合当时深耕没有标准而进行的，总结了全国大量的深翻实践和我们的系统测定，提出耕翻不宜超过 50cm，要结合当地农家肥料数量和动力多少，确定适宜深度，做到保质保量，当年增产，也不要年年一样翻，大致每隔三或五年翻一次较深的，而一般浅一些。

关于土壤经深耕后的层次发育，根据土壤内物质运动情况，特别是受地面生物气候影响而有不同，上部土层所受影响较大，物质转化较快，比较活动；下部土层所受影响较小，物质转化较慢，比较稳定，因有活动层与稳定层之分。我们用稳定层的稳产作用，说明深耕的意义。从而明确研究土壤肥力必须研究土体构型，简称体型。

关于土壤熟化实质的含义，根据土壤熟化程度高就肥沃，低就瘠薄，也可说是土壤肥力实质。根据前人研究，早就确认腐殖质与矿质粘粒是土壤肥力的基础物质。它们都是胶体状态，是土壤中最

活跃的部分。它们的主要特征是粒体很小，在单位重量内表面积很大，每克土壤胶体的表面积大到二至五百平方米，而表面几个埃的距离内，吸着能力大到十几个大气压，具有巨大的表面能，能够保持土壤中水分和养分，协调土壤的供水供肥能力；同时由于胶体结成的微粒结构，能使土壤具有良好的通透性和稳温性。

苏联以黑钙土著名，土壤腐殖质较多，对这方面的研究也较多。他们研究腐殖质与粘土矿物的结合形态，腐殖物质以不同结合形态胶结在矿质粘粒的表面，分为松结合态、紧结合态、吸着结合态等三种；而结成的有机矿质复合体，又分为水分散微团聚体（ G_0 ）、钠分散微团聚体（ G_1 ）、钠-机械分散微团聚体（ G_2 ）等三类，各具不同的功能。欧美研究微团聚体的粒级组成及其作用功能较多，一般在 $<1\mu\text{m}$ 到 $250\mu\text{m}$ 的范围内，研究这些基础物质的组成及其作用功能，用来说明土壤的体质。

只有在既研究体质，也研究体型的基础上，才能探明土壤中水、肥、气、热的整体运动情况，从而明确土壤肥力的实质。也只有在这个基础上，才能准确地制定有效措施，用来提高土壤肥力，满足作物生长的需要，在一定程度上抵制不良的环境条件，包括各种障碍因素。

根据上述，研究土壤肥力，需要测定多种理、化、生物性质。在我们的具体研究工作中，除了首先选好地，采好样外，在土壤肥力基础物质部分，做了颗粒组成、有机质及其组成、有机矿质复合体及其理化性质、土壤及微团聚体中氮、磷的吸附与解析等项测定；在土壤肥力物质转化机制部分，做了微生物和酶活性等项测定；在土体构造及其基本作用部分，做了空隙组成、基本水分性质、气体、温度等项测定；还做了土壤肥力主要因素的数学分析。现将我们采用的测定分析方法及其需要注意事项分列各章。

影响土壤肥力的因素虽然很多，根据我们研究的初步结果，明确有机矿质复合体及其结合而成的微团聚体主要具有以下三方面的