



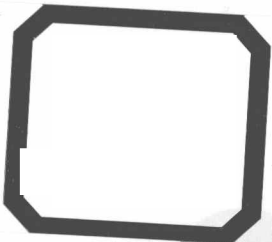
普通高等教育“十二五”规划教材

# 土壤物理实验指导

主 编 程东娟 张亚丽  
副主编 赵新宇 张泽中 刘 霞



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn



要 录 容 内



普通高等教育“十二五”规划教材

本书可作为高等院校农业工程、农业机械化及其自动化、农业电气化与电气信息工程、农业水利工程、农业机械化及其自动化专业及相关专业的教材，也可供从事农业工程、农业机械化及其自动化工作的工程技术人员参考。

# 土壤物理实验指导

主 编 程东娟 张亚丽  
副主编 赵新宇 张泽中 刘 霞

中 国

名 称	书 名
编 者	程东娟 张亚丽
出 版 社	中国水利水电出版社
书 号	978-7-118-08123-2
定 价	28.00元



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

28.00元

## 内 容 提 要

本书在对原有土壤物理实验方法系统归纳的基础上,在部分章节补充了先进的、最新发展的土壤物理实验技术。全书共十二章,内容包括土壤样品的采集和制备处理;土壤比重、容重和孔隙度测定;土壤颗粒组成和质地分析;土壤含水量和土壤水分常数测定;土壤水分运动实验;土壤水势及各分势的测定;土壤水分运动参数测定;土壤溶质运移参数测定;土壤热性质测定;土壤气体测定;作物生理指标测定;土壤蒸发和作物蒸腾测定。

本书可供农业水土工程、土壤物理、水文水资源、水土保持、土壤地理和生态环境类等专业的研究学习,并可供有关专业技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

土壤物理实验指导 / 程东娟, 张亚丽主编. -- 北京: 中国水利水电出版社, 2012.3  
普通高等教育“十二五”规划教材  
ISBN 978-7-5084-9431-9

I. ①土… II. ①程… ②张… III. ①土壤物理学—实验—高等学校—教材 IV. ①S152-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第044604号

书 名	普通高等教育“十二五”规划教材 <b>土壤物理实验指导</b>
作 者	主编 程东娟 张亚丽 副主编 赵新宇 张泽中 刘霞
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 68367658 (发行部) 北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京嘉恒彩色印刷有限责任公司
规 格	184mm×260mm 16开本 14印张 332千字
版 次	2012年3月第1版 2012年3月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	<b>28.00元</b>

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

# 前言

土壤物理学是研究土壤中的物理现象或过程及其变化的一个学科分支，研究包括土壤中水分的保持和移动、土壤热传导和转移、土壤空气的保持和与大气进行交换、土壤固相颗粒的组成及其不同排列、土壤力学性质、土壤电磁性质等。加强土壤物理性状和物理过程的研究，不仅是土壤学科和其他相关学科发展的必需，也是保持和提高土壤质量、保护和改善生态环境、促进国民经济健康、稳定和协调发展的基础。与此密切相关的各种土壤物理性质的研究方法，决定着土壤物理在实践中应用的可靠性和数学模拟中的准确性，影响着不同尺度下土壤状态和物理过程的定量化预测效果，已经成为土壤物理学研究的一个重要方向。然而，由于土壤—植物—大气连续体 (SPAC) 能量流动和物质循环的复杂性、土壤结构的非均质性和时空变异性、土壤与环境因子之间复杂的非线性关系，以及许多土壤物理指标参数需要进行原位或原状动态观测等，在一定程度上制约了土壤物理性质研究方法的发展。

随着土壤物理性质测试理论的发展和技术的更新、计算机和其他学科中新的测量技术的应用，如时域反射仪 (TDR) 技术、热电偶技术、数据自动采集技术等，为准确描述复杂的土壤状态和物理过程奠定了基础。本书在总结传统和经典的土壤物理性质测定方法的基础上，在不同章节新增了发展成型的新技术和快速简便的测试方法，如土壤颗粒自动分析仪测定土壤颗粒组成、土壤水分运动参数的间接测定方法、溶质运移自动测定系统、土壤水分运动实验等，以期土壤学、农田水利学、水土保持、土地整理、作物栽培、地质学和环境学等领域的教学、科研和生产实践提供参考。

本书在编写过程中，主要参考了雷志栋主编的《土壤水动力学》(1988年)、华孟主编的《土壤物理学(附实验指导)》(1993年)、郭素珍主编的《土壤物理学》(1998年)、邵明安主编的《土壤物理学》(2006年)、王全九主编的《土壤中水分运动与溶质迁移》(2007年)、依艳丽主编的《土壤物理

研究法》(2009年)、张明炷主编的《土壤学与农作学》(1994年)和一些学术论文等文献资料,在这里一并向所有作者表示衷心的感谢。

本书内容共分十二章,编写分工为第一章、第二章和第三章由内蒙古农业大学的刘霞编写;第四章和第十章由南昌工程学院的赵新宇编写;第五章、第八章和第九章由河北工程大学的程东娟编写;第六章和第七章由河南农业大学的张亚丽编写;第十一章和第十二章由华北水利水电学院的张泽中编写。

本书研究和编写得到了国家自然科学基金(40801102)和河北省自然科学基金(C2011402042)的资助,在此深表谢意。

由于编者水平有限,书中难免存在一些缺点和错误,恳请读者批评指正。

本书在编写过程中得到了许多同志和有关方面的支持帮助,在此一并致谢。

编者

2011年10月

# 目 录

## 前言

第一章 土壤样品的采集和制备处理	1
第一节 土壤剖面的观测	1
第二节 土壤样品的采集	5
第三节 土壤样品的制备及处理	7
第二章 土壤比重、容重和孔隙度测定	10
第一节 土壤比重(土粒密度)测定	10
第二节 土壤容重的测定	13
第三节 土壤孔隙度测定	16
参考文献	19
第三章 土壤颗粒组成和质地分析	20
第一节 土壤的颗粒组成分析	20
第二节 土壤质地的测定	39
参考文献	41
第四章 土壤含水量和土壤水分常数测定	43
第一节 土壤含水量测定	43
第二节 土壤水分常数测定	49
参考文献	54
第五章 土壤水分运动实验	56
第一节 达西定律验证实验	56
第二节 垂直一维入渗实验	58
第三节 水平一维入渗实验	62
第四节 层状土壤入渗实验	64
第五节 土壤水分二维入渗实验	67
第六节 土壤水分三维入渗实验	70
参考文献	72

<b>第六章 土壤水势及各分势的测定</b> .....	75
第一节 土壤各分势的测定 .....	78
第二节 土壤基质势的测定 .....	80
第三节 土壤溶质势的测定 .....	88
参考文献 .....	90
<b>第七章 土壤水分运动参数测定</b> .....	91
第一节 土壤水分特征曲线测定 .....	92
第二节 土壤饱和导水率的测定 .....	100
第三节 土壤非饱和导水率测定 .....	111
第四节 水力扩散度测定 .....	118
第五节 土壤水分运动参数的间接测定 .....	125
参考文献 .....	131
<b>第八章 土壤溶质运移参数测定</b> .....	133
第一节 穿透曲线法 .....	133
第二节 水平土柱法 .....	138
第三节 边界层法 .....	142
第四节 瞬时剖面法 .....	147
参考文献 .....	151
<b>第九章 土壤热性质测定</b> .....	152
第一节 土壤温度测定 .....	152
第二节 土壤热通量测定 .....	155
第三节 土壤热容量测定 .....	159
第四节 土壤导热率测定 .....	162
第五节 土壤导温率测定 .....	165
参考文献 .....	168
<b>第十章 土壤气体测定</b> .....	170
第一节 土壤气体采集 .....	170
第二节 土壤空气容量的测定 .....	172
第三节 土壤透气性测定 .....	174
第四节 土壤呼吸测定 .....	177
第五节 土壤气体组成测定 .....	180
参考文献 .....	185
<b>第十一章 作物生理指标测定</b> .....	186
第一节 作物组织含水量和饱和亏的测定 .....	186
第二节 植物组织中自由水和束缚水含量的测定 .....	187
第三节 作物组织水势的测定 .....	189

第四节	作物蒸腾强度的测定 .....	193
第五节	作物叶面温度的测定 .....	197
<b>第十二章</b>	<b>土壤蒸发和作物蒸腾测定</b> .....	<b>200</b>
第一节	土壤蒸发测定 .....	200
第二节	植物蒸发蒸腾量测定 .....	204
	参考文献 .....	208
附录	.....	209



# 第一章 土壤样品的采集和制备处理

土壤样品的采集和制备是土壤理化分析的重要环节，包括土壤剖面观测、土样采集、原状土和扰动土的制备及保存。由于土壤的不均匀性，土壤采样过程中引起的误差往往比室内分析引起的误差大得多，错误的采样，可能导致完全错误的结论，因此采样技术是土壤研究的关键。此外，从野外采集的土样，在进行室内土壤理化性质分析的测定之前，必须对野外采集的土壤样品进行制备处理及保存。

## 第一节 土壤剖面的观测

土壤剖面的形态特征是土壤内在性质的外在表现，是土壤长期发育过程中现阶段标志。通过现场观察土壤的各种形态特征，了解成土因素的影响和土壤特性，再结合室内的测定分析，掌握土壤的重要理化性状，为合理用土、改良土及创造作物高产稳产的土壤环境提供科学依据，也为农田基本建设、流域规划、合理灌排等工作提供基本资料。

### 一、成土因素的调查与研究

土壤是在一定的自然环境条件和人类耕作活动综合作用下形成的。因此，观测与描述土壤剖面，必须对影响当地土壤形成和发展的各种成土因素和生产情况进行调查和了解，其主要项目如下：

- (1) 地形：记载调查区地形部位是山地、丘陵，还是平原和湖泊。土壤剖面所在位置的海拔高度、坡向、坡度等。
- (2) 气候：收集当地的气象资料，如温度、湿度、降水、蒸发及特殊的灾害性天气等。
- (3) 植被：记载自然植被类型，如森林、草原、草甸、沼泽；当地植被的生态类型，如湿生、旱生和中生。还要注意记载不同的指示作物。
- (4) 成土母质：按其形成的动力可分残积母质和运积母质。运积母质根据搬运力不同分为坡积母质、河流冲积母质、洪积母质、风积母质、海积母质等。
- (5) 水文：主要包括灌溉水源、水量及水质，灌排设施和灌排技术，地下水埋藏深度、矿化度及地下水位变化规律等。
- (6) 农业生产：主要指土地利用情况、耕作制度、栽培管理水平、作物产量水平，水利、施肥状况，农业生产中存在的旱涝盐碱化、水土侵蚀作用下的水土流失状况等问题。

### 二、土壤剖面的选择与挖掘

土壤剖面应分为植被、小气候、小地形、岩石和母质五种类型。选择有代表性和典型

性的地点，一般不要以路边的断面做观察剖面，不要在人为干扰活动影响较大的特殊地方（如肥堆、渠道、池塘沟边、陷井边、路旁等）设置观察剖面或采集土样，水田不能设置在田角和田基旁。

土壤剖面的点选定后，进行人工剖面的挖掘，规格一般为：深1~2m，宽0.8~1m，土坑的深度可视实际需要而定，一般应达到母质层或地下水。土坑四壁要接近垂直，观察面上方不要踩踏和堆土，以保持植被和枯落物的完整，观察面应向阳，在另一端应修成阶梯状，以利于观察者上下土坑（如图1-1所示）。在山坡上挖掘剖面时，应使剖面与等高线平行（与水平面垂直）；在农田、苗圃、果园等种植园挖掘剖面时，应将表土与底土分别堆放在剖面两侧，观察结束填埋土坑时，不应使土层搅乱，影响土壤肥力。剖面挖好后，应用小锄修理观察面，尽量使土壤的自然结构面表现出来，以便正确判别土壤特征。

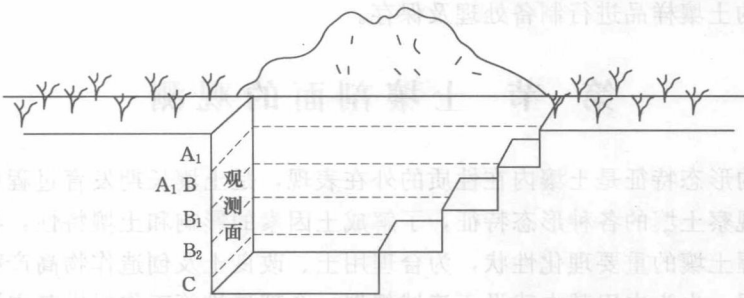


图 1-1 土壤剖面示意图

### 三、土壤剖面形态特征的观察与记载

土壤剖面挖好以后，即可进行分层观察与描述。主要内容为土壤剖面层次、土壤颜色、土壤干湿度、土壤质地、土壤结构、新生体、侵人体、酸碱反应、石灰反应、根系分布等。

#### 1. 土壤剖面层次

由于物质在土壤形成过程中的转化、淋溶、沉积及植物根系和动物的活动等作用，在土壤剖面上会形成不同的层次。一般自然土壤可分为腐殖质层（表土层或熟土层）、淋溶层、沉积层（心土层）和底土层（母质层）；旱地耕作土壤剖面层次一般可分为耕作层、心土层和底土层；水田土壤则分为耕作层、犁底层、斑纹层和母质层等。这些层次不一定在所有的土壤中都出现，可能有其中的部分层次，也可能没有明显的层次。观察剖面时，一般要远看，这样容易看清全剖面的土层组合，然后走近仔细观察，根据其颜色、质地、结构、紧密度、孔隙状况、新生体及根系分布状况等综合表现进行土壤层次划分。土层划分后自上而下可采用连续计数法量出各层的厚度，如第一层0~5cm，第二层0~10cm，第三层10~20cm等。

#### 2. 土壤颜色

土壤颜色是最易辨别的土壤形态特征。最基本的土色是黑、白、红、黄四色，除单色外，还有许多复色，它们在一定程度上反映土壤中的物质组成、土壤的发育程度及土壤肥力状况，如暗色和黑色的土壤，一般腐殖质含量较高；白色主要是石英、白云母、高岭石

等矿物组成；红色是因含较多氧化铁所致，当氧化铁含水较多时则变成黄色。在一般情况下，黑、褐、灰等暗色为肥色，是土壤较肥沃的表现；白、黄、红等色为瘦色，是土壤贫瘠的表现。

自然条件下，土色变化极为复杂，绝大多数呈复合色彩，观察记载时应分清主色和次色。以次要颜色在前，主要颜色在后，如“红棕色”是以棕色为主色，红色为次色。为了使土壤颜色的描述科学化，真正能反应土壤颜色的本质，目前已采用孟塞尔颜色系统为基础的标准色卡比色法。在野外，应在斜射阳光下比色，也可取自然土块，阴干后进行比色。

### 3. 土壤干湿度

土壤干湿度是对土壤含水状况的描述。田间观察土壤湿度，可直接通过手摸时的感觉来确定，它主要分为五级：

- (1) 干：把土放在手中无湿和凉的感觉。
- (2) 稍润：手捻土有凉的感觉，稍有湿润感。
- (3) 润：手捻土有明显湿润感，但不残留湿的痕迹。
- (4) 潮：手捻土有湿的痕迹，可搓成球或条，但挤不出水来。
- (5) 湿：黏手，用手捏压可挤出水来。

### 4. 土壤质地

在田间鉴定土壤质地的最简便方法是指测法，鉴定时可同时采用干测和湿测两种方法进行。干测时，取一蚕豆大的土块，用拇指和食指上下捏压，根据捏碎的难易和粉末的粗细及手指的感觉来鉴定；湿测时，取一小块土，捏碎成粉末，用水调匀至不黏手为止，然后根据手指的感觉和土壤形态变化情况进行鉴定（见表 1-1 所示）。

表 1-1 土壤颗粒组成指标——手摸目测法

土壤质地	手掌中土壤土质磨碎状态	放大镜下状态	干时状态	湿时状态	手捻成条时的状态
砂	粗大颗粒	几乎全部为砂粒	松散	成流体	不成条，粒状
砂壤	粒状不一，但主要为砂粒	多为砂粒，并伴较小混合体	小块手拍即散开呈粒状	不成可塑体	成条时，立即形成碎块
轻壤	粒状不一，黏粒增多	以砂为主，其中黏粒约占 20%~30%	弄碎团块需一定外力	呈可塑体	塑成条时，易成碎裂段
中壤	黏粒和砂粒大致相等	仍能清晰可见砂粒	干块较难打碎	可塑成条	将条塑成环时易断条
重壤	黏粒为主，少量混有砂粒	粉状黏状无砂粒	干块很难打碎	易塑成条	塑条成环时，塑环表面有裂缝
黏土	土粒很细且均匀，磨碎成粉状	细粉粒无砂粒	干块坚硬难打碎	很易塑成条	易成环，且不裂缝

### 5. 土壤结构

土壤结构是由土粒排列、胶结形成的各种大小和不同形状的团聚体，观察土壤结构时可在自然湿度下，将土在手掌中轻轻揉散成自然状态，然后观察其大小、形状、硬度以及表面情况等，鉴定出结构的名称，如块状、核状、片状、粒状、棱柱状、团粒状、碎粒状等。

### 6. 新生体

新生体是土壤形成发育过程中，由于物质的移动和转化而形成的新生物体。常见的新

生体有：铁锰沉积物，如铁锰结核等，多呈黑褐色或锈棕色；碳酸盐沉积物，如假菌丝体、石灰结核，常呈黄色、灰色，大小不等；盐碱土地的盐结皮、盐霜等；水稻田耕层及斑纹层中的锈纹锈斑，记载各种新生体的颜色、性状、分布的特点和深度等。

7. 侵入体

侵入体指由于人为活动及外界加入土体中的物质。常见的侵入体有砖瓦片、陶瓷片、灰烬、炭渣、骨骼、贝壳等。观察侵入体是指人类活动加入的土体物质还是土壤侵蚀再搬运沉积的物质。由于其来源不同，可说明土壤形成发育经历过程的差异。对侵入体进行描述，弄清物质、数量、个体大小、分布特点，探讨其成因。

8. 酸碱反应

酸碱反应的田间测定方法是取一黄豆大小的土块，放入白瓷板的凹穴中，加入 2~3 滴混合指示剂，使指示剂刚好没过土样，轻摇 1/2min 左右，倾斜流出液体，仔细观察颜色并与标准比色卡对比，确定 pH 值的大小。

9. 石灰反应

取一小块土样，放在白瓷板上，加入 10% 的盐酸 3~5 滴，如有碳酸盐存在会发生 CO<sub>2</sub> 的泡沫反应，根据泡沫反应的强弱情况，可分为无、弱、中、强四级（如表 1-2 所示）。

表 1-2 碳酸盐反应的分级

反应程度	反应现象	估计含量 (%)	表示符号
无	没有气泡发生	0	—
弱	徐徐放出细小气泡	1 以下	+
中	有明显气泡发生，但很快消失	1~5	++
强	发生沸腾气泡，时间较久有响声	5~10	+++

10. 根系分布

观察每一土层根系分布的多少、深度、粗细等。  
土样剖面观测记录表，如表 1-3 所示。

表 1-3 土壤剖面主要性状观测记录表

土壤剖面层次			
土壤深度 (cm)			
颜色			
质地			
干湿度			
结构			
pH 值			
新生体			
侵入体			
石灰反应			
根系分布			
其他			
调查日期		调查人	

## 第二节 土壤样品的采集

为了了解土壤资源情况，除在实地进行土壤剖面形态的观察外，还需要采集分析土壤样品，以便进行各项理化性质的测定。土壤是一个不均一体，影响它的因素是错综复杂的，土壤的差异性和不均匀性给土壤样品的采集带来了很大困难，土壤的不均一性存在于空间和时间上，要使分析结果能正确反映土壤的特性，在很大程度上决定于采样的代表性，即选择有代表性的地点和土壤层次。

### 一、样品的采集时间

土壤某些性质因季节不同而变化，因此应根据不同的目的确定适宜的采样时间。一般在秋季采样能更好地反映土壤对养分的需求程度，因而建议将定期采样时间放在一年一熟农田的前茬作物收获后和后茬作物种植前为宜。一年多熟农田放在一年作物收获后，多数情况下均以放在秋季为宜。当然，只需采一次样时，应根据需要和目的确定采样时间。在进行大田长期定位试验的情况下，为了便于比较，每年的采样时间应固定。

### 二、土壤样品的采集方法

根据分析目的不同，必须按土壤发生层次采样：如果要进行土壤物理性质的测定，需采集原状土样；如果研究耕层土壤的理化性质、养分状况，应选择代表性田块，在耕作层多点采取混合样品，如有必要，还可在耕作层下一层再采集混合样品。采样前要进行现场勘察和有关资料的收集，根据土壤类型、肥力等级和地形等因素将研究范围划分为若干个采样单元，每个采样单元的土壤要尽可能均匀一致。要保证有足够多的采样点，使其能够代表采样单元的土壤特性。土样的采集类型有以下几种。

#### 1. 土壤剖面样品

分析土壤基本理化性质，一般按土壤发生层次采集土壤样品剖面。在挖好土壤剖面并观察和记载后，按土壤剖面所划分层次自下而上依次采取每层土样，以免上层样品对下层土壤的混杂污染。对于每一种土壤类型，至少取3个重复剖面，各重复剖面的同一层次样品不得混合，而土壤剖面样品的采集一般是从每层中间部分采取，若土层过厚，可在该层的上部或下部采集两个样品，样品一般不应少于0.5~1kg，取出的土样分层装入土样袋，并填好标签（注明采样地点、层次、时间、人等内容）带回室内进行处理。

#### 2. 原状土壤样品

原状土壤样品的采集，主要是测定土壤的某些基本物理性质，如测定土壤容重、田间持水量及饱和含水量，计算孔隙度，评价土壤肥力性能。在土壤剖面上用环刀在各土层中取样，采样时必须注意土壤湿度不宜过干或过湿。采集和携带的样品、土块不应受挤压而变形，通常将样品放于铝盒中，带回室内进行处理。

#### 3. 混合土壤的采集

以指导农业生产或进行田间试验为目的的土壤分析，一般都采集混合土样。混合样品

的采集方法、样点的数目和分布，应视田块的形状、大小、土壤肥力状况、研究目的和要求的精细程度等而有所不同。通常多采集耕层土壤（0~15cm 或 0~20cm）或一定深度（随栽培植物的根系深度而定）的土壤，并分数处采集土样进行混合，采样时按照“随机、等量、多点混合”的原则进行，较好的克服耕作、施肥等农艺措施所造成的误差。一般采取以下三种采样方法：

(1) 对角线采样法：田块面积较小、接近方形、地势平坦、肥力较均匀的田块可用此法，如图 1-2 (a) 所示，取样点不少于 5 个，也可采用梅花形布点取样。

(2) 棋盘式采样法：面积中等、形状方整、地势较平坦，而肥力不太均匀的大田块宜采用此法，如图 1-2 (b) 所示，取样点不少于 10 个。

(3) 蛇形采样法：适用于面积较大、地势不太平坦、肥力不均匀的田块如图 1-2 (c) 所示。

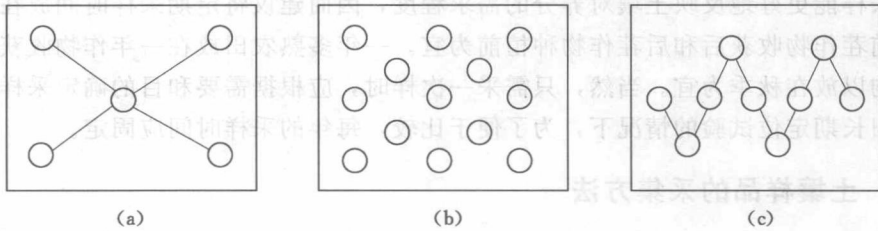


图 1-2 采样点的分布

(a) 对角线采样法；(b) 棋盘式采样法；(c) 蛇形采样法

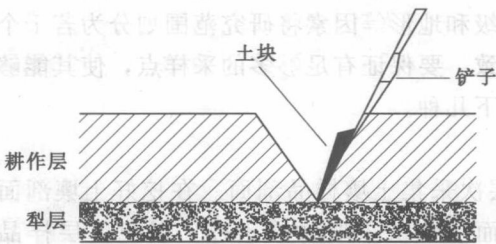


图 1-3 小土铲采样图

选取采集样点时，应避免在非代表性的地方布点（如路边、田埂沟边、肥堆）。在确定的采样点上，取表土样时先用小土铲去掉表层 3mm 左右的土壤，倾斜向下切取土壤，如图 1-3 所示。每一点采集样品数量应大致相等，将各样点所取土样均匀混合，用四分法逐次弃去多余部分，最后将剩余的 1kg 左右平均样品装入样袋，填写标签，带回室内。

#### 4. 土壤盐分动态样品

盐碱土中盐分的季节性变化很大，研究盐分在土壤剖面中的分布和变化情况，不能采用混合样品，而应分层取样。要进行土壤储盐量计算，不必按发生层次采样，一般自地表向下每 10cm 或 20cm 采集一个样品，取样方法多用“段取”，即自上而下，整层均匀取土。在研究盐分在土壤剖面分布的特点时，则多用“点取”，即在该取样层的中部位置取土。

#### 5. 养分动态土样的采集

为研究土壤养分的动态而进行土壤采样时，可根据研究的要求进行布点采集样品。例如，为研究过磷酸钙在某种土壤中的移动性，前述土壤混合样品的采集法显然是不合适的。如果过磷酸钙是以条状集中施肥的，为了研究其水平移动距离，则应以施肥沟为中

心，在沟的一侧或左右两侧按水平方向每隔一定距离，将同一深度所取的土样进行多点混合。同样，在研究其垂直移动时，应以施肥沟为起点，垂直向下每隔一定距离作为样点，以相同深度土样组成混合土样。

### 三、采集样品的工具

采集样品方法随采集样品工具而不同。常用的采集样品工具有以下 3 种：

(1) 小土铲：在切割的土面上根据采土深度用土铲采取上下一致的一薄片。这种土铲在任何情况下都可使用，但比较费工，多点混合采样，往往嫌它费工而不用。

(2) 管形土钻：下部系一圆柱形开口钢管，上部系柄架，根据工作需要可用不同管径土钻。将土钻钻入土中，在一定土层深度处，取出一均匀土柱，管形土钻取土速度快，又少混杂，特别适用于大面积多点混合样品的采集，但它不太适用于很砂性的土壤，或干硬的黏性土壤。

(3) 普通土钻：使用起来比较方便，但它一般只适用于湿润的土壤，不适用于很干的土壤，同样也不适用于砂土。另外，普通土钻的缺点是容易使土壤混杂。

用普通土钻采集的土样，分析结果往往比其他工具采集的土样要低，特别是有机质、有效养分等的分析结果较为明显。这是因为用普通土钻取样，容易损失一部分表层土样，由于表层土较干，容易掉落，而表层土的有机养分、有机质的含量均较高。不同取土工具带来的差异主要是由上下土体不一致造成的。这也说明采样时应注意采土深度、上下土体应保持一致。

### 四、采集样品的注意事项

在土样采集时，应特别注意土壤中盐分和有效养分的含量随季节有很大的变化，影响因素比较复杂，其中土壤温度和水分是重要影响因素。为了减小测定差异，分析土壤养分情况时，一般都在晚秋或早春采集土样，在进行大田长期定位试验的情况下，为了便于测定结果的比较，每年的采样时间应固定。

测定土壤微量元素的土样采集，采样工具要用不锈钢土钻、土刀、塑料布、塑料袋等，忌用报纸包土样，以免污染。

## 第三节 土壤样品的制备及处理

从野外采集回来的样品，经登记编号后，原状土样可直接进行土壤含水率、土壤容重及孔隙、土壤饱和含水率和原状土的土壤水分特征曲线测定。其他土样需经过风干、磨细、过筛、混合、制成分析样品等一系列的处理，才能用于各项分析。其目的主要在于：①使分析样品可以长期保存，不致因微生物活动而霉坏；②除去非土壤部分，就是剔除土壤以外的新生体（如铁锰结核和石灰结核等）和侵入体（如石头、瓦片及植物残渣等），使分析结果能代表土壤本身组成；③适当磨细、充分混匀，使分析时所称取的少量样品具有较高的代表性，以减少称样误差；④土壤样品全量分析时，不同分析项目要求不同的土壤粒级，需将样品磨细，使样品的分解及反应能够完全和彻底。

## 一、实验步骤

### 1. 原状土样制备及保存

(1) 小心开启原状土样包装，整平土样两端，切样时环刀与土样要密合，同一组试样必须是同样土，且试样间密度相差不超过  $0.03\text{g}/\text{cm}^3$ ，含水率相差不超过 2%。

(2) 切样过程中对土样进行描述，包括层次、颜色、初步定名、杂质、气味、均匀性、是否还有有机质和有无裂缝等。

(3) 将剩余土样用蜡纸包好，置于保湿室内，以备补做实验用，切余土用作其他物理性质的测定。

### 2. 扰动土样制备及保存

(1) 新鲜样品。某些土壤成分及性质如田间持水量、硝态氮、铵态氮、亚铁等速效养分，在风干过程中会发生显著变化，必须用新鲜样品进行分析。为了能真实地反映土壤在田间自然状态下的某项理化性状，新鲜样品要及时送回室内进行处理分析，用粗玻璃棒或塑料棒将样品混匀后迅速称样测定。新鲜样品一般不宜储存，如需暂时保存，可将新鲜样品装入塑料袋，扎紧袋口，放在冰箱冷藏室或进行速冻固定保存。

(2) 风干样品。一般土样性质测定都用风干样品。从野外取回的土样要置于阴凉、通风且无阳光直射的房间内，并将样品平铺于晾土架、牛皮纸或塑料布上，铺成薄薄的一层（厚约为 2cm）自然风干。风干供微量元素分析用的土壤样品时，要特别注意不能用含铅的旧报纸或含铁的器皿衬垫。在土样半干状态时，需将大土块（尤其是黏性土壤）捏碎，以免完全风干后结成硬块，难以磨细。切忌阳光直接暴晒，防止酸碱、蒸气和尘埃等污染。

风干过程中应除去动植物残体、石块和结核（石灰、铁、锰）等。若取回的土壤样品太多，需将样品充分混匀后，用“四分法”去掉一部分土壤样品，最后留取  $0.5\sim 1\text{kg}$  待用，如图 1-4 所示。风干后的土样按照不同的分析要求研磨过筛、充分混匀后，装入样品瓶中备用。瓶内外各放标签一张，写明编号、采样地点、土壤名称、采样深度、样品粒径、采样日期、采样人、制样人及制样时间等项目，所有样品处理完毕之后，登记注册。一般土壤样品可保存  $0.5\sim 1$  年，待全部分析工作结束之后，分析数据核对无误，才能丢弃。此外，还需注意样品存放应避免阳光直射，防高温，防潮湿，且无酸碱和不洁气体等对土壤样品造成影响。

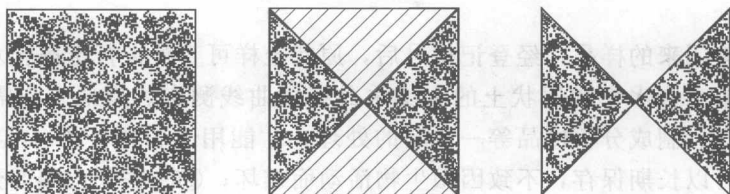


图 1-4 “四分法”取样步骤图

(3) 研磨过筛。风干后的土壤样品放在乳钵内，用木碾或研磨机轻轻碾压，将碾碎的土壤样品用带有筛底和筛盖的 18 号筛（1mm 筛孔）过筛，用作土壤颗粒分析土样（国际



制通过 2mm 筛孔)。反复研磨,使小于 1mm 的细土全部过筛,粒径大于 1mm 的未过筛石砾,称量(计算石砾百分率)后遗弃。

通过 1mm 筛孔的土壤样品进一步混匀,并用“四分法”分为两分,有一份供一般项目的理化分析之用,如土壤 pH 值、盐分、交换性能及速效养分(土壤样品研磨太细,则容易破坏土壤矿物晶粒,使分析结果偏高)等。

全量分析的样品包括锌、铁、铝、有机质、全氮等的测定,则不受磨碎的影响,而且为了减少称样误差和样品容易分解,需要将样品磨得更细。方法是取部分已混匀的 1mm 或 0.5mm 的样品,在胶皮垫上均匀铺开,划成许多小方格,用骨匙取出土壤样品约 20g,磨细,使之全部通过 0.149mm 筛孔。具体过筛程序如下:

1) 通过 0.5mm 筛孔:取部分通过 1mm 筛孔直径的土壤样品,经过研磨使其通过 0.5mm 筛孔直径,反复研磨,直至全部通过为止。过筛后的土壤样品可测定碳酸钙含量。

2) 通过 0.25mm 筛孔:取部分通过 0.5mm 或 1mm 筛孔的土壤样品,经过研磨使其全部通过 0.25mm 筛孔,做法同 1)。此样品可测定土壤代换量、全氮、全磷及水碱性氮等项目。

3) 通过 0.149mm 筛孔:取部分通过 0.25mm 筛孔的土壤样品,经过研磨使其全部通过 0.149mm 筛孔,做法同 2)。此样品可测定土壤有机质。

在土壤分析工作中所用的筛子有两种:一种以筛孔直径的大小表示,如孔径为 0.5mm、1mm、2mm 等;另一种以每英寸长度上的孔数表示。如每英寸长度上有 40 孔,为 40 目筛子;每英寸有 100 孔,为 100 目筛子。孔数愈多,孔径愈小。筛目与孔径之间的关系可用式(1-1)表示:

$$\text{筛孔直径(mm)} = \frac{25.4}{\text{英寸孔数}} \quad (1-1)$$

## 二、实验仪器

实验仪器主要有乳钵、平木板、土碾、铜筛(或尼龙筛)、镊子、台秤、天平、广口瓶等。

## 三、注意事项

土壤 pH 值、交换性能及速效养分等测定时,在研磨过程中只能用木碾滚压,使得由土壤黏土矿物或腐殖质胶结起来的土壤团粒或结构破碎,不能用金属锤捶打以致破坏单个的矿物晶粒,暴露出新的表面,增加有效养分的浸出。

应该注意的是,供微量金属元素测定的土壤样品,要用尼龙筛子过筛和玛瑙研钵研磨,不能使用金属筛子,以免污染样品,而且每次分取的土壤样品需全部通过筛孔,绝不允许将难以磨细的粗粒部分弃去,否则将造成样品组成的改变而失去原有的代表性。