

[英] B. W. 亚维利 主编
C. L. 巴斯康卜

土壤调查实验室方法



农业出版社

土壤调查实验室方法

〔英〕 B. W. Avery C. L. Bascomb 主编

陈清硕 吴长银 王玺珍译

沈梓培校

农业出版社

内 容 提 要

本书根据英国洛桑试验站 (Rothamsted Experimental Station) 1974年出版的土壤调查技术专论第六册 (Soil Survey Technical Monograph No.6)译出。系统介绍了英国土壤调查实验室通用的土壤分析方法。全书共分: 绪论, 样品的制备和石块含量, <2mm样品的物理和化学分析, 密度和释水性, 矿物分析, 微形态学分析六章。由英国著名的土壤学家分别写成, 由B. W. Avery和C. L. Bascomb主编。该书内容简练, 方法具体, 可供我国土壤科学研究和农业院校师生以及土壤调查工作者参考。

土壤调查实验室方法

〔英〕 B. W. Avery C. L. Bascomb 主编

陈清硕 吴长银 王玺珍译

沈梓培校

农业出版社出版 (北京朝内大街130号)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 3.5印张 72千字

1981年9月第1版 1981年9月北京第1次印刷

印数 1—6,200册

统一书号 16144·2307 定价 0.38元

目 录

1 绪论	B. W. Avery (1)
2 样品制备和石块含量	
.....	C. L. Bascomb and P. Bullock (6)
2.1 <2mm 样品的风干	(6)
2.1.1 矿质土壤	(6)
2.1.2 泥炭土	(7)
2.1.3 再次取样	(7)
2.2 田间湿润的泥炭土样品	(8)
2.3 薄片	(9)
2.3.1 用 Autoplax 110C 浸渍干燥样品	(10)
2.3.2 用 Carbowex 6000 浸渍湿润样品	(13)
2.3.3 切片、粘片和磨片	(14)
3 <2mm 样品的物理和化学分析	C. L. Bascomb (17)
3.1 水分含量和烧失量	(17)
3.1.1 含水量	(17)
3.1.2 烧失量	(17)
3.2 颗粒大小分析	(18)
3.2.1 吸管法用于 <2mm 矿质土颗粒 (过氧化物处理) 的分析 ..	(18)
3.2.2 吸管法用于 <2mm 脱钙过氧化物处理的土壤	(22)
3.2.3 细粘粒 (<0.2 μ m)	(23)
3.2.4 泥炭土壤的纤维含量	(23)
3.3 阳离子交换性质	(25)
3.3.1 土壤反应 (pH)	(25)
3.3.2 醋酸铵提取	(26)

3.3.3	代换性钙和镁	(27)
3.3.4	代换性钾	(28)
3.3.5	代换性钠	(29)
3.3.6	可提取的酸度	(29)
3.3.7	阳离子代换量	(31)
3.4	碳和氮	(33)
3.4.1	有机碳	(33)
3.4.2	焦磷酸盐提取的碳	(34)
3.4.3	全氮	(35)
3.5	碳酸盐和硫酸盐	(37)
3.5.1	碳酸钙当量	(37)
3.5.2	水溶性石膏	(40)
3.5.3	水溶性硫酸盐	(41)
3.5.4	酸溶性硫酸盐	(41)
3.6	可提取的铁、铝和锰	(42)
3.6.1	焦磷酸盐提取	(42)
3.6.2	焦磷酸盐提取铁	(43)
3.6.3	焦磷酸盐提取铝	(44)
3.6.4	低亚硫酸盐提取	(46)
3.6.5	低亚硫酸盐提取铁	(46)
3.6.6	低亚硫酸盐提取锰	(48)
3.7	盐渍度	(49)
3.7.1	饱和提取液的制备	(49)
3.7.2	饱和提取液的电导率	(50)
3.7.3	饱和提取液中的钠	(50)
4	密度和释水性	P. D. Smith 和 A. F. Thomasson (52)
4.1	密度	(52)
4.1.1	容重(非石质土壤)	(52)
4.1.2	细土的容重(石质土壤)	(53)
4.1.3	颗粒密度	(55)
4.1.4	石块的密度和孔隙度	(57)
4.2	释水性	(58)
4.2.1	砂土和高岭土吸力装置的构造	(58)

4.2.2	50到400mb吸力条件下的持水量	(62)
4.2.3	2到15巴吸力条件下的持水量	(63)
4.2.4	石质土的方法	(66)
5	矿物分析	P. Bullock和 P. F. Loveland (69)
5.1	预先处理和分离	(69)
5.1.1	碳酸盐的去除	(69)
5.1.2	有机质的去除	(70)
5.1.3	氧化铁的去除	(70)
5.1.4	粘粒分离	(71)
5.1.5	土壤中砂粒和粉砂部分的分离	(72)
5.1.6	分离出的砂粒和粉砂粒的分组	(73)
5.2	粘土矿物学	(76)
5.2.1	非代换性钾	(76)
5.2.2	X-射线衍射片的制备	(77)
5.2.3	粘土矿物的鉴定	(79)
5.2.4	结晶粘土矿物的半定量分析	(81)
5.3	粉砂和砂粒部分的矿物学	(83)
5.3.1	样品粘片	(83)
5.3.2	矿物的鉴定和分析	(84)
6	微形态学	P. Bullock (87)
6.1	薄片的描述	(87)
6.1.1	相关分布型式	(88)
6.1.2	骨酪颗粒	(89)
6.1.3	孔隙	(89)
6.1.4	土胚	(91)
6.1.5	土壤形成物相	(91)
6.1.6	土壤基质	(95)
6.1.7	有机物质	(98)
6.2	孔隙的光学测定	(100)
6.2.1	点数计数器的应用	(101)
6.2.2	Quantimet 影像分析机的应用	(102)
附录	特殊仪器和材料的供应处	(104)

1 绪 论

B. W. Avery

本书报道了英格兰和威尔士 (Wales) 土壤调查中, 实验室内分析土壤物质特性的通用的方法。为便于其他实验室应用, 大多数实验方法步骤都予以详细的说明, 而且提供了适当的参考文献, 以有助于读者进一步得到有关特殊方法的理论和技术方面的知识。特殊的仪器和物资列在附录中。在野外记载和测定土壤性质的方法以及采样法在土壤调查的野外手册中说明 (Hodgson 1974年)。

采样单位

土壤研究中实验室数据资料的价值取决于采样的有效性。每个样本应能代表一个最大限度均匀的土壤个体或一定的土壤类型。采样的多少取决于研究的目的, 而样本的大小要能有效的表达所需测定性质的要求, 例如, 要了解石块的比例, 那就很清楚, 样本的体积要比其中最大的石块体积大得多, 否则个别石块的混入或舍弃会对结果发生强烈影响。

有些分析项目, 一克或更少的样本已够。一些小的特殊的土体如粘粒胶膜或斑块, 可根据详细的土壤学研究的要求做为分离的单位来采集。根据其它目的, 要代表一个很大的土体就要多点采样, 如耕地和实验区的表土或土壤图上界限

所划定的土壤。样本可以混合进行分析，或者是单独分析，但要根据结果的平均数和变异度来表示测定的结果。不过，因为垂直和横向方向的差异，用这种方法要对土样进行大量分析才能表示许多土体的特性。

因此，在一般的土壤调查中，对可以上图的土体，首先要根据适当的土壤分类原则，对土壤剖面性质在野外进行多点采样，予以测定和估计（Avery, 1973年）。实验室分析的土样应在经过选择的“鉴定—标记”（bench-mark）处采集，以统一并验证在野外对性质的估计，如粒径的分布和有机质的含量，土壤分类是以它为基础的，同时也要评价一些土壤分类未曾采用的性质，为了这些目的，基本的采样单位一般是土层，即作为土壤剖面的限定要素，该处的土壤或多或少是均一的。选择它来代表一种特殊的土壤剖面的类别，即土系的意思。

英格兰和威尔士的土壤调查利用 Proline 土壤原状土采样机（原照片略）采集直径 15 厘米的原状土柱，或专门挖掘大约 1.5 米长和 1 米宽的土坑，在采样的位置上来检查和鉴定剖面的土层。Proline 土壤原状土采集机能提供足够体积的土层标本供许多实验室分析测定用，但是，因为土层形状和横向短距离内有较大的变异，各个土层的一些重要特性如结构（土胚结构性）和石块含量，通常是不能充分鉴定的，因此，如要尽可能详细研究一个土壤剖面特性的时候，应当挖掘土坑。

样品种类

从土层中采集的样本包括（1）经过搅动的土壤（碎块

或松散的土壤),供颗粒大小、化学和矿物学分析用;(2)原状土,供容量测定及释水性、结构和微形态特征的研究用。为了比较和展览的需要,也可以用 Proline 原状土采样机采集代表整个土壤剖面的整段标本。

搅动的样品一般要经过风干并过 2 毫米筛,供实验室分析用还要再次采样,并且大多数是以 <2 毫米土壤物质的烘干重为计算基础的,或者也用某一较小的粒级土壤烘干重做基础。不过,最初的采样单位是土壤的体积,土壤性质测定结果以体积基础来表示是更有用的。因为土壤剖面中及横向方向内每单位体积中 <2 毫米细土粒的含量可以差别很大,所以研究者应当确定和了解土壤的各部组成占土壤整体积的比例关系,这就必须测定细土粒的容重和 >2 毫米的粗石砾以容积为基础的含量百分率。

石质土壤

含石块多的土壤存在严重的采样问题,部分是因为原状土采样机不能发挥作用,也因为样本体积需要很大才能测定石块的含量。最好如以重量和容积为基础来测定石块的含量,样本应该比其中最大石块大 100 倍,举例在下表说明。

表 1 估计石块含量的最小样品的范围

最大颗粒的有效直径 mm	样品的最小体积 l	样品的最小重量(颗粒密度为2.7) kg
20	0.4	1.1
60	11.0	30.0
200	400.0	1000.0

田间石块的含量通常是用体积（或精确的用面积）来表示的，在垂直或平面的方向通过比较用图解的方法来表示不同的面积比例，或者用一个适当的方格网来计算落在石块上的网格的数目。如要精确的测定，石质土壤可以过筛，分离不同的石块，既能以体积也能以重量（4.1.2节）来表示石块的含量比例。以容积为基础的石块含量百分数可以换算为以重量为基础的百分数，反之亦可用下式来计算，用 D_{br} 表示细土物质的容重， D_b 表示石块的容重（对大多数没有孔隙的岩石来说大致是 2.7）。

$$\text{重量}\% = \frac{D_b \times \text{体积}\%}{D_{br}(100 - \text{体积}\%) + D_b \times \text{体积}\%} \times 100$$

$$\text{体积}\% = \frac{\text{重量}\% \times D_{br}}{(100 - \text{体积}\%)D_b + \text{体积}\% \times D_{br}} \times 100$$

表 2 列举了不同容重细土中石块含量以体积和重量表示数值的换算关系，石块比重数值用 2.7。

表 2 石块的重重量%相当于体积%的测定（比重2.7）

石块的 体积 %	石块的重重量%					
	当细土的容重 (g/cm ³) 是:					
	0.5	1.0	1.3	1.5	1.7	2.0
5	22	12	10	9	8	7
10	38	23	19	17	15	13
15	49	32	27	25	22	19
20	57	40	34	31	28	25
25	64	47	41	38	34	31
30	70	54	47	44	40	37
35	74	59	53	50	46	42
40	78	64	58	55	51	47
45	82	69	63	60	56	52

(续)

石块的 体积 %	石块的重量%					
	当细土的容重 (g/cm^3) 是:					
	0.5	1.0	1.3	1.5	1.7	2.0
50	84	73	68	64	61	57
55	87	77	72	69	66	62
60	89	80	76	73	70	67
65	91	83	80	77	75	71
70	93	86	83	81	79	76
75	94	89	86	84	83	80
80	96	92	89	88	86	84
85	97	94	92	91	90	88

精密度和准确度

在系统分析中, 利用测定的结果, 精密度和准确度都是同时要考虑的。如果同时重复一个土壤样本的分析, 结果相同, 这个测定被认为有很高的精密度。结果的准确度是指和标准样品比较相对的正确性。在通常的土壤分析中, 是没有绝对的标准, 不同的方法得到不同的结果, 为特定的目的, 对一定的土壤来说, 一种方法往往比另一种方法能获得更有用的数据, 但是结果的准确度是不能证明的。所以测定土壤性质的某种方法步骤是应详细说明的, 不同土壤的性质, 只能够根据同一方法测得的结果来比较。

参 考 文 献

- Avery, B. W. (1973). Soil classification in the Soil Survey of England and Wales. *f. Soil Sci.* 34, 324—38.
- Hodgson, J. M. (Ed.) (1974). Soil Survey Field Handbook. Tech. Monogr. Soil Surv. No. 5.

2 样品制备和石块含量

C.L. Bascomb and P. Bullock

2.1 < 2 mm样品的风干

2.1.1 矿质土壤 (有机碳<30%)

仪器

通风良好的能维持 25—30°C 的风干室

20mm, 6mm和2mm的筛子 (见参考文献 B.S.410)

Rukuhia 土壤压碎机, 2mm圆孔筛 (见参考文献 Waters和Sweetman 1955年)

方法

将田间样品在干燥盘中摊开, 剥成 3cm 左右的土块, 放置干燥室内直到风干 (24—48 小时)。

如果要测定 <20mm 的石块含量, 记录风干样品的重量 (T), 用 20mm 筛子过筛, 记下不能过筛的石块重量 (S_1)。如有必要避免松软岩石碎块 (如白垩、页岩) 的混入, 将 <20mm 样品放在 2mm 的筛子上过筛, 轻轻地弄破团聚体, 否则可将全部通过 20mm 筛孔的土壤物质移到 Rukuhia 土壤压碎机的滚筒中旋转, 直到所有的团聚体都粉碎通过 <2mm 筛并收集到收集盘中。仔细混匀后, 装进贴有标签的盒子中贮藏。从滚筒中取出剩余土壤物质放到 6mm 筛子上过

筛，记下6—20mm 石块的重量 (S_2) 和通过<6mm 石砾的重量 (S_3)。

如不必要测定石块含量，依上法压碎土壤并使风干土壤过筛，也不必称重，并弃去>2mm 物质。

计算

$$2-6\text{mm 石块含量}\% = \frac{S_3 \times 100}{T - S_1}$$

$$6-20\text{mm 石块含量}\% = \frac{S_2 \times 100}{T - S_1}$$

参 考 文 献

British Standards Institution (1969). Specification for test sieves B.S. 410.

Waters, D.F. and Sweetman, I.C. (1955). The Rukuhia soil grinder. Soil Sci. 79, 411—13.

2.1.2 泥炭土 (有机碳>30%)

仪器

维持 25—30°C 的通风良好的风干室

2mm 筛子 (B.S. 410)

方法

取湿筛过的物质三分之二 (下面 2.2 节) 左右在干燥盘上摊开并置于干燥室内，每天搅动一次，直到风干为止。用手剥开并通过 2mm 筛，拣出硬的木屑和>2mm 的根，贮藏在标记容器内。

2.1.3 再次取样

仪器

再次取样盘* (原书照片略)

500 μ m 筛 (B. S. 410)

Morrice 机械玛瑙研钵

带有0.5mm 筛的 Glen Greston 锤磨机

方法

将再次取样盘放在一张纸上, 在盘上整整地铺一层 < 2 mm 的风干土。小心地提起盘子离开纸面, 并将盘中剩余的土壤再送回样品盒中, 从纸上收集再次采集的样品。如果它们仍然太多, 重复此步骤。

如在矿质土中要对碳、氮和碳酸盐进行测定, 就要在玛瑙研钵中研磨, 得到通过 500 μ m 筛的不少于 20 克的再次采集的样品。如果是泥炭土, 将再次采集的样品 10 克在 Glen Greston 机上研磨并通过 0.5mm 筛, 贮藏在 < 2 mm 土样同一贮藏盒的贴有标签的试管中。

参 考 文 献

British Standards Institution (1969). Specification for test sieves, B. S. 410.

2.2 田间湿润的泥炭土样品

仪器

20mm 筛 (B. S. 410)

方法

• K. thanigasalam 设计

样品收集在聚乙烯袋的防水容器中，每个样品用 20mm 筛子轻轻过筛，要注意不要破坏未分解的 >20mm 的植物结构单位。操作要尽可能快，避免水分损失，筛过的样品仍要用防水器贮藏。

泥炭层长期呈湿润状态贮藏在透气的聚乙烯袋中会遭受氧化作用，应避免从中再次采样供分析用。

2.3 薄 片

采集供微形态研究的原状土，一般用铜或铝制的长方形的库比纳盒 (Kubiena boxes)。盒的一角装有折叶便于从中取出土样，盒的顶部和底部都有盖子。根据研究目的的不同和对薄片大小的要求，盒子的大小是不同的。

如果要求样品代表一个田间曾经鉴定的土层，样品的大小要求能制备 $15 \times 8\text{cm}$ 的薄片，或者制备随机采样的一式三份的较小的薄片 ($7.5 \times 2.5\text{cm}$) 和合成薄片 (composite sections) (Grossman 1964年) 也是可以的。为一定的目的采样，如要对土壤的特殊的宏观形成物相 (macroscopic features) 要进行详细的研究时，样品的大小取决于待研究的土壤形成物相的大小。

参 考 文 献

- Grossman, R. B. (1964). Composite thin sections for seti-
mation of clay-film volume. Proc. Soil Sci. Soc. Am. 28, 132—
3.

Hodgson, J. M. (Ed.) (1974). Soil Survey Field Handbook.
Tech. Monogr. Soil Surv. No. 5.

2.3.1 用Autoplax 110C浸渍干燥样品

仪器

风干室 (2.1节)

烘箱或冷冻干燥机

盛样品的轻型聚乙烯盒

机械搅拌器

真空干燥器

树脂储存器

材料 (附录)

Autoplax 树脂 110C

Autoplax 苯乙烯单体 C

催化剂粉末 2

催速剂 5

Uvitex OB 荧光染料

方法

样品制备 所有的样品必须是干燥的, 因聚脂树脂不能和水混合。浸渍前, 含有少量水分的样品要在容器中风干一周。含水量太高的样品, 要用前面介绍的仪器进行冻干或干燥, 如果是冰冻干燥, 只能从样品的外部制备薄片。

样品干燥时, 要放在一些分别注明剖面号码, 深度和方向标记的聚乙烯盒中。容易破碎的样品也可以在最初采集样品的镀锡的盒子中浸渍 (但有碍锡盒下次采样), 或者喷射醋酸纤维溶液厚到形成的薄膜能被剥去。

用 Autoplax 110C* 浸渍 Autoplax 110C是一种聚脂树脂,外加催化剂和催速剂后能使土壤样品变硬,使它可以利用制备岩石薄片的装备来制备薄片。在浸渍混合物中添加荧光染料使完成的薄片在紫外光下能清晰的显示孔隙,因此有助于对它的测定。浸渍树脂混合物的组成如表 3 的第二项所

表 3 用于薄片配制的树脂混合物的组成成分

	浸制	补充	再浸制	样品的固定和涂釉
Autoplax 110C树脂	660ml	660ml	200ml	25ml
苯乙烯单体 C	340ml			
加速剂 5			2-3ml	0.5g
催化剂粉末 2	4g	4g	6g	1g
Uvitex OB染料	4g	2g	0.5g	

示。Autoplax 树脂和 Styrene monomer C 混合后用机械搅拌 5 分钟,再添加催化剂和荧光染料,再次用机械充分搅拌。一升浸渍混合剂可供浸渍四盒样品之用。

在真空干燥器的旋转圆盘上分别放置样盒(图 1),加浸渍剂以前要抽空 15 分钟。

在干燥器上方安装两个树脂储存器,通过可伸缩的树脂进口管圆盘的转动,分别地把树脂注入土样中。加进树脂以

* 因为当前世界缺少苯乙烯,曾研究过用丙酮代替苯乙烯的一个基于酚醛树脂的方法,并用米代替 Autoplax。用酚醛塑料浸渍的方法的详细说明由 Fitz Detrick 提供(1970年),但必须注意,制造者现在用 BK9191 树脂来代替 BK9001,这比最初的 BK9001 要加四倍的接触剂。