

统一。必须说明,所提出的商榷意见,并无折衷是非和援疑质理的意思,只是为着解除矛盾,便利读者、方便教学,供大家讨论。

第一、“土壤坚实度”一词在词义上矛盾最突出,是产生矛盾的焦点,建议把这个名词封存,暂不使用,避免了同词而异义的问题,又免除了异词而同义的状况。

第二、保留“土壤硬度”和“土壤紧实度”两个词。凡是指柱塞(圆柱形或锥体)楔入土壤时与垂直压力相当的土壤阻力(楔入阻力亦即穿透阻力)者,用“土壤硬度”这个名词,其单位是公斤/厘米<sup>2</sup>。“土壤紧实度”是指加一定量载荷,使土壤体积减少(压缩现象),即由

于土壤孔隙量的减少所致,它是土壤对挤压力的反应,其表示的方法是压缩每单位容积土壤所需的力(公斤/厘米<sup>3</sup>),因此也可用土壤孔隙度或以土壤容重(克/厘米<sup>3</sup>)的变化来反映土壤紧实的程度。

第三、“土壤松紧度”一词,从词名来看是比较通俗的,但是目前各书所给予的概念含糊,其所指的内容,也没有超出“土壤硬度”和“土壤紧实度”的范畴,因此建议不要继续使用,也把它封存起来。

这样做法,四个名词封存了两个,大家都暂不使用,保留两个名词流通,既不影响日常的运用,又解决了混淆的现状。

## 土壤学讲座

# 土壤矿质颗粒及土壤质地

邓时琴

(中国科学院南京土壤研究所)

土壤是一个三相体,由固、液、气三相组成。土壤固相即土壤颗粒(简称土粒)。土粒包括矿质颗粒、有机颗粒及有机-无机复合颗粒。在一般土壤中,矿质颗粒约占土壤固相重量的95%以上,因此,所谓土壤颗粒,主要是指矿质颗粒。

土粒是组成土壤的重要物质基础,有的直接由岩石在原地风化残积而来;有的则是风化产物经水流或风力搬运沉积而来的。土粒的组合比例即土壤质地,可影响土壤的物理、化学、生物化学及物理化学等性质,是拟定土壤利用、管理和改良措施时最容易掌握的重要依据。因此,合理的划分粒径标准,分离和研究各粒级的理化性质以及拟定科学的土壤质地分类系统,不仅是土壤物理学中的重要内容,也是土壤地理和土壤改良工作者所重视的问题。

### 一、土粒分级标准及各级土粒的性质

土粒的大小很不均一。在自然状况下,这些大小不同的土粒,有的彼此不粘结的存在于土壤中,称为单粒,也有的相互粘结成为一个集合体,称为复粒<sup>①</sup>。土粒的分级通常是按不同大小的矿质单粒而划分的。

(一)土粒分级标准 将土壤颗粒按其直径的大小(毫米或微米)可划分成若干级或组,称为粒级或粒组。

土粒的形状都是不规则的,特别是薄片状和棍棒状的细土粒,在长、宽、高三个方向上相差很大。因此,人们把不同形状的土粒假定为理想的球形土粒,把这个理想球体的直径,叫做“当量直径”或“有效直径”,以这个“当量直径”作为划分土粒的标准。所以,在土壤学中所说的土粒直径(粒径),往往是指其“当量直径”。

土粒的“当量直径”是根据土壤颗粒分析(即土壤机械分析)来确定的。砾和砂(>0.25毫米)是用筛分法分析,它们的“当量直径”就是指该粒级恰好通过筛孔的直径。而粉粒和粘粒(<0.25毫米部分),是利用各土粒在静水中沉降速度的差异(粗粒沉降快,细粒沉降慢)来分级。它们的“当量直径”是相当于沉降速度相同的理想球体的直径<sup>②</sup>。

如何确定各个粒级之间的粒径界限,例如多大直径范围的土粒叫砂粒、粉粒及粘粒,至今世界各国采用的标准不尽相同,甚至有的一个国家也有几种分级标准。因此,使得各地研究结果难以相互比较与引用。

现将我国及国外主要的土粒分级标准列于表1,并简介如下。

1. 国际制 1912年瑞典土壤学家A. A. 阿特伯(Atterberg)提出了土粒分级标准,1930年在第二届国际土壤学会上,被采纳作为国际土粒分级的基础。目

① 土化专业《土壤学》教材编写组,1979:土壤矿物质。全国统编教材,土壤学,12—26页,河北农业大学印。

② 浙江农业大学土壤教研组编,1976:土壤的颗粒组成与理化性质。《土壤与土壤改良学》的补充讲义。

表 1

我国及国外主要的土粒分级标准 [1-4, 6-9]

土粒直径 (毫米)	国际制	美国制	苏联制	日本制	我国习用标准					
				(农学会)	1937年	1959年	1961年	1978年		
>10	石砾	石块	石块	石砾	砾	砾质	砾	砾	石块	
10-3									粗砾	
3-2									石砾	石砾
2-1	粗砂粒	粗砂粒	物理性砂粒	粗砂粒	粗砂粒	粗砂粒	粗砂粒	粗砂粒	粗砂粒	
1-0.5										中砂粒
0.5-0.25										中砂粒
0.25-0.2										细砂粒
0.2-0.1										细砂粒
0.1-0.05										细砂粒
0.05-0.02										极细砂粒
0.02-0.01	粉粒	粉粒	物理性粉粒	粗粉粒	粗粉粒	粗粉粒	粗粉粒	粗粉粒	粗粉粒	
0.01-0.005									中粉粒	
0.005-0.002									细粉粒	
0.002-0.001	粘粒	粘粒	物理性粘粒	粗粘粒	粗粘粒	粗粘粒	粗粘粒	粗粘粒	粗粘粒	
0.001-0.0005									细粘粒	
0.0005-0.0001									细粘粒	
<0.0001									胶质粘粒	

前西欧各国仍多采用。颗粒大小按十进制划分，容易记忆，然而人为性太强，因为粒级特性的变化不一定刚好在这个界限。

2. 美国制 由美国农业部提出，将土粒分为5个基本粒级，细分为9级，其中砂粒就有5级。过去粉粒为0.05—0.005毫米，粘粒为<0.005毫米[1]，以后分别改为0.05—0.002及<0.002毫米[2,3]。

3. 苏联制 由H. A. 卡庆斯基(Качинский)根据苏联有关粒级性质的资料而提出的，它在苏联的土壤工作中已得到广泛应用。它的粉粒及粘粒比其他各制都分得详细。分级标准以各土粒矿物的化学组成以及若干理化性质为依据，并着重于能导致阳离子交换量、最大吸湿水量、持水量、膨胀收缩性等发生急剧转变的粒径(如0.01和0.001毫米等)作为划分粒级的界限。在实际应用中，又将11个粒级归纳为两大组，>1毫米的部分称为“土壤骨骼”或称为石砾，它是岩石的碎片，而不属于真正的土粒；<1毫米的部分总称为“细土”或“土壤细粒”，有人称为“土体部分”。在质地分类中又采用了“物理性”砂粒(>0.01毫米)及“物理性”粘粒(<0.01毫米)二级作为分类的基础粒级。

4. 日本制 日本农学会制将土粒分为5级，粘粒为<0.01毫米①。而日本农林省则还是按国际制土粒分级标准。

此外，英国、波兰、东德、印度、比利时等亦有各自的土粒分级标准[4,5]。

5. 我国土粒分级标准 我国劳动人民早在四千年前对土粒的分级就有朴素的定性概念，譬如把土粒分为砂和泥，一直沿用至今。但作为一个比较完整的分级标准是于1937年熊毅提出的[6]，他按美国农部的分级为基础，修改后分为9级。1959、1960年笔者的“南方土壤质地分类”[7]②一文中，土粒分级基本上采用H. A. 卡庆斯基的标准，仅把砾质的范围按B. P. 威廉斯(Вильямс)1893年的意见改为10—3毫米。1961年田积莹提出北京郊区的土粒分级标准[8]。1978年我国的土粒分级就是在上述土粒分级的基础上修改而形成的[9]。

① 同34页②。

② 邓时琴，1960：对我国南方土壤质地分类的初步意见(文稿)。

(二)各级土粒特性 各级土粒特性不同,对土壤肥力产生重要的影响。现将土粒的主要特性〔9—11〕简介如下。

**石块** 是岩石崩解的碎块,它对耕作和作物生长都是不利的,在农业利用时应设法除去。

**石砾** 由母岩碎片和粗粒矿物组成,其大小和含量能直接影响耕作难易和农机具的磨损程度。

**砂粒** 由母岩碎屑和原生矿物(如石英等)所组成。含砂粒多的土壤很松散,通气好,无胀缩性,但保水保肥力弱。氧化硅高达80%以上,磷、钾等矿物质含量低。

**粘粒** 是各级土粒中最活跃的部分,主要由次生铝硅酸盐组成,呈片状,颗粒很小,有巨大的比表面积,吸附能力强,保水保肥力较强,但由于粘粒间孔隙很小,膨胀性大,所以通气和透水性较差。粘粒矿物的类型和性质能反映土壤形成条件和形成过程的特点。

**粉粒** 颗粒大小和性质均介于砂粒和粘粒之间,其矿物组成有原生矿物也有次生矿物。它有微弱的可塑性和胀缩性,氧化硅及铁铝氧化物的含量分别在60—80%及5—18%之间。粉粒级的矿物组成与土壤养分的潜在供应力有一定关系。

## 二、土壤质地及其分类

(一)土壤质地的概念 土壤质地是指土壤固相内大小矿物质颗粒组合的比例。土壤颗粒组成、土壤机械组成与土壤质地都是同一概念。在自然界中,任何一种土壤其土壤颗粒的大小不可能完全一致,都是由很多大小不同的土粒,按不同比例组合而成的。即使是纯砂土或纯粘土,其砂粒或粘粒的粒径也仍然有粗细的区别。通常按土壤颗粒组成的近似性,划分为砂土、壤土、粘土三个质地组。不同质地组可概括地反映出土壤的某些基本特性。同属一质地组内的土壤,其颗粒组成的相对比例有一定的变化范围。因而,各质地组内又可细分为若干质地名称。同一质地名称的土壤,它们的颗粒组成比例大体相近,而不完全相同①。如在我国土壤质地分类中,砂粒含量在50%以上的统称为砂土,而砂粒含量又不完全一样。土壤质地还能反映出土壤的某些重要农业性状。如砂土,耕作容易,通气性好,但保水保肥性能差;粘土则与之相反。所以,在正确地制定土壤利用规划和进行科学管理及改良土壤时必须考虑质地特点。

土壤颗粒组成是采用土壤颗粒分析(即土壤机械分析)来测定的。在土壤中由于各种原因使原生颗粒相互组合为次生颗粒(或称复粒),所以,在进行颗粒分析前,首先应用化学方法(分散剂)及物理方法除去

土粒的结合剂,同时使粘粒水化和增加它的电荷,以促使复粒充分分散为原生土粒(单粒)〔12,13〕;但要求不破坏原生土粒本身。因此,如何正确选用分散剂及物理分散手段,便成为颗粒分析操作中的重要步骤。

国际上曾采用的分散剂种类很多〔12〕,我们的研究表明〔13〕,根据不同土壤类型,应选用不同的分散剂,如石灰性土壤用偏磷酸钠〔14〕,中性土壤用草酸钠,而酸性土壤用氢氧化钠,这样的分散效果较好。至于物理处理方法也很多,如煮沸、振荡、搅动、摩擦、捣溃、超声波与洗涤等。我们的试验结果是:在未除去电解质的情况下,煮沸处理对于土粒分散并无特殊效果,研磨5分钟或搅拌15分钟与振荡8小时对土粒分散的效果很接近。为了简化手续,研磨处理是可采用的。但是,对于大量样品的分析则用煮沸法更能提高工效。

土粒充分分散后,按粒径分开、定量。其方法很多,目前普遍采用的是筛分法(1—0.25毫米部分)及静水沉降法(<0.25毫米部分)。后者按G.G.司笃克斯(Stokes)原理,用吸管法及比重计法测定各粒级〔15〕。还有较先进的沉降天平法及电子法(或叫库尔特法),国内仅应用于海洋沉积方面。据文献所载,国外已有用于土壤颗粒分析的。在室外用手感法②也可大概了解土壤的质地。

(二)土壤颗粒分析结果的表示方法 由于颗粒分析的数据很多,所以,巧妙地表示分析结果,能使人一目了然。目前各国介绍的表示法较多,除以各级颗粒占土壤重量的百分数直接用列表法外,文献中常见的还有:

1. 曲线法(图1) 在横座标轴上列出颗粒的粒

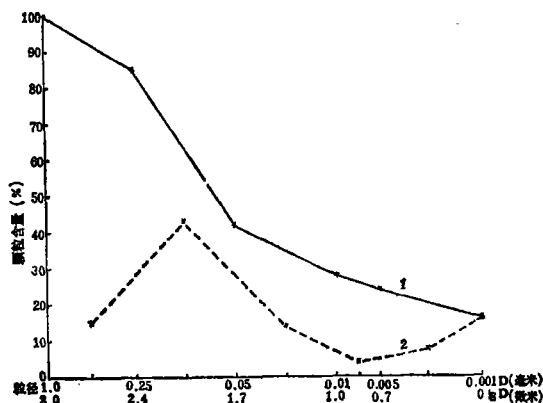


图1 面砂土颗粒组成的分配曲线图解法

1: 累积曲线图; 2: 分级曲线图。

① 同34页①。

② 邓时琴,1976年;野外鉴别土壤质地的方法(手稿)。

径或这些粒径的对数值，在纵坐标轴上列出每一粒级的含量百分数。该法在一个图上可安置几条土壤颗粒组成的曲线，可表示某土层及剖面的颗粒组成，对描述单独样品的颗粒组成是最标准的。可分累积(积分)曲线法及分级曲线法两种。

(1) 累积(积分)曲线法。是以小于某粒级之含量百分数作图(以小于1毫米的颗粒含量为100%)。

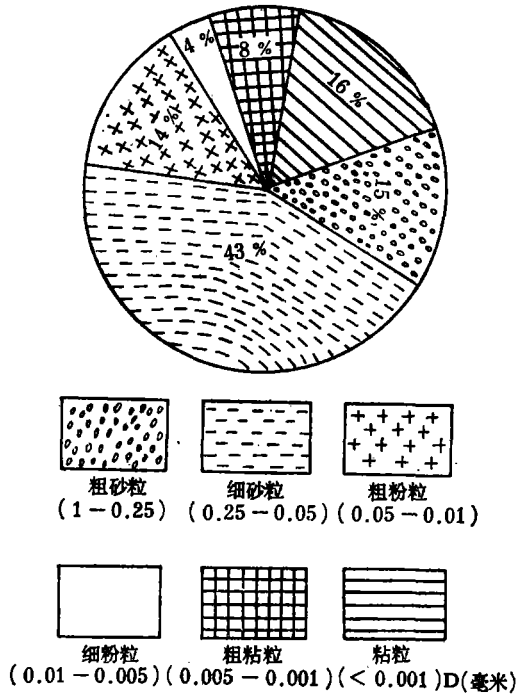


图2 面砂土颗粒组成的圆周图解法

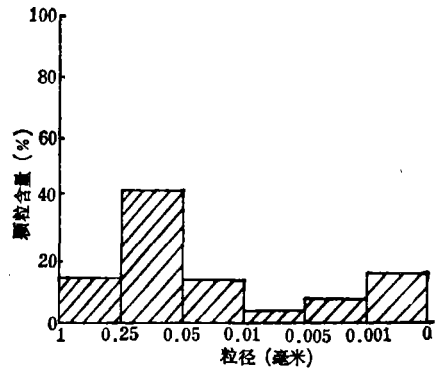


图3 面砂土颗粒组成的方柱块图解法

(2) 分级曲线法。是以各粒级之含量百分数作图。

2. 圆周图解法(图2) 把样品的颗粒组成摆在圆周上，圆面积及圆周长作为100%。把粒级的含量百分数按由粗粒到细粒或相反的顺序摆在圆周上，因此，3.6°角的弧长相当于该粒级的1%含量，把一段圆弧和圆心联接起来，所成的扇形面积就代表各粒级的含量百分数，每一扇形部分可涂上颜色或用图例标出。该法可详细表明土壤中各粒级的含量，一目了然，但每一圆只能表示一种土壤的颗粒组成。

3. 方柱块法(图3) 在横坐标轴上列出颗粒的粒径或这些粒径的对数(用微米表示粒径的大小较方便)，在纵坐标轴上列出每一粒级的含量百分数。各粒级的含量以方柱块面积表示。每一图只能表示一种土壤的颗粒组成。

(上)

更正 本刊1982年第14卷第4期勘误如下：

页	栏	行	误	正
148	右	15	两天的蒸发量	雨天的蒸发量
154	左 右	倒11 倒6	土壤研究所，熊毅 写1564年	土壤研究所熊毅 写于1564年
155	左 右 右	倒12 倒18 倒11	泥灰土和 兰色还把型 菅野	泥炭土和 蓝色还原型 菅野
156	左 右 右	17 17—18 倒4及倒1	三崎，菅野 集约经营 特徵	三崎、菅野 集约经营 特徵
157	左 右 右 右	10 15 倒11及倒20 倒7	特徵土层 菅野 徐琪 (次生潜育层—整理者)	特徵土层 菅野 徐琪 (次生潜育层—整理者)
158	左	3	寇以	冠以