

# 土壤学实验指导

江西农业大学国土资源与环境学院

2006年4月

# 前 言

为了适应教学、科研和生产的需要，我们编写了这本《土壤学实验指导》书，为广大农、林业科技工作者和农业高等院校、农业中等专业学校有关专业师生的实验教材或工具书。考虑到分析条件等原因，书中有时在同一分析项目中并列了几个方法，可根据分析项目和要求等选择应用。本指导包括四个方面的内容，土壤水分、土壤物理性质、土壤化学性质及土壤酸碱度的分析。本指导书由王景明、朱美英、熊江波编写，卢志红、张频审核。由于编者水平所限，书中疏漏，错误之处在所难免，敬请提出宝贵意见，以便进一步修改。

编者

## 实验室守则

- 1、实验室要保持安静，整齐有序，不许吵闹玩笑，大声说话；不得无故迟到早退；关闭手机及其它通讯设备。
- 2 实验前要先预习，明确实验目的，了解实验内容、原理和操作过程。
- 3 实验时必须认真观察和分析实验现象，对实验的内容和安排不合理的地方可提出改进意见。对实验中出现的反常现象应进行讨论，并大胆提出自己的看法，做到主动地学习，积极地思考。
- 4、注意安全，实验室内严禁吸烟。易燃易爆物品要远离火源操作和放置。
- 5、节约用水，安全用电，不浪费药品，爱护所有仪器。凡损坏仪器者应如实向教师报告，并登记，补领。实验过程中废液、废物应倒入指定地方，不准随意乱倒。
- 6、实验室内的一切物品，未经本室负责教师批准，严禁携带出室外，借物必须办理登记手续。
- 7、实验完毕，要把仪器用具清洁，将各种仪器药品放回原处，清洁实验台面和地面。学生离开实验室前，必须请指导教师到位检查，合格后方可离开。

# 目 录

实验一	常见成土矿物标本的观察与认识	4
实验二	常见成土岩石标本的观察与认识	7
实验三	土壤分析样品的采集与制备	10
实验四	土壤含水量的测定	13
实验五	土壤有机质含量的测定	15
实验六	土壤机械组成分析	17
	(一) 比重计速测法	17
	(二) 比重计法	23
	(三) 吸管法	27
实验七	土壤微团粒测定	31
实验八	土壤密度(比重)的测定	33
实验九	土壤容重、孔隙度的测定	34
实验十	土壤酸度的测定	36
实验十一	土壤中水解性酸度的测定及石灰施用量的计算	39
实验十二	土壤中代换性盐基总量的测定及盐基饱和度的计算	40
实验十三	土壤中有效氮、磷、钾的速测	42
实验十四	土壤全氮的测定	47
实验十五	土壤碱解氮的测定	50
实验十六	土壤全磷的测定	52
实验十七	土壤有效磷的测定	54
实验十八	土壤全钾的测定	57
实验十九	土壤速效钾的测定	58
实验二十	土壤氧化还原电位的测定	61
实验二十一	土壤剖面观察	64
实验二十二	自然土壤和自然成土因素的野外观察记载	69
附录一	常用标准筛孔、筛号对照表	74
附录二	常用商品试剂的近似比重、百分含量、摩尔浓度和当量浓度	74
附录三	标准酸碱溶液的配制和标定	75

## 实验一 常见成土矿物标本的观察与认识

土壤是由母质发育而成，母质是岩石风化的产物，岩石是矿物的集合体，而矿物本身又有它的化学组成和物理性质。学习土壤学的人，必须先学习岩石和矿物，以了解土壤母质，为学习土壤学打下基础。

本实验是使用放大镜、条痕板、小刀、硬度计、小锤、稀盐酸等物品，对主要的造岩矿物和成土岩石进行肉眼观察鉴定。

### (一) 形态

矿物形态除表面为一定几何外形的单独体外，还常常聚集成各种形状的集合体，常见的有下列形态。

柱状——由许多细长晶体，组成平行排列者，如角闪石。

板状——形状似板，如透明石膏、斜长石。

片状——可以剥离成极薄的片体，如云母。

粒状——大小等及具有一定规律的晶粒集合在一起，如橄榄石、黄铁矿。

块状——结晶或不结晶的矿物，成不定形的块体，如结晶的块状石英，非结晶的蛋白石。

土状——细小均匀的粉末状集合体，如高岭石。

纤维状——晶体细小，纤细平行排列，如石棉。

鲕状——似鱼卵状的园形小颗粒集合体，如赤铁矿。

豆状——集合体成园形或椭圆形大小似豆者。如赤铁矿。

### (二) 颜色

矿物首先引人注意的是它的颜色，矿物的颜色是其重要的特征之一。一般地说，颜色是光的反射现象。如孔雀石为绿色，是因孔雀石吸收绿色以外的色光而独将绿色反射所致。矿物的颜色，根据其发生的物质基础不同，可以有自色、他色和假色。

自色——矿物本身所含的化学成分中，具有的色素表现出来的颜色，如石英的白色。

他色——矿物因为含有外来的带色素的杂质而产生的颜色，如无色透明的石英（水晶）因锰的混入而被染成紫色，即是他色。

假色——矿物内部裂缝、解理面及表面由于氧化膜的干涉效应而产生的颜色。

### (三) 条痕

矿物粉末的颜色。将矿物在无釉瓷板上擦划，（必须注意矿物硬度小于瓷板）所留在瓷板上的颜色即为条痕。条痕对有色矿物有鉴定意义。

### (四) 光泽

矿物表面对入射光线的反射能力称光泽。按其表现可分为：

金属光泽——如黄铁矿

半金属光泽——如赤铁矿

非金属光泽——玻璃光泽：如石英晶面

油脂光泽：如石英断口面

丝绢光泽：如石棉

珍珠光泽：如白云母

土状光泽：如高岭石

### (五) 硬度

矿物抵抗磨擦或刻划的能力。决定硬度时，常常用二个矿物相对刻划的方法即得出其相对硬度。表示硬度的大小，以摩氏硬度计的十种矿物作标准，从滑石到金刚石依次定为十个等级，

其排列次序是:

代表矿物	滑石	石膏	方解石	萤石	磷灰石	正长石	石英	黄玉	刚玉	金刚石
硬度等级	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

在野外可用指甲（硬度 2-2.5）、回形针（3）、玻璃（5）、小刀（5-5.5）、钢锉（6-7）代替标准硬度计。

### （六）解理

矿物受击后沿一定方向裂开成光滑平面的性质称为解理，矿物破裂时呈现有规则的平面称为解理面，按其裂开的难易、解理面之厚薄、大小及平整光滑程度，一般可有下列等级。

极完全解理——解理面极平滑，可以裂开成薄片状，如云母。

完全解理——解理面平滑不易发生断口，往往可沿解理面裂开成小块，其外形仍与原来的晶形相似，如方解石的菱面体小块。

中等解理——在矿物碎块上，既可看到解理面，又可看到断口。如长石、角闪石。

不完全解理——在矿物的碎块上，很难看到明显的解理面，大部分为断口，如磷灰石。

无解理——矿物碎块中除晶面外，找不到其他光滑的面，如石英。

必须指出，在同一矿物上可以有不同方向和不同程度的几向解理出现。例如云母具有一向极完全解理；长石、辉石具有二向完全解理；方解石具有三向完全解理等。

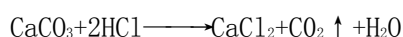
### （七）断口

矿物受击后，产生不规则的破裂面，称为断口。在解理不发达以及非结晶矿物受击后，容易发生断口。其形状有：贝壳状（如石英的断口）、参差状（如自然铜）、平坦状（如磁铁矿）等。

同一矿物，解理与断口的性质表现出互为消长的关系，如极完全解理的云母，则不易见到断口。

### （八）盐酸反应

含有碳酸盐的矿物，加盐酸会放出气泡，其反应式：



根据与 10% 的盐酸发生反应时放出气泡的多少，可分四级：

低——徐徐的放出细小气泡

中——明显起泡

高——强烈起泡。

极高——剧烈起泡，呈沸腾状

### （九）根据表 1 所列项目，认识各种矿物

### （十）作业

未知矿物的鉴定

表 1

各种矿物的性质和风化特点

特征名称	形状	颜色	条痕	光泽	硬度	解理	断口	10%HCl反应	其他	风化特点与分解产物
石英	六方柱、锥或块状	无、白		玻璃油脂	7	无	贝壳状		晶面上有条纹	不易风化、难分解，是土壤中砂粒的主要来源
正长石	板状、柱状	肉红为主		玻璃	6	二向完全			解理面上可见双晶条纹	风化后产生粘粒、二氧化硅和盐基物质，正长石含钾较多，是土壤中钾素来源之一。
斜长石	板状	灰白为主			6-6.5					
白云母	片状、板状	无	白	玻璃珍珠	2-3	一向极完全			有弹性	白云母抗风化分解能力较黑云母强，风化后均能形成粘粒。并释放大量钾素，是土壤中钾素和粘粒来源之一。
黑云母		黑褐	浅绿							
角闪石	长柱状	暗绿、灰黑		玻璃	5.5-6	二向完全	参差状			容易风化分解产生含水氧化铁，含水氧化硅及粘粒。并释放大量钙、镁等元素。
辉石	短柱状	深绿、褐黑			5-6					
橄榄石	粒状	橄榄绿		玻璃油脂	6.5-7	不完全	贝壳状			易风化形成褐铁矿，二氧化硅以及蛇纹石等次生矿物。
方解石	菱面体或块体	白、灰黄等		玻璃	3	三向完全		强		易受碳酸作用溶解移动，但白云石稍比方解石稳定，风化后释放出钙、镁元素，是土壤中碳酸盐和钙、镁的重要来源。
白云石					3.5-4			弱		
磷灰石	六方柱或块状	绿、黑、黄灰、褐		玻璃油脂	5	不完全	参差状贝壳状			风化后是土壤中磷素营养的主要来源。
石膏	板状、针状、柱状	无、白		玻璃、珍珠、绢丝	2	完全				溶解后为土壤中硫的主要来源
赤铁矿	块状、鲕状、豆状	暗红至铁黑	樱红	半金属、土状	5.5-6	无				易氧化，分布很广，特别在热带土壤中最为常见。
褐铁矿	块状、土状、结核状	黑、褐、黄	棕黄	土状	4-5					其分布与赤铁矿同。
磁铁矿	八面体、粒状、块状	铁黑	黑	金属	5.5-6	无			磁性	难风化，但也可氧化成赤铁矿和褐铁矿。
滑石	鳞片、块状	色白、浅黄	白	玻璃	1	完全				分解成富含镁的氧化物，为土壤中镁的主要来源。
高岭石	土块状	白、灰、浅黄	白、黄	土状		无			有油腻感	由长石、云母风化形成的次生矿物，颗粒细小是土壤粘粒矿物之一。

## 实验二 常见成土岩石标本的观察与认识

组成地壳的岩石，按其成因不同分为三大类，即：由岩浆冷凝而成者称岩浆岩；由各种沉积物经硬结成岩者称沉积岩；由原生岩经高温、高压以及与化学性质活泼的物质作用后发生了变质的岩石称变质岩。三者由于成因不同，以致在各自的组成、结构和构造中都有较大的差异。肉眼鉴定岩石的方法，主要对岩石的颜色、矿物组成、结构、构造等方面进行观察后，才能区别出所属岩类和定出岩石名称。

### (一) 颜色

岩石的颜色决定于矿物的颜色，观察岩石的颜色，有助于了解岩石的矿物组成。如岩石深灰及黑色是含有深色矿物所致。

### (二) 矿物组成

岩浆岩的主要矿物有石英、长石、云母、角闪石、辉石、橄揽石。沉积岩主要矿物除石英、长石等外，还含有方解石、白云石、粘土矿物、有机质等。变质岩的矿物组成除石英、长石、云母、角闪石、辉石外，常含变质矿物如石榴石、滑石、蛇纹石、绿泥石、绢云母等。

### (三) 结构

1、岩浆岩结构 指岩石中矿物的结晶程度、颗粒大小、形状以及相互组合的关系。其主要结构有：全晶质等粒、隐晶质、斑状、玻璃质(非结晶质)结构。

全晶质等粒结构——岩石中矿物晶粒在肉眼或放大镜下可见，且晶粒大小一致。如花岗岩。

隐晶质结构——岩石中矿物全为结晶质，但晶粒很小，肉眼或放大镜看不出晶粒。

斑状结构——岩石中矿物颗粒大小不等，有粗大的晶粒和细小的晶粒或隐晶质甚至玻璃质(非晶质)者称斑状结构。大晶粒为斑晶，其余的称石基。如花岗斑岩。

2、沉积岩结构 指岩石的颗粒大小、形状及结晶程度所形成的特征叫结构。一般沉积岩结构有：碎屑结构(砾、砂、粉砂)、泥质结构、化学结构、生物结构等。

①碎屑结构 碎屑物经胶结而成。胶结物的成份有钙质、铁质、硅质、泥质等。按碎屑大小来划分有：

砾状结构——大于 2mm 以上的碎屑被胶结而成的岩石，如砾岩。

砂粒结构——碎屑颗粒直径为 2—0.1mm 者如砂岩。

粉砂结构——碎屑颗粒直径为 0.1—0.01mm 者如粉砂岩。

②泥质结构 颗粒很细小，由直径小于 0.01mm 的泥质组成，彼此紧密结合，成致密状，



如页岩、泥岩。

③化学结构 由化学原因形成，有晶粒状、隐晶状、胶体状(如鲕状、豆状)。为化学岩所特有如粒状石灰岩。

④生物结构 由生物遗体或生物碎片组成如生物灰岩。

3、变质岩结构 变质岩多半具有结晶质，其结构含义与岩浆岩相似，有等粒状、致密状或斑状等。在结构命名上，为了区别起见，特加上“变晶”二字，如等粒变晶、斑状变晶、隐晶变晶。

#### (四) 构造

1、岩浆岩构造 指矿物颗粒之间排列方式及填充方式所表现出的整体外貌。一般有块状、流纹状、气孔状、杏仁状等构造。

块状构造 —— 岩石中矿物的排列完全没有秩序。为侵入岩的特点，如花岗岩、闪长岩、辉长岩均为块状。

流纹状构造 —— 岩石中可以看到岩浆冷凝时遗流下来的纹路，为喷出岩的特征，如流纹岩。

气孔状构造 —— 岩石中具有大小不一的气孔，为喷出岩特征，如气孔构造的玄武岩。

杏仁状构造 —— 喷出岩中的气孔内，为次生矿物所填充，其形状如杏仁，常见的填充物如蛋白石、方解石等。

2、沉积岩构造 指岩石中各物质成份之间的分布状态与排列关系，所表现出来的外貌。沉积岩的最大特征是具层理构造，即岩石表现出成层的性质。层理的面上常常保留有波浪、雨痕、泥裂、化石等地质现象，把它称为层面构造。

3、变质岩构造 变质岩的构造受温度、压力两个变质因素影响较大，主要构造是片理构造，它是由片状或柱状矿物有一定方向排列而成，由于变质程度的深浅，矿物结晶颗粒大小及排列的情况不同，主要有以下几种构造：

板状构造——变质较浅，变晶不全，劈开成簿板，片理较厚，如板岩。

千枚状构造——能劈开成簿板，片理面光泽很强，变晶不大，在断面上可以看出是由许多极簿的层所构成，故称千枚，如千枚岩。

片状构造——能劈开成簿片，片理面光泽强烈，矿物晶粒粗大，为显晶变晶。

片麻状构造——片状、柱状、粒状矿物呈平行排列，显现深浅相间的条带状，如片麻岩。

块状构造或层状构造——矿物重结晶后成粒状或隐晶质，一般情况在肉眼下很难看出它的片理构造，而成块状或保持原来层状构造。如大理岩、石英岩。

**(五) 根据表 2 所列项目，认识各种岩石**

**(六) 作业**

未知岩石的鉴定

表 2

主要成土岩石

岩类	项目		矿物组成	颜色	结构构造	风化特点和分解产物
	岩名	石				
岩浆岩	花岗岩		钾长岩、石英为主,少量斜长石、云母、角闪石	灰白、肉红	全晶等粒结构、块状构造	抗化学风化能力强,易物理风化,风化后石英成砂粒,长石变成粘粒,且钾素来源丰富,形成砂粘适中的母质。
	闪长岩		斜长石、角闪石为主,其次为黑云母、辉石	灰、灰绿	全晶等粒结构、块状构造	易风化,形成的土壤母质粘粒含量高。
	辉长岩		斜长石、辉石为主,其次为角闪石、橄榄石	灰、黑	全晶等粒结构、块状构造	易风化,生成富含粘粒、养料丰富的土壤母质。
	玄武岩		与辉长岩相同	黑绿、灰黑	隐晶质、斑状结构,常有气孔状,杏仁状或块状构造。	与辉长岩相似。
沉积岩	砾岩		由各种不同成分的砾石被胶结而成。	决定于砾石和胶结物	砾状结构(由粒径>2mm砾石被胶结而成)层状构造。	风华成砾质或砂质的母质,土壤养分贫乏
	砂岩		主要由石英、长石砂粒被胶结而成	红、黄、灰	砂粒结构(颗粒直径0.1-2mm)层状构造	风化难易视胶结物而定,石英砂岩养分含量较少,长石砂岩养分含量较多。
	页岩		粘土矿物为主	黄、紫、黑、灰	泥质结构(颗粒粒径<0.01mm),页理构造。	易破碎,风化产物为粘粒,养分含量较多。
	石灰岩		方解石为主	白、灰、黑、黄	隐晶状、鲕状结构,层状构造,有碳酸盐反应	易受碳酸水溶解,风化产物质地粘重,富含钙质。
变质岩	板岩		泥页岩浅变质而来	灰、黑、红	结构致密板状构造(能劈开成薄板)	比页岩坚硬而较难风化,风化后形成的母质和土壤与页岩相似。
	千枚岩		含云母等泥质岩变质而来	浅红、灰、灰绿	隐晶结构,千枚状构造、断面上常有极薄层片体,表面具有绢丝光泽。	易风化,风化产物粘粒较多,并含钾素较多。
	片麻岩		多由花岗岩变质而来	灰、浅红	粒状变晶结构,片麻状构造(黑白相间,呈条带状)	与花岗岩相似。
	石英岩		由硅质砂岩变质而来,矿物成分主要为石英	白、灰	粒状、致密状结构,块状构造	质坚硬、极难化学风化,物理破碎后成砾质母质。
	大理岩		方解石、白云石为主,多由石灰岩变质而来。	白、灰、绿、红、黑、浅黄	等粒变晶结构,块状构造,与10%HCl反应剧烈	与石灰岩相似

## 实验三 土壤样品的采集与处理

土壤样品(简称土样)的采集与处理,是土壤分析工作的一个重要环节,直接关系到分析结果的正确与否。因此必须按正确的方法采集和处理土样,以便获得符合实际的分析结果。

### 实验用具:

铁铲、锄头、土壤刀、土壤袋、木槌、研钵、土壤筛(0.25、1、2mm)、卷尺、广口瓶、标签等。

#### 一、土样的采集

分析某一土壤或土层,只能抽取其中有代表性的少部份土壤,这就是土样。采样的基本要求是使土样具有代表性,即能代表所研究的土壤总体。根据不同的研究目的,可有不同的采样方法。

##### (一)土壤剖面样品

土壤剖面样品是为研究土壤的基本理化性质和发生分类。应按土壤类型,选择有代表性的地点挖掘剖面,根据土壤发生层次由下而上的采集土样,一般在各层的典型部位采集厚约10厘米的土壤,但耕作层必须要全层柱状连续采样,每层采一公斤;放入干净的布袋或塑料袋内,袋内外均应附有标签,标签上注明采样地点、剖面号码、土层和深度。

##### (二)耕作土壤混合样品

为了解土壤肥力情况,一般采用混合土样,即在一采样地块上多点采土,混合均匀后取出一部份,以减少土壤差异,提高土样的代表性。

1、采样点的选择 选择有代表性的采样点,应考虑地形基本一致,近期施肥耕作措施、植物生长表现基本相同。采样点5—20个,其分布应尽量照顾到土壤的全面情况,不可太集中,应避开路边、地角和堆积过肥料的地方。

根据地形、地块大小、肥力等情况的不同,采样点的分布也不一致,一般可采用以下三种方法:(1)对角线采样法 适用于地块小、采样点少、肥力均匀、地形平坦、地形端正的地块,图1;(2)棋盘式采样法 适用于地块面积大小中等、采样点较多(约10点以上)、地势平坦、地形整齐、肥力稍有差异的地块,图2;(3)蛇形采样法;适用于地块面积大、地势不平坦、地形多变、肥力不均匀的地块,图3。

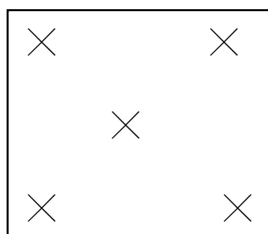


图1

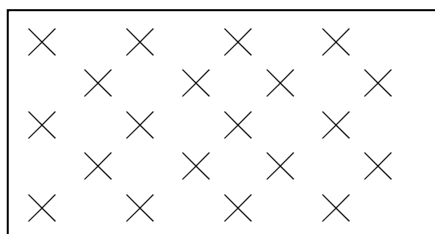


图2

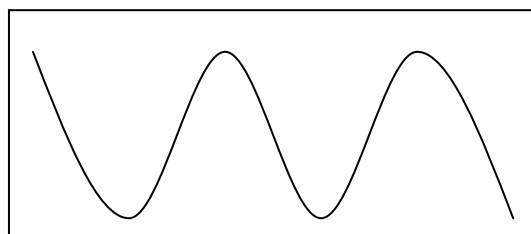


图3

2、采样方法:在确定的采样点上,先用小土铲去掉表层3毫米左右的土壤,然后倾斜向下切取一片片的土壤(见图1)。将各采样点土样集中一起混合均匀,按需要量装入袋中带回。

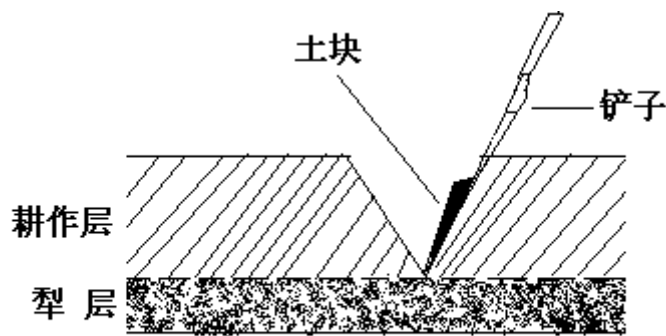


图1 土壤采样图

### (三) 土壤物理分析样品

测定土壤的某些物理性质。如土壤容重和孔隙度等的测定，须采原状土样，对于研究土壤结构性样品，采样时须注意湿度，最好在不粘铲的情况下采取。此外，在取样过程中，须保持土块不受挤压而变形。

### (四) 研究土壤障碍因素的土样

为查明植株生长失常的原因，所采土壤要根据植物的生长情况确定，大面积危害者应取根际附近的土壤，多点采样混合；局部危害者，可根据植株生长情况，按好、中、差分别取样(土壤与植株同时取样)，单独测定，以保持各自的典型性。

### (五) 采样时间

土壤某些性质可因季节不同而有变化，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，因而建议在定期采样时在一年一熟的农田的采样期放在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。不少情况下均以放在秋季为宜。当然，只需采一次样时，则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、土样的数量

一般 1 公斤左右的土样即够化学物理分析之用，采集的土样如果太多，可用四分法淘汰。四分法的方法是：将采集的土样弄碎，除去石砾和根、叶、虫体，并充分混匀铺成正方形，划对角线分成四份，淘汰对角两份，再把留下的部份合在一起，即为平均土样，如果所得土样仍嫌太多，可再用四分法处理，直到留下的土样达到所需数量(1 公斤)，将保留的平均土样装入干净布袋或塑料袋内，并附上标签。

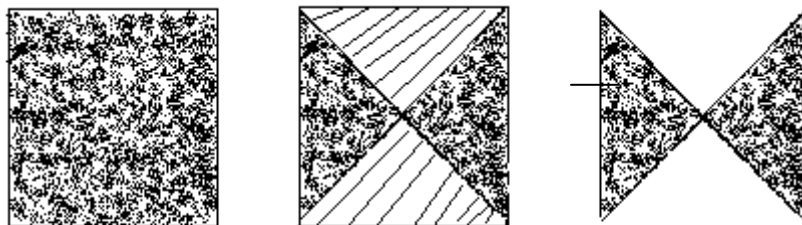


图2 四分法取样步骤图

### (一) 风干处理

野外取回的土样，除田间水分、硝态氮、亚铁等需用新鲜土样测定外，一般分析项目都用风干土样。方法是：将新鲜湿土样平铺于干净的纸上，弄成碎块，摊成薄层(厚约 2 厘米)，

放在室内阴凉通风处自行干燥。切忌阳光直接暴晒和酸、碱、蒸气以及尘埃等污染。并在风干过程中拣去粗大的植物残体、石块、结核等。

### (二) 磨细和过筛

用木槌将土块研碎，切勿打碎石砾。然后取出一定土样（800 克左右）。用 2mm（10 号筛）筛孔过筛，不能通过的石砾称其重量，并计算其百分含量。从过筛的土样中取出 100 左右，作为机械分析用（可用通过 1mm 筛孔土样）其余的土样反复辗细，用 1mm 筛子过筛，不能通过的粗砂粒，也应称其重量，计算其百分含量。将通过 1mm（18 号筛）的土样混匀后铺成薄层，划成若干小格，用骨匙从每一方格中取出少量土样，总量约 50 克。将其置于研钵中反复研磨，使其全部通过孔径 0.25mm（60 号筛）的土筛，然后混合均匀。

### (三) 保存

经处理后的土样，分别装入广口瓶，贴上标签。

## 三、思考题

- 1、采集与处理土样的基本要求是什么？
- 2、处理土样时为什么  $<1\text{mm}$  和  $<0.25\text{mm}$  的细土必须反复研磨使其全部过筛？
- 3、处理通过孔径 1mm 及 0.25mm 土筛的两种土样，能否将两种筛套在一起过筛，分别收集两种土筛下的土样进行分析测定？为什么？
- 4、根据土样处理结果，计算土壤石砾百分率。

$$\text{石砾含量 (\%)} = \frac{\text{石砾重量}}{\text{土壤总重量}} \times 100$$

附注：筛号与筛孔直径（mm）对照见书末附表。

## 实验四 土壤水分的测定

测定土壤水分是为了了解土壤水分状况,以作为土壤水分管理,如确定灌溉定额的依据。在分析工作中,由于分析结果一般是以烘干土为基础表示的,也需要测定湿土或风干土的水分含量,以便进行分析结果的换算。

### 仪器和试剂:

1. 仪器: 烘箱、分析天平、角匙、铝盒、干燥器、蒸发皿、镊子、玻棒、10ml 量筒。
2. 试剂: 乙醇。

### 一、测定方法

土壤水分的测定方法很多,实验室一般采用烘干法。野外则可采用简易酒精燃烧法。

#### (一) 烘干法

1、原理: 将土样置于  $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  的烘箱中烘至恒重,即可使其所含水分(包括吸湿水)全部蒸发殆尽以此求算土壤水分含量。在此温度下,有机质一般不致大量分解损失影响测定结果。

#### 2、操作步骤

①取干燥铝盒称重为  $W_1$ (克)。

②加土样约 5 克于铝盒中称重为  $W_2$ (克)。

③将铝盒放入烘箱,在  $105^{\circ}\text{C} - 110^{\circ}\text{C}$  下烘烤 8 小时称重为  $W_3$  克。一般可达恒重,取出放入干燥器内,冷却 20 分钟可称重。必要时,如前法再烘 1 小时,取出冷却后称重,两次称重之差不得超过 0.05 克,取最低一次计算。

注: 质地较轻的土壤,烘烤时间可以缩短,即 5—6 小时。

#### 3、结果计算:

$$\text{土壤水分含量 (\%)} = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100$$

$$\text{水分换算系数} = \frac{W_3 - W_1}{W_2 - W_1}$$

#### (二) 酒精燃烧法

1、原理: 酒精可与水分互溶,并在燃烧时使水分蒸发。土壤烧后损失的重量即为土壤含水量(有机质 > 5% 不宜用此法)。

#### 2、操作步骤:

①取铝盒称重为  $W_1$ (克)。

②取湿土约 10 克(尽量避免混入根系和石砾等杂物)与铝盒一起称重为  $W_2$ (克)。

③加酒精于铝盒中,至土面全部浸没即可,稍加振摇,使土样与酒精混合,点燃酒精,待燃烧将尽,用小玻棒来回拨动土样,助其燃烧(但过早拨动土样会造成土样毛孔闭塞,降低水分蒸发速度),熄火后再加酒精 3 毫升燃烧,如此进行 2—3 次,直至土样烧干为止。

④冷却后称重为  $W_3$ (克)。

#### 3、结果计算同前烘干法。

土壤分析一般以烘干土计重,但分析时又以湿土或风干土称重,故需进行换算,计算公式为: 应称取的湿土或风干土样重 = 所需烘干土样重  $\times$  (1 + 水分%)

## 二、思考题

- 1、列出实验数据，计算土壤水分含量。
- 2、在烘干土样时，为什么温度不能超过  $110^{\circ}\text{C}$ ？含有机质多的土样为什么不能采用酒精燃烧法？
- 3、土壤含水率为 5.5%，则相当于 50 克干土的风干土为多少克？
- 4、土壤含水率为 5.5%，则 50 克风干土相当于干土多少克？



## 实验五 土壤有机质的测定

有机质是土壤的重要组成部分，其含量虽少，但在土壤肥力上的作用去很大，它不仅含有各种营养元素，而且还是微生物生命活动的能源。土壤有机质的存在对土壤中水、肥、气、热等各种肥力因素起着重要的调节作用，对土壤结构、耕性也有重要的影响。因此土壤有机质含量的高低是评价土壤肥力的重要指标之一<sup>[注1]</sup>，是经常需要分析的项目。

测定土壤有机质的方法很多，有重量法、滴定法和比色法等。重量法包括古老的干烧法和湿烧法，此法对于不含碳酸盐的土壤测定结果准确，但由于方法要求特殊的仪器设备、操作繁琐、费时间，因此一般不作例行方法来应用。滴定法中最广泛使用的是重铬酸钾氧化还原滴定法，该法不需要特殊的仪器设备，操作简便、快速、测定不受土壤中碳酸盐的干扰，测定的结果也很准确。

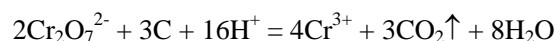
重铬酸钾氧化还原滴定法根据加热的方式不同又可分为外加热法（Schollenberger 法）和稀释热法（walkley-Baclk 法），前者操作不如后者简便，但有机质的氧化比较完全（是干烧法的 90~95%）。后者操作较简便，但有机质氧化程度较低（是干烧法的 70~86%），而精密密度较高，测定受室温的影响大。比色法是将土壤还原成  $\text{Cr}^{3+}$  的绿色或在测定中氧化剂  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  橙色的变化，用比色法测定之。这种方法的测定结果准确性较差。本实验只选用重铬酸钾氧化还原滴定的两种方法。

用重铬酸钾氧化还原滴定法测定土壤有机质，实际上测得的是“可氧化的有机碳”，所以在结果计算时要乘以一个由有机碳换算为有机质的换算因数。换算因数随土壤有机质的含碳率而定。各地土壤有机质的组成不同，含碳率亦不一致，如果都用同一换算因数，势必会产生一些误差；但是为了便于各地资料的相互比较和交流，统一使用一个公认的换算因数还是必要的，目前国际上仍然一致沿用古老的所谓“Van Bemmelen”因数即 1.724，这是假设土壤有机质含碳为 58% 计算的。

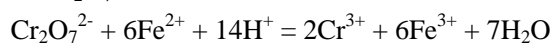
### 一、重铬酸钾氧化还原滴定外加热法

#### 1. 方法原理

在一定温度加热的条件下，用一定浓度的  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7\text{-H}_2\text{SO}_4$  溶液，氧化土壤有机 C 反应如下：



反应剩余的  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ，以邻-菲罗啉为指示剂，用  $\text{Fe}^{2+}$  标准溶液滴定：



由氧化有机 C 的  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  净消耗量计算土壤中有机碳的含量，再换算为有机质的量。由于此法对有机碳氧化还不够完全，所以测得的有机碳需乘以一个氧化校正系数，方能与经典的重量法的结果一致。氧化校正系数应根据氧化剂的浓度，消煮的温度与时间、催化剂的存在与否以及样品中有机碳的含量不同而有变化。常用的外加热法（用油浴、石蜡浴或磷酸浴加热），测得的结果与重量法（干烧法）对比，只能氧化 90% 左右的有机碳，因此测得的结果应乘以氧化校正系数 1.1。

土壤中如有  $\text{Cl}^-$  和  $\text{Fe}^{2+}$  存在，在测定时也能被  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7\text{-H}_2\text{SO}_4$  溶液氧化而导致结果偏高，须设法消除其干扰。

#### 2. 试剂配制

(1)  $0.8000\text{molL}^{-1}(\frac{1}{6}\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7\text{-H}_2\text{SO}_4)$  溶液：准确称取经  $130^\circ\text{C}$  烘 2~3 小时的  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  39.0000g 溶于 1000ml 升水中。

(2)  $0.2\text{molL}^{-1}\text{FeSO}_4$  标准溶液  $56\text{gFeSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$  或  $80\text{g}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4\cdot \text{FeSO}_4\cdot 6\text{H}_2\text{O}$  溶于  $60\text{ml } 3\text{molL}^{-1}\text{H}_2\text{SO}_4$  中, 然后加水至 1 升。

(3) 邻-菲罗啉指示剂  $1.49\text{g}$  邻-菲罗啉 ( $\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2$ ) 和  $0.70\text{gFeSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (或  $1.0\text{g}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4\cdot \text{FeSO}_4\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) 溶于  $100\text{ml}$  水中, 贮于棕色瓶内。

(4)  $85\%\text{H}_3\text{PO}_4$  工业品, 供磷酸浴用。用前应先小心加热至约  $180^\circ\text{C}$ , 逐尽水份。

### 3. 操作步骤

准确称取通过  $0.25\text{mm}$  筛孔的土样  $0.2\sim 1.0\text{g}$ , 放在光滑纸条的一端, 小心地装入硬质试管 ( $18\times 180\text{mm}$ ) 的底部。准确加  $0.8000\text{molL}^{-1}(\frac{1}{6}\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7\text{-H}_2\text{SO}_4)$  溶液  $5.00\text{ml}$ , 摇动试管, 使土样分散, 再加入  $5\text{ml}98\%$  的浓  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 在试管口上加盖一小漏斗, 以冷凝加热时逸出的水气。将试管放入加热至约  $170\sim 180^\circ\text{C}$  的磷酸浴中消煮, 待试管内溶液开始滚动或有较大气泡发生时, 开始计算时间, 保持沸腾 5 分钟。取出试管, 在空气中放冷却后, 将试管内容物少量多次的洗入  $250\text{ml}$  三角瓶中, 此时三角瓶内溶液的总体积约为  $60\sim 70\text{ml}$ , 保持混合液中  $\text{H}_2\text{SO}_4$  的浓度为  $2\sim 3\text{molL}^{-1}(1/2\text{H}_2\text{SO}_4)$ 。加入邻-菲罗啉指示剂 3 滴, 用  $0.2\text{molL}^{-1}\text{FeSO}_4$  标准溶液滴定至终点 (颜色由黄绿—灰绿—亮绿—棕红)。每批样品测定的同时, 做 2-3 个空白标定, 即用纯石英砂或灼烧过的土壤代替土样, 其它操作手续与样品测定相同。

### 4. 结果计算

$$\text{土壤有机质}\% = \frac{0.8000 \times 5}{V_0} (V_0 - V) \times 0.003 \times 1.724 \times 1.1 \times 100$$

$W$

式中:

$V_0$ —空白标定时所消耗  $\text{FeSO}_4$  标准液的体积 (ml)

$V$ —土壤测定时所消耗  $\text{FeSO}_4$  标准液的体积 (ml)

$0.003$ — $1/4c$  的摩尔质量 ( $\text{kg}\cdot\text{mol}^{-1}$ )

$1.724$ —由有机 C 换算为有机质的因数

$1.1$ —氧化校正系数 (此法为 1.1)

$0.8000$ — $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  浓度

$5$ —使用  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  体积

$W$ —烘干土样质量 (g)。

平行测定结果用算术平均值表示, 保留三位有效数字。

二次平行测定结果的允许差: 土壤有机质含量小于 3% 时为 0.05%; 3~8% 时为 0.10~0.30%。

作业题

1. 加热消煮过程中, 试管肉质溶液变成绿色时说明了什么? 应采取什么措施?
2. 氧化有机碳时, 为什么须严格控制温度 ( $170\sim 180^\circ\text{C}$ ) 准确记时?
3. 如何消除在测定过程中  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Fe}^{+2}$  的干扰及氧化不完全等问题?

## 实验六 土壤机械分析

### 一、 目的意义

土壤是由各种不同粒径的颗粒组成的，土壤中各级大小不同大粒的比率成为土壤质地或土壤机械组成，根据土壤中各种粒径颗粒的百分组成作为土壤分类的标准，成为土壤质地分类。土壤机械组成的测定，就是通过一定的分析方法，确定各种颗粒的百分组成，作为土壤质地分类的依据。

土壤质地是土壤重要特征之一，它对土壤的透水、通气、保肥、供肥、微生物的活动及耕性等的影晌很大，因此鉴定土壤质地，对了解土壤性质，研究土壤分类以及采用相应的农业技术措施等，都有很重要的意义。

本章介绍三种机械分析的方法，即比重计速测法，比重计法、吸管法。他们的原理是以司托克斯为基础的。本实验要求同学掌握比重计速测法。

#### (一) 比重计速测法

##### 1、 法原理方

根据司托克斯 (Stocks) 定律：在一定温度下，土壤悬液中土粒下沉的速度与其半径平方成正比，与液体的沾滞系数成反比。有如下关系：

$$V = \frac{2}{9} g \frac{d_1 - d_2}{n} r^2$$

式中：V 为土粒沉降速度 (厘米/秒)

g 重力加速度 (981 厘米/秒)

r 为土粒半径 (厘米)

$d_1$  为土粒密度 [平均比重 2.65 克/(厘米)<sup>3</sup>]

$d_2$  为水的密度 [20℃时 1 克/(厘米)<sup>3</sup>]

n 为介质 (水) 粘滞系数 (20℃时为 0.01005 克/厘米秒)

在一定温度下： $g \cdot d_1 \cdot d_2 \cdot n$  都是常数，可综合用 K 表示，则上式可化为：

$$V = Kr^2$$

从上式中得知：土粒在静水中做沉降时，土粒越大，沉降的越快，土粒越细，沉降的越慢。在水温一定条件下，颗粒大小和它的沉降速度是不变的，而利用下沉的时间不同可以测得粗细不同的各级土粒的数量，按其重量百分率，定出土壤质地。

本实验是应用上述原理，将一定重的土样，经过分散处理后，制成 1000ml 的悬液当其静置时，悬液中各级大小不同的土粒以不同速度向下沉降，造成悬液各部分的密度不断发生变化，经不同时间，将土壤比重计放入悬液中，测定其密度，可求出各级土粒的重百分率。比重计的读数，直接指示出悬浮在比重计所处深度的悬液中土粒含量，也就是说，可从比重计刻度上直接读出每升悬液中所含土粒的重量。悬液的密度与土粒重之间有一定关系，可

用下式表示：

$$d_s = d_1 + \frac{w}{V} \left( \frac{d_1}{d_2} \right)$$

式中： $d_s$  为悬浊液密度（可由比重计读数得知）

$d_1$  为水的密度

$d_2$  为土粒密度[平均比重 2.65 克/（厘米）<sup>3</sup>]

$W$  为悬浊液中土粒重

$V$  为悬浊液的体积（1000 毫升）

上式是如下演导而来的：

$$\text{悬液密度 } d_s = \frac{\text{水重} + \text{土重}}{\text{水体积} + \text{土体积}} = \frac{(V - \frac{W}{d_2}) + W}{V} = \frac{Vd_1 - \frac{Wd_1}{d_2} + W}{V} = d_1 + \frac{W}{V} \left( 1 - \frac{d_1}{d_2} \right)$$

所以，在用土壤比重计测得浊液的密度后即可求知悬浮土粒的重量。由此测定换算比较麻烦，而土壤机械分析所用比重计，是根据上述关系将比重计懂得深度换算成每 1000 毫升悬浮土粒的克数而制成的特种土壤比重计（又称鲍氏比重计），比重计上的刻度为 0—60，表示在标准温度时每 1000 毫升悬浊液中所含土粒的克数，不必再计算。根据测得各级土粒的重量，可以计算出各级土粒百分含量，进行查表则可定出土壤质地名称。

## 2、仪器与试剂：

(1) 仪器：甲种比重计（鲍氏比重计）刻度范围 0—60，最小刻度单位是克/升、1000 毫升沉降筒、搅拌器、玻棒、带橡皮头的搅拌棒、500 毫升烧杯、电炉、50 毫升量筒、温度计。

(2) 试剂：

a、0.5mol/L 氢氧化钠（化学纯）溶液：称取 20 克氢氧化钠，加蒸馏水溶解定容至 1000 毫升，摇匀。

B、0.25mol/L 草酸钠(化学纯)溶液:称取 33.5 克草酸钠,加蒸馏水溶解后容至 1000 毫升,摇匀.

c、0.5mol/L 六偏磷酸钠(化学纯)溶液:称取 51 克六偏磷酸钠,加蒸馏水溶解后容至 1000 毫升,摇匀.

d、异戊醇（化学纯）：因有一种刺鼻气味，也可用乙醇代替。

E、软水的制备：将 200 毫升 2% 碳酸钠加入 15000 毫升自来水中，待静置一夜；澄清后上部清水即为软水。

## 3、测定步骤：

(1) 分散土粒：

a、样：称取通过 1mm 筛孔土样 50 克于 500 毫升烧杯中，用软水调成糊状（有机质含量超过 2% 的土样应先加入 6—10% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 40 毫升左右，进行搅拌，

氧化其有机质)；

b、据土壤的性质，选用下列分散剂：

酸性土壤，加入 0.5mol/L 氢氧化钠 50 毫升

中性土壤，加入 0.25mol/L 草酸钠 50 毫升

石灰性土壤，加入 0.5mol/L 六偏磷酸钠 60 毫升；用带橡皮头的研磨棒研磨土样 10—15 分钟后，再加入少量软水；

c、煮沸（电炉或电热板）数分钟，加热过程中，不断搅拌，以防土粒在杯底结成硬块，影响分散；

(2) 制备悬液：

将上述分散好的土样冷却后，用软水洗入 1000 毫升的沉降筒中，定容至刻度，测定悬液的温度，用搅拌器搅拌悬液 1 分钟（上下各 30 次），记录开始沉降时间；

(3) 测定土壤密度：

按表 1 中所列温度、时间和粒径的关系，根据液温查出 <0.01 毫米土粒沉降的时间，到时再提前 20 秒钟将比重计轻轻插入悬液中，到了选定时间即测记比重计的读数（如有气泡影响读数，可用少量乙醇消泡）。按上述步骤可分别测定 <0.05、<0.01、<0.005、<0.001 毫米等各级土粒的比重。

#### 4、计算定名：

(1) 温度校正值 ( $\Delta T$ )

甲种比重计的刻度是以 20℃ 为准的，但测定时悬液温度不一定是 20℃，因此，水的密度变化及比重计浮泡的体积胀缩将影响比重计读数的准确性，故须加以校正。甲种比重计的校正值是一致的，可从表 2 查得。

(2) 分散剂校正值：(克/升)

由于在土壤悬液中加进了分散剂，增加了比重读数，因此必须从比重计读数中把分散剂量所反映的读数减去。

分散剂校正值 (克/升) = 加入分散剂的毫升数  $\times$  分散剂的摩尔浓度  $\times$  分散剂毫克摩尔重量 (毫克)  $\times 10^{-3}$ 。

(3) 土粒比重校正：

在制造比重计过程中，标刻刻度线是以假设悬液中土粒比重为 2.65 作前提的，所以，如果测定样品其比重不等于 2.65 时，则应对所测得的比重计读数加以校正。校正计算时，只要把比重计测得读数乘以表 3 中相应土粒比重校正值，即得校正后读数。一般情况下，当土壤比重差异不大时，比重校正值是可以忽略不计的。

(4) 比重计弯月面的校下:

比重计的读数应以弯月面的下限为准,在实际操作中,比重计玻杆与悬液接触,由于表面张力使水沿玻杆上升形成弯月面,高出悬液面,在测定时悬液呈混浊状,读数无法以悬液面为准,只能读弯月面上缘,故须弯月面的校正。校正的方法:将待用的比重计放入盛有1000毫升软水的沉降筒中,分别读出水柱面底部(弯月面下缘)A和液面与比重计相接的弯月面上缘的刻度R。即弯月面校正值  $B=A-R$ 。

校正后比重计的读数=比重计的初读数+弯月面的校正数+温度校正正数-分散剂的校正数。

(5) 计算土粒重量的百分数:

a、 将风干土换算成烘干土:  $\text{烘干土(克)} = \frac{\text{风干土重}}{1 + \text{吸湿水}\%}$

b、  $<0.01\text{mm 物理性粘粒}\% = \frac{\text{校正后比重计读数}}{\text{烘干土重}} \times 100\%$

(6) 查表定名:计算出物理性粘粒百分含量后,可用苏联制质地分类表(表4)定出土壤质地名称。

表 1

小于某粒径颗粒沉降时间表（简易比重计法用）

温度℃	<0.05mm			<0.01mm			<0.005mm			<0.001mm		
	时	分	秒	时	分	秒	时	分	秒	时	分	秒
4		1	32		43			2	55			48
5		1	30		42			2	50			48
6		1	25		40			2	50			48
7		1	23		38			2	45			48
8		1	20		37			2	40			48
9		1	18		36			2	30			48
10		1	18		35			2	25			48
11		1	15		34			2	25			48
12		1	12		33			2	20			48
13		1	10		32			2	15			48
14		1	10		31			2	15			48
15		1	8		30			2	15			48
16		1	6		29			2	5			48
17		1	5		28			2	0			48
18		1	2		27	30		1	55			48
19		1	0		27			1	55			48
20			58		26			1	50			48
21			56		26			1	50			48
22			55		25			1	50			48
23			54		24	30		1	45			48
24			54		24			1	45			48
25			53					1	40			48
26			51		23			1	35			48
27			50		22			1	30			48
28			48		21	30		1	30			48
29			46		21			1	30			48
30			45		20			1	28			48
31			45		19	30		1	25			48
32			45		19			1	25			48
33			44		19			1	20			48
34			44		18	30		1	20			48
35			42		18			1	20			48
36			42		18			1	15			48
37			40		17	30		1	15			48
38			38		17	30		1	15			48
39			37		17			1	15			48
40			37		17			1	10			48

表 2

甲种比重计温度校正表

温 度 (°C)	校 正 值 ( $\Delta T$ )	温 度 (°C)	校 正 值 ( $\Delta T$ )	温 度 (°C)	校 正 值 ( $\Delta T$ )
6.0~8.5	-2.2	18.5	-0.4	26.5	+2.2
9.0~9.5	-2.1	19.0	-0.3	27.0	+2.5
10.0~10.5	-2.0	19.5	-0.1	27.5	+2.6
11.0	-1.9	20.0	0	28.0	+2.9
11.5~12.0	-1.8	20.5	+0.15	28.5	+3.1
12.5	-1.7	21.0	+0.3	29.0	+3.3
13.0	-1.6	21.5	+0.45	29.5	+3.5
13.5	-1.5	22.0	+0.6	30.0	+3.7
14.0~14.5	-1.4	22.5	+0.8	30.5	+3.7
15.0	-1.2	23.0	+0.9	31.0	+4.0
15.5	-1.1	23.5	+1.1	31.5	+4.2
16.0	-1.0	24.0	+1.3	32.0	+4.6
16.5	-0.9	24.5	+1.5	32.5	+4.9
17.0	-0.8	25.0	+1.7	33.0	+5.2
17.5	-0.7	25.5	+1.9	33.5	+5.5
18.0	-0.5	26.0	+2.1	34.0	+5.8

表 3

比重计土粒比重校正值

土粒比重	校正值	土粒比重	校正值	土粒比重	校正值	土粒比重	校正值
2.50	1.0376	2.60	1.0118	2.70	0.9889	2.80	0.9686
2.52	1.0322	2.62	1.0070	2.72	0.9847	2.82	0.9648
2.54	1.0269	2.64	1.0023	2.74	0.9805	2.84	0.9611
2.56	1.0217	2.66	0.9977	2.76	0.9768	2.86	0.9575
2.58	1.0166	2.68	0.9933	2.78	0.9725	2.88	0.9540



表 4

苏联制质地分类表

土壤质地	物理性粘粒 (<0.01mm) %		物理性砂粒 (>0.01mm) %	
	灰化土类	草原土类 (红黄壤)	灰化土类	草原土类 (红黄壤)
松砂土	0—5	0—5	100—95	100—95
紧砂土	5—10	5—10	95—90	95—90
砂壤土	10—20	10—20	90—80	90—80
轻壤土	20—30	20—30	80—70	80—70
中壤土	30—40	30—45	70—60	70—55
重壤土	40—50	45—60	60—50	55—40
轻粘土	50—65	60—75	50—35	40—25
中粘土	65—85	75—80	35—20	25—15
重粘土	<85	>85	<20	<15

### 5、思考题

- (1) 用研钵研磨，并过 0.25 毫米筛孔的土样，是否可用于机械分析？为什么？
- (2) 为什么有机质含量超过 2% 的土样，最好用双氧水出去有机质再进行土粒分散？

## (二) 比重计法

### 1、方法要点：

土样经化学及物理处理成悬液定容后，根据司托克斯定律及土壤比重计浮泡在悬液中所处的平均有效深度，静置不同时间后，用土壤比重计直接读出每升悬液中所涵各级颗粒的质量 (g)，计算他们的百分含量，并根据质地分类表定出土壤质地名称。

### 2、试剂与仪器：

试剂：同比重计速测法

仪器：同比重计速测法的外，增加洗筛 (0.25mm)，土壤筛 (孔径分别为 2.0、1.0、0.5mm)。

### 3、测定步骤:

(1) 称样: 称取通过 2mm 筛孔风干土 50 克于 500ml 锥形瓶中;

(2) 分散土样: 根据土壤 PH, 分别选用下列分散剂: 石灰性土样 50 克, 加 0.5mol/L( $\text{Na}_3\text{PO}_3$ ) 60ml; 中性土样 50 克, 加 0.25mol/L( $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ )50ml, 酸性土样 50 克, 加 0.5mol/LNaOH50ml。于锥形瓶中加水 250ml, 加入分散剂, 摇匀后静置 2 小时。摇动锥形瓶, 瓶口放一小漏斗, 放在电热板上加热, 微沸 1 小时。在煮沸过程中要经常摇动锥形瓶, 以防土粒沉积瓶底结成硬块。

(3) 分离 2—0.25mm 粒级及制备悬液: 在 1 升量筒上放置大漏斗, 在其上放一孔径 0.25mm 的洗筛。待悬液冷却后, 充分摇动锥形瓶, 使下沉的土粒分散于悬液中, 将悬液通过 0.25mm 洗筛流至 1 升量筒中, 留在锥形瓶中的土粒用于全部冲入筛内, 筛内的土粒用橡皮头玻棒轻轻地洗擦及用水冲洗, 直洗到筛内流下的水不再混浊为止。同时应该注意切勿使量筒内液体超过 1 升。最后定容为 1 升。

留在筛内的为 2—0.25mm 的砂粒, 用水把它洗入已知重量的铝盒中, 把铝盒放在电热板上烘去水分, 移入烘箱中, 在 105℃ 烘 6 小时后称重。再把 0.25mm 以上的砂粒, 通过 1.0 及 0.5mm 筛孔, 分别称出他们的烘干重量。

(4) 测定悬浊液温度: 将温度计悬挂在存有水的 1 升量筒中, 并把它与待测悬液放在一起, 记录水温 (°C), 即代表悬液的温度。

(5) 测定悬液中土壤比重: 将盛有悬液的量筒放在温度变化小的平稳桌上, 并避免阳光直接照射。测定小于 0.05mm 粒级的比重计读数, 在搅拌完毕静置 1 分钟后放入比重计; 测定小于 0.02mm 粒级, 搅拌完毕静置 5 分钟后放入比重计; 测定小于 0.002mm 粒级, 搅拌完毕后静置 8 小时后放入土壤比重计。用搅拌棒搅拌 1 分钟, 上下各 30 次。搅拌时, 搅拌棒的多孔片不要提出液面, 以免产生泡沫。搅拌结束的时间也是开始静置的时间 (有机质含量较多的悬液, 搅拌时会产生泡沫, 影响比重计读数, 因此放入比重计之前, 可在悬液面上加数滴乙醇), 在选定的时间前 30 秒, 将比重计轻轻放入悬液中央, 尽量勿使其左右摇摆及上下浮沉, 记下比重计与弯液面的标度读数。查土壤比重计温度校正表 (表 2)。得土壤比重计校正后读数。此值代表直径小于所选定粒径毫米数的颗粒累积含量。按照上步骤, 分别测得小于 0.05, 0.01 及小于 0.002mm 各粒级的土壤比重。

### 4、结果计算:

$$2.0-1.0\text{mm 粒级含量 (\%)} = \frac{m'}{m} \times 100$$

$$1.0-0.5\text{mm 粒级含量 (\%)} = \frac{m''}{m} \times 100$$

$$0.5-0.25\text{mm 粒级含量 (\%)} = \frac{m'''}{m} \times 100$$

$$0.05\text{mm 粒级以下, 小于某粒级含量 (\%)} = \frac{m_1}{m} \times 100$$

式中: m: 为烘干土的重 (g)

$m'$ : 为 2.0—1.0mm 粒级烘干土重量 (g)

$m''$ : 为 1.0—0.5mm 粒级烘干土重量 (g)

$m$ : 为 0.5—0.25mm 粒级烘干土重量 (g)

$M_1$ : 为小于某毫米粒级的土壤比重计校正后读数

$V$  为吸取小于某粒级的悬液体积 (ml)

1000: 为悬液总体积 (ml)。

#### 5、分散剂占烘干土重量 (%) 计算:

$$A = \frac{C \times V \times M_A}{m} \times 100$$

式中:

A: 为分散剂占烘干土重量, (%) ;

C: 为分散剂浓度; (M);

V: 为分散剂体积 (ml);

$m_A$ : 为分散剂的摩尔质量 (g);

M: 为烘干土重量 (g);

0.5mol/LNaOH50ml 质量为 1g ( $0.5 \times 50 \times 0.04=1$ );

0.25mol/L( $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ )50ml 质量为 1.68g ( $0.25 \times 50 \times 0.134=1.68$ );

0.5mol/L ( $\text{Na}_3\text{PO}_3$ ) 60ml 质量为 3.06g ( $0.5 \times 50 \times 1.02=3.06$ );

#### 6、各粒级含量 (%) 的计算:

(1) 粉 (砂) 粒 (0.05—0.02mm) 粒级含量 (%)

=小于 0.05mm 粒级含量 (%) —小于 0.02mm 粒级含量 (%)

(2) 粉 (砂) 粒 (0.02—0.002mm) 粒级含量 (%)

=小于 0.02mm 粒级含量 (%) —小于 0.002mm 粒级含量 (%)

(3) 粘粒 (小于 0.002mm) 粒级含量 (%)

=小于 0.002mm 粒级含量 (%) —A (%)

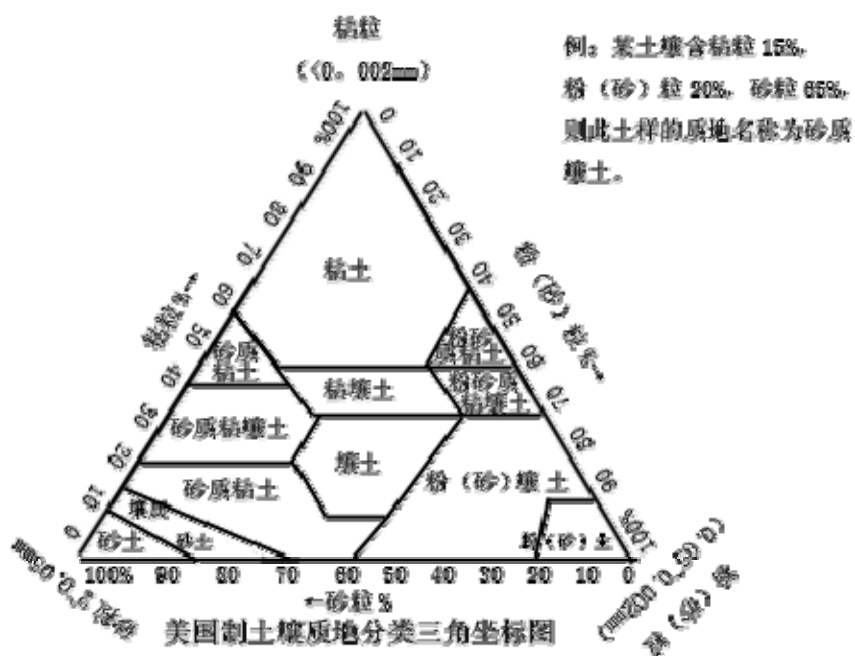
(4) 细砂+极细砂 (0.25—0.05mm) 粒级含量= $100-[2.0-1.0\text{mm}$  粒级含量 (%) + $1.0-0.5\text{mm}$  粒级含量 (%) + $0.5-0.25\text{mm}$  粒级含量 (%) + $0.05-0.02\text{mm}$  粒级含量 (%) + $0.02-0.002\text{mm}$  粒级含量 (%) +小于 0.002mm 粒级含量 (%) ]

(5) 粉 (砂) 粒 (0.05-0.002mm) 含量 (%)

= $0.05-0.02\text{mm}$  粒级含量 (%) + $0.02-0.002\text{mm}$  粒级含量 (%)

#### 7、确定土壤质地名称:

根据砂粒 (0.005—0.02)、粉 (砂) 粒 (0.05—0.02mm) 及粘粒 (小于 0.002mm) 粒级含量 (%), 在美口制土壤质地分类三角坐标图上查得土壤质地名称。



注：根据森林土壤含砾石较多的特点，在土壤质地命名时，应根据砾石含量及大小冠以：“石”或“砾”字样（表5）。这部分砾石含量及大小在野外土壤剖面调查时加以测定。

按砾石大小及所占体积的质地分级

表 5

占体积 (%)	砾石大小 (CM)		
	2—7.5	7.5—25	>25
5~15	少砾	少砾石	少石
15~30	中砾	中砾石	中石
30~70	多砾	多砾石	多石
>70	全砾	全砾石	全石

※ 不与质地分级连用

附：美国制土壤颗粒分级标准

颗粒直径 mm	颗粒分级命名	颗粒直径 mm	颗粒分级命名
>3.0	石块	0.25—1.0	细砂
3.0—2.0	砾	0.1—0.05	极细砂
2.0—1.0	极粗砂	0.05—0.02, 0.02—0.02	粉(砂)粒
1.0—0.5	粗砂	<0.002	粘粒
0.5—0.25	中砂		

### (三) 吸管法:

#### 1、方法要点:

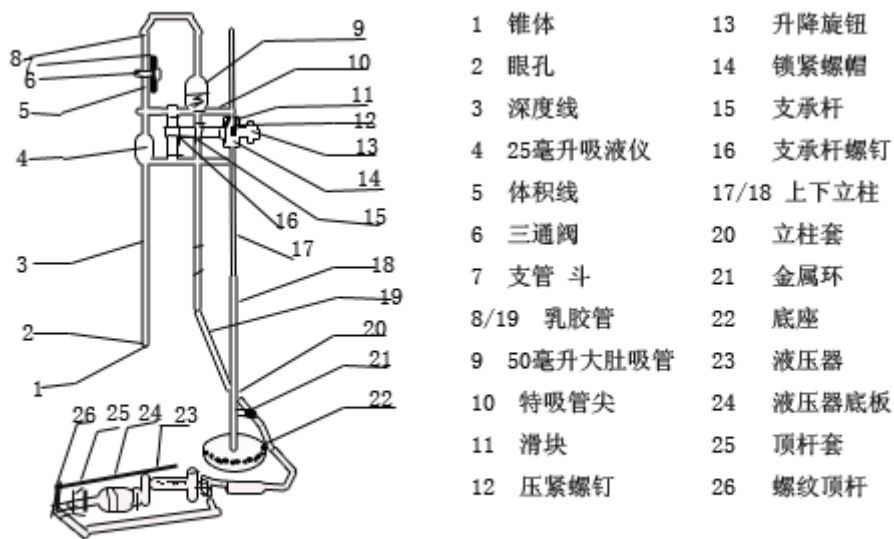
本方法是由筛孔及沉降结合的, 通过 2mm 筛孔的土样经化学及物理处理成悬液定容后, 根据司托克斯定律, 和用土粒在静水中沉降的规律, 大于 0.25mm 的各级颗粒由一定孔径的筛子筛分, 小于的 0.25mm 的粒级颗粒则用吸管从其中吸取一定量的各级颗粒, 烘干称其重量, 计算各级颗粒含量百分数, 确定土壤的颗粒组成及土壤质地名称。

#### 2、试剂与仪器:

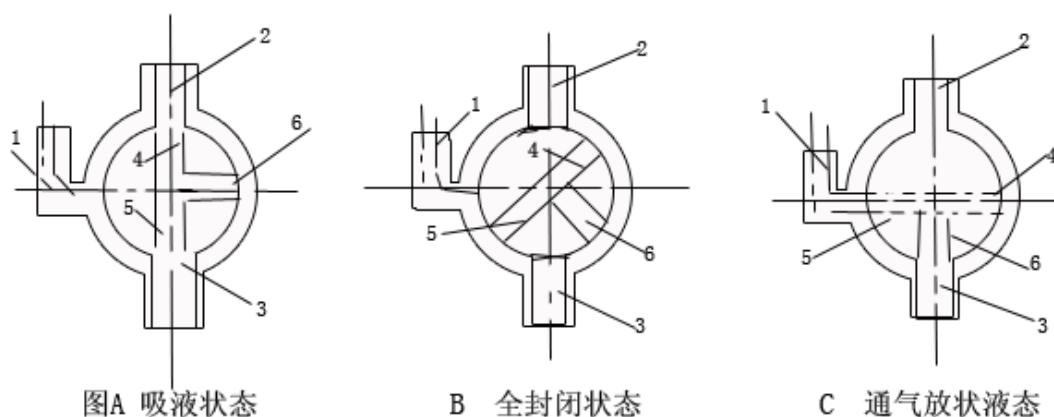
试剂:

- (1) 0.2mol/LHCl 溶液: 17ml 浓 HCl, 用水定容到 1000ml。
- (2) 0.05mol/LHCl 溶液: 250ml 0.2mol/LHCl 溶液, 加水 750ml。
- (3) 0.5mol/LNaOH 溶液: 20gNaOH, 如水溶解定溶到 1000ml。
- (4) 1 : 1 氨水
- (5) 钙红 (钙指示剂): 0.5g 钙指示剂与 50g 烘干的 NaCl 共研至极细, 贮于密闭瓶中, 用毕塞紧。

仪器: 同上法用的仪器外, 另增加土壤颗粒分析吸管仪等。



图二 PD型颗粒分析特种自控吸液仪示意图



图三 三通塞柄旋转示意图

### 3、测定步骤：

(1) 称样：称取通过 2mm 筛孔的风干土 10g 二份于 50ml 烧杯中作测定盐酸洗失量及颗粒分析。

(2) 脱钙及盐酸洗失量的测定：用稀盐酸处理土样所失去的重量（%），称为盐酸洗失量。含有碳酸盐的土壤，先用 0.2M 盐酸洗，无碳酸盐的土壤可直接用 0.05M 盐酸洗。

在盛土样的烧杯中慢慢加入 0.2mol/L 盐酸 10ml，用玻棒充分搅拌，静置片刻，让土壤沉降。于漏斗中放一已知重量的快速滤纸，倒烧杯内上部清液入漏斗过滤，再加 10ml 盐酸于烧杯中，如前搅拌，静置、过滤，如此反复多次，直到土样中无二氧化碳气泡发生然后改用 0.05M 盐酸洗土样，直到土壤中无钙离子存在，然后用水洗 2—3 次。

检查钙离子：于白瓷比色板凹孔中滴 1—2 滴滤液，加 1:1 氨水 1 滴，轻轻摇动比色板，加钙指示剂少量（似绿豆大），再摇动比色板，当滤液呈红色则表示有钙离子存在，蓝色表示钙离子已洗净。

用水将烧杯中测定洗失量的土样全部洗入量筒中，等漏斗内的土样滤干后连同滤纸一起移入已知质量的铝合内，放在烘箱中于 105℃ 烘干至恒重（前后两次称重相异于 0.003g 为恒重），计算盐酸洗失量。

#### (3) 悬液的制备：

a, 分散土样：洗盐后的土样用水洗入 500ml 锥形瓶中，把滤纸移动到蒸发皿内，用橡皮头玻棒及水冲洗滤纸，直到洗下的水透明为止，一并将洗下的水倒入锥形瓶中。加 0.5mol/L NaOH 10ml 于锥形瓶中，然后加水使悬液的体积达 250ml 左右，充分摇匀。锥形瓶上放一小漏斗，并放在电热板上加热，煮沸 1 小时，并经常摇动锥形瓶，以防土粒沉积瓶底成硬块。

B, 分离 2—0.25mm 粒级与制成悬液：在 1000ml 量筒上放一大漏斗，把孔径 0.25mm 的洗筛放在大漏斗内，待悬液冷却后，充分摇动锥形瓶中悬液，通过 0.25mm 孔径筛，用水洗入 1000ml 量筒中。留在瓶内的土粒，用水洗入筛子内，筛子内的土粒用橡皮头玻璃棒轻轻地洗擦及用水冲洗，直到滤下的水不再混浊为止。同时定容为 1 升。

把留在筛内的砂粒洗入已知重量的铝合中。把铝合放在电热板上蒸去水分，然后放在烘箱内于 105℃ 烘 6 小时后称重。

表 6

美国制土壤颗粒分析吸管法吸取各粒级时间表

土壤 比重	粒 径 mm	吸 液 深 度 mm	在 不 同 温 度 下 吸 悬 液 所 需 时 间									
			10℃	12.5℃	15℃	17.5℃	20℃	22.5℃	25℃	27.5℃	30℃	32.5℃
			时 分 秒	时 分 秒	时 分 秒	时 分 秒	时 分 秒	时 分 秒	时 分 秒	时 分 秒	时 分 秒	时 分 秒
2.40	0.05	25	2 51	2 39	2 29	2 20	2 12	2 4	1 57	1 51	1 45	1 39
	0.02	25	17 50	16 38	15 33	14 35	13 42	12 55	12 11	11 32	10 55	10 20
	0.002	8	9 31 15	8 52 7	8 17 42	7 47 1	7 18 27	6 53 3	6 29 38	6 8 19	5 48 46	5 30 51
2.45	0.05	25	2 45	2 34	2 24	2 15	2 7	2 6	1 53	1 47	1 41	1 36
	0.02	25	17 13	16 4	15 1	14 5	13 14	12 28	11 46	11 8	10 32	9 59
	0.002	8	9 11 39	8 34 24	8 0 29	7 30 54	7 3 27	6 38 43	6 16 13	5 55 39	5 36 42	5 19 31
2.50	0.05	25	2 39	2 28	2 19	2 11	2 3	1 56	1 49	1 43	1 38	1 33
	0.02	25	16 39	15 32	14 31	13 37	12 47	12 3	11 22	10 45	10 11	9 39
	0.002	8	8 5 37	8 17 17	7 44 34	7 15 55	6 49 18	6 25 31	6 3 42	5 43 51	5 25 33	5 8 51
2.55	0.05	25	2 34	2 24	2 15	2 7	1 59	1 51	1 46	1 40	1 35	1 30
	0.02	25	16 7	15 2	14 2	13 11	12 23	11 40	11 0	10 25	9 52	9 20
	0.002	8	8 36 2	8 1 16	7 29 34	7 1 52	6 36 6	6 15 3	5 51 59	5 32 47	5 15 4	4 58 57
2.60	0.05	25	2 29	2 19	2 10	2 2	1 55	1 48	1 43	1 37	1 32	1 27
	0.02	25	15 36	14 33	13 36	12 46	12 0	11 18	10 40	10 5	9 33	9 3
	0.002	8	8 19 54	7 46 13	7 15 32	6 48 42	6 25 44	6 1 27	5 41 1	5 22 24	5 5 15	4 49 50
2.65	0.05	25	2 25	2 15	2 7	1 59	1 52	1 45	1 40	1 34	1 29	1 24
	0.02	25	15 8	14 7	13 11	12 23	11 38	10 57	10 20	9 47	9 16	8 44
	0.002	8	8 4 45	7 32 5	7 2 21	6 36 19	6 12 8	5 50 30	5 30 42	5 12 39	4 56 2	4 40 53
2.70	0.05	25	2 20	2 11	2 7	1 59	1 52	1 45	1 40	1 34	1 29	1 24
	0.02	25	14 41	13 42	12 48	12 1	11 17	10 38	10 2	9 30	9 0	8 31
	0.002	8	7 50 31	7 18 40	6 49 56	6 24 40	6 1 11	5 40 13	5 20 59	5 3 29	4 47 21	4 32 40
2.75	0.05	25	2 16	2 7	1 59	1 52	1 49	1 39	1 34	1 29	1 24	1 19
	0.02	25	14 16	13 19	12 26	11 40	10 59	10 20	9 45	9 13	8 44	8 17
	0.002	8	7 37 4	7 6 16	6 38 13	6 13 41	5 50 55	5 30 30	5 11 50	4 54 49	4 39 9	4 24 52
2.8	0.05	25	2 13	2 4	1 56	1 49	1 43	1 37	1 31	1 26	1 22	1 17
	0.02	25	13 53	12 57	12 6	11 21	10 40	10 3	9 29	8 58	8 30	8 3
	0.002	8	7 24 22	6 54 26	6 27 10	6 3 19	5 46 9	5 21 20	5 3 11	4 46 39	4 31 25	4 17 32

c, 测定悬液温度: 同比重计法。

d, 吸取悬液样品: 将盛悬液的量筒放在温度变化小的平稳桌上, 并避免阳光直接照射。根据悬液温度、土壤比重与颗粒直径, 按美国制土壤颗粒分析吸管法吸取各粒级的时间表(表 6) 吸取各级颗粒。

吸管仪的装置如图二、三将三通阀柄旋至图二中 a 处, 并同时调整好吸液深度  $h > 10$  厘米。用搅拌棒垂直搅拌悬液 1 分钟, 上下各 30 次, 一边以左手徐徐将液压器活塞推至尽头(不放手), 待搅拌器离开水面, 迅速将吸管置于量筒中心, 立即撒手, 以最快迅速(约 5 秒左右), 将悬液吸至 25ml 体积刻线下约 1—2 厘米处(但不能超过刻度), 最后以左手徐徐向前旋动螺纹顶杆, 使悬液上升到 25ml 标度处, 立即关闭活门, 将塞柄旋至图二中 b 处,

提高吸液架，将吸管移至筒处，开启阀门，将塞柄旋至图二中 c 处，放悬液于已知质量的皿器内，一并放入 105—110℃ 的烘箱中烘至恒重，置于燥器中，冷却、称重，准确至 0.001 克。按照以上步骤，分别吸取小于 0.05，小于 0.02，小于 0.002mm 各粒级的悬液。

#### 4、结果计算：

(1) 盐酸洗失量的计算：

$$\text{盐酸洗失量 (\%)} = \frac{m_2'}{m} \times 100$$

式中： $m_2'$ ——洗失重量 (g)  $m_2'$ =洗盐前烘干土重量 (g) + 铝合重量 (g) + 滤纸重量 (g)

- (铝合重量+滤纸+洗盐后烘干重量) (g)。

m——烘干土重 (g)

(2) 各粒级含量的计算，除计算盐酸洗失量 (%) 外，其他同比重计法中的计算。

(3) 确定土壤质地名称：

根据砂砾、粉砂砾、粘粒级-的含量 (%), 查美国制土壤质地分类三角坐标图。图一。



## 实验七 土壤微团粒分析

### 一、目的

土壤微团粒是指小于 0.25 毫米的团粒结构。

土壤微团粒的测定,有助于了解土壤中由原生颗粒所形成的微团粒在浸水状况下的结构性能和分散强度,这对于评价土壤的农业利用有很大意义。把土壤微团粒测定结果与土壤机械分析结果中 < 0.001 毫米部分的含量进行比较,可计算土壤分散系数和结构系数,以表明土壤微结构的水稳性。

### 二、方法原理

土壤微团粒测定和土壤机械分析吸管法一样,是根据不同直径微团粒的沉降时间不同,将悬液分级,所不同的是在颗粒分散时为了保持土壤的微团粒免遭破坏,只用物理处理(振荡)来分散样品,而不加入化学分散剂,因为  $\text{Na}^+$  或  $\text{NH}_4^+$  离子都能使微团粒全部或大部分分散成单位。

土壤微团粒的测定,大致分为土壤样品处理、悬液制备、分级吸液、结果计算步骤。

应当指出,因为微团粒较土壤颗粒疏松,比重也稍小,所以同一直径的微团粒比单粒沉降得慢些,因此国外曾经有人建议,在进行土壤微团粒分析时,应把司笃克斯的系数 0.22 改为 0.13,不过中国科学院南京土壤研究所认为,土壤中只有一部分是微结构,而还有一部分是单粒,如改变沉降系数,纠正了原有的误差,而造成了新的误差,故不必改变计算系数,只是在研究和应用微团粒分析结果时,应注意到此项结果较实际的稍微偏高。

### 三、操作步骤

1. 称样 称取通过 1 毫米筛孔的风干土 10 克(精确到 0.01 克),倒入 250 毫升的振荡瓶中,加蒸馏水至 150 毫升左右,静置浸泡 25 小时,另称 5 克土样,用烘干法测定吸湿水。

2. 振荡分散 将盛有样品的振荡瓶用橡皮塞塞紧,放于水平振荡机中并固定,以防振荡过程中容器破裂,样品损失。开动振荡机(每分钟 200 次)振荡两小时。试验表明,当振荡频率为每分钟振荡 200 次时,只需振荡 2 小时,就可得到土壤微团粒样品的标准悬液。

3. 悬液制备 将振荡后的土液通过 0.25 毫米孔径洗筛,用蒸馏水洗入 1000 毫升沉降筒内,并用蒸馏水定容至 1000 毫升。在过筛时,切忌用橡皮头搅拌与擦洗过重,以免破坏土样的微结构。大于 0.25 毫米的微团粒则洗入铝盒,烘干称重并计算百分数。

将制备好的悬液置于吸管架的小桌上(和吸管法一样,要置于没有阳光直射、昼夜温差小的地方)。测量液温,计算各级微团粒的吸液时间。

4. 悬液的吸取和处理 与吸管法相同。

### 四、结果计算

1. 吸湿水的计算方法,同土壤机械分析法,由此再将风干土换算成烘干土重。

2. 小于某粒径微团粒含量百分数按下式计算:

$$x\% = \frac{g_v}{g} \times \frac{1000}{v} \times 100$$

式中  $x$ ——小于某粒径的微团粒重量(%)

$g_v$ ——25 毫升吸液中小于某粒径的微团粒重量(克)

$g$ ——样品烘干重(克)

$v$ ——吸管容积（25 毫升）

3. < 1 毫米粒径的各级微团粒百分数的计算，同土壤机械分析吸管法，但无需计算盐酸洗失量，也不必扣除分散剂重理。

4. 土壤的分散系数和结构系数的计算

$$\text{分散系数}\% = \frac{a}{b} \times 100$$

$$\text{结构系数}\% = \frac{(b-a)}{b} \times 100 = 100 - \text{分散系数}$$

式中  $a$ ——微团粒分析结果中 < 0.001 毫米部分含量百分数

$b$ ——土壤机械分析结果中 < 0.001 毫米部分含量百分数

例如，若  $a = 2\%$      $b = 20\%$

$$\text{分散系数} = \frac{2\%}{20\%} \times 100 = 10\%$$

$$\text{结构系数} = 100\% - 10\% = 90\%$$

应当说明的是，分散系数与结构系数这两项指标及其计算公式并非完整，只能供研究和鉴定土壤形成水稳性团粒的能力和土壤微团粒稳定性时参考，这些计算公式只适用于粘质土壤。

## 五、仪器及设备

振荡机；0.25 毫米孔径洗筛，振荡瓶（容积 250 毫升），其它与土壤机械分析吸管法相同。

### 注意事项

1. 一般认为，土壤微团粒分析的称样数量要依质地而异，不过除了专题研究以外，在进行一般分析，尤其是大批标本分析时，也可统一采用 10 克土样。

2. 在盐碱土微团粒分析时，如果用蒸馏水作为介质，会引起土壤的分散，致使测定结果中粉砂粒组合量显著偏高。所以应用分析土样的水浸提液来代替蒸馏水作为分散介质。水浸提液的水土比为 25：1 为宜，其制备方法是，称取 < 1 毫米土样 40 克，倒入 1000 毫升量筒内，加蒸馏水定容至 1000 毫升，用橡皮塞塞紧沉降筒口，上下颠倒摇动 10 分钟，然后静置 24 小时，上部的透明澄清液，即为所需的水液提取液。在制备悬液定容至 1000 毫升时，如水浸提液体积不够，可略加蒸馏水补足之。静置 24 小时后，也可再振荡 5 分钟，然后过滤得到所需的水浸提液。

### 作业题

1. 用吸管法测定土壤团粒与测定土壤质地的粒级有何本质区别？
2. 求出的结构系数说明什么问题？
3. 测定时应注意哪些事项？

## 实验八 土壤密度（比重）的测定

### 一、测定目的

土壤比重（又称为真比重），是指单位容积土壤固体物质的重量（不包括土壤空气和水分）与同容积水的质量之比。是计算孔隙度的基础。

### 二、测定方法——称重法

#### 1. 原理

将已知重量的土壤放入液体中，完全除去空气部分后，求出由土壤固相换算出的液本的体积，以土壤固相重量除以体积，即得比重。

#### 2. 操作过程

(1) 称取等量风干土二份（一般为 5~10g）计算成无水土壤重

(2) 取 25ml 或 50ml 比重瓶两个，分别加入煮沸过的蒸馏水至满，放入水槽冷却至室温，再加满除气水，盖上瓶盖，使过多的水由塞中心小孔溢出，擦干比重瓶外面的水，称重。

(3) 把比重瓶的水倒出一半左右，将已称好的土样放入瓶中，煮沸 5~7 分钟（不加盖），不断摇动以除去土壤中的空气，但不要使悬液流出。煮沸后冷至室温，加满除气水，盖好盖称重。

### 三、结果计算

$$d = \frac{d_w(w_s - w_a)}{(w_s - w_a) - (w_{sw} - w_w)}$$

$d$ —真比重

$d_w$ —为该温度水下的比重

$w_s$ —装入土壤比重瓶的重量

$w_a$ —比重瓶的重量

$w_{sw}$ —装入土壤和水的比重瓶的重量

$w_w$ —装入水的比重瓶重量

记录表

重 复	I	II
①无水土样的重量		
②加满水的比重瓶重		
③上两项之和①+②		
④盛土及水的比重瓶重		
⑤与土壤同体积水重③-④		
⑥土壤比重=①/⑤		
比重平均值		

### 四、仪器工具

比重瓶，天平，皮头滴管，烧杯，热源。

#### 作业题

1. 根据记录表数据计算出土壤比重。
2. 假设一土壤容重为 1.3g/ml，用你所测的土壤比重值计算出土壤孔隙度是多少？

## 实验九 土壤容重的测定

### 一、测定目的

土壤容重（又称为假比重）是用来表示单位原状土壤固体的质量，是衡量土壤松紧状况的指标。容重大小是土壤质地、结构、孔隙等物理性状的综合反映，因此，容重与土壤松紧及孔隙度有如下关系：

松紧度	容重 (g/ml)	孔隙度 (%)
最松	< 1.00	> 60
松	1.00~1.14	60~56
合适	1.14~1.26	56~52
稍紧	1.26~1.30	52~50
紧	> 1.30	< 50

土壤过松、过紧均不适宜作物生长发育的要求。过松跑墒，作物根扎不牢；过紧透水透气不良。土壤容重不是固定不变的，尤其是土壤表层常常因自然条件和人为措施而改变。测定容重不仅能反映土壤或土层之间物理性状的差异，而且是计算土壤孔隙度、土壤容积含水量和一定体积内土壤重量等不可缺少的基本参数。

### 二、仪器、工具

容重采土器（环刀）、折尺、剖面刀、铁锹、小木锤、小木板、烘箱、台秤。

### 三、测定方法——环刀法

#### （一）原理

容重是在田间自然状态下，单位容积土壤的干重。单位为  $\text{g/cm}^3$ 。测定时将一定容积的环刀（金属圆筒）插入土壤中采取土样，经烘干（ $105\sim 110^\circ\text{C}$ ，6~8 小时）后求出干土重，由环刀的容积算出单位容积的干土重量。

#### （二）操作过程

将采样点的表土铲平，在土壤的垂直剖面上，分层平稳地打入采土器（可在套环上垫一木板，直接敲击木板），切勿左右摇晃和倾斜，以免改变土壤的原来状况，待采土器全部进入土壤后，用铁铲挖去采土器四周的土壤，取出采土器，小心脱出采土器后端的安全钢环（不可搅动采土器内的土壤）。然后用小刀削平采土器两端的土壤，使土壤容积一定。（在整个操作中，如发现环刀内土壤亏缺或松动，应弃掉重取。）将土壤全部转入已知重量的铝盒中，放入  $105^\circ\text{C}$  烘箱中烘至恒重，重复 3~5 次，取平均值（如果兼测土壤含水量，则烘前应称湿土重）。在操作过程中，有关测定数据应及时按下列表格记载。

### 四、结果计算

$$d_a = \frac{s}{v} = \frac{s}{100}$$

$d_a$ —为容重 (g/ml)

$s$ —为环刀内干土重量 (g)

$v$ —采土器的容积通常为  $100\text{cm}^3$

重 复	I	II	III
铝盒号			
铝盒重①			
铝盒+干土重第一次②			
铝盒+干土重第二次③			
采土器体积④ (100cm <sup>3</sup> )			
容重= ③-①/④ (g/cm <sup>3</sup> )			
容重平均值 (g/cm <sup>3</sup> )			

#### 作业题

1. 根据上表记录的数据计算出土壤容重平均值。
2. 假设一土壤比重为 2.65，用你所测的土壤容重值计算出土壤孔隙度是多少？
3. 在田间用容重采土器取样过程中应注意哪些问题？
4. 简述测定土壤容重的意义何在？

# 实验十 土壤酸碱度的测定

## 一、土壤 pH 的测定

pH 的化学定义是溶液中 H<sup>+</sup> 离子活度的负对数。土壤 pH 是土壤酸碱度的强度指标，是土壤的基本性质和肥力的重要影响因素之一。它直接影响土壤养分的存在状态、转化和有效性，从而影响植物的生长发育。土壤 pH 易于测定，常用作土壤分类、利用、管理和改良的重要参考。同时在土壤理化分析中，土壤 pH 与很多项目的分析方法和分析结果有密切关系，因而是审查其他项目结果的一个依据。

土壤 pH 分水浸 pH 和盐浸 pH，前者是用蒸馏水浸提土壤测定的 pH，代表土壤的活性酸度(碱度)，后者是用某种盐溶液浸提测定的 pH，大体上反映土壤的潜在酸。盐浸提液常用 1molL<sup>-1</sup> KCl 溶液或用 0.5 molL<sup>-1</sup> CaCl<sub>2</sub> 溶液，在浸提土壤时，其中的 K<sup>+</sup> 或 Ca<sup>2+</sup> 即与胶体表面吸附的 Al<sup>3+</sup> 和 H<sup>+</sup> 发生交换，使其相当部分被交换进入溶液，故盐浸 pH 较水浸 pH 低。

土壤 pH 的测定方法包括比色法和电位法。电位法的精确度较高。pH 误差约为 0.02 单位，现已成为室内测定的常规方法。野外速测常用混合指示剂比色法，其精确度较差，pH 误差在 0.5 左右。

### (一) 混合指示剂比色法

1、方法原理：指示剂在不同 pH 的溶液中显示不同的颜色，故根据其颜色变化即可确定溶液的 pH。混合指示剂是几种酸碱指示剂的混合液，能在一个较广的 pH 范围内，显示出与一系列不同 pH 相对应的颜色，据此测定该范围内的各种土壤 pH。

2、操作步骤：在比色瓷盘孔内(室内要保持清洁干燥，野外可用待测土壤擦拭)，放入黄豆大小的待测土壤，滴入混合指示剂 8 滴，轻轻摇动使土粒与指示剂充分接触，约 1 分钟后将比色盘稍加倾斜用盘孔边缘显示的颜色与 pH 比色卡比较，以估读土壤的 pH。

3、PH4—11 混合指示剂的配制：称 0.2 克甲基红, 0.4 克溴百里酚蓝, 0.8 克酚酞, 在玛瑙研钵中混合研匀, 溶于 400 毫升 95%酒精中, 加蒸馏水 580 毫升再用 0.1MNaOH 调至 PH7(草绿色), 用 PH 计或标准溶液校正, 最后定容至 1000ml, 其变色范围如下:

PH	4	5	6	7	8	9	10	11
颜色	红	橙	黄(稍带绿)	草绿	绿	暗蓝	紫蓝	紫

### (二) 电位测定法

1、方法原理：以电位法测定土壤悬液 pH，通用 pH 玻璃电极为指示电极，甘汞电极为参比电极。此二电极插入待测液时构成一电池反应，其间产生一电位差，因参比电极的电位是固定的，故此电位差之大小取决于待测液的 H<sup>+</sup> 离子活度或其负对数 pH。因此可用电位计测定电动势。再换算成 pH，一般用酸度计可直接测读 pH。

试剂：(1) PH4.003 标准缓冲液：称取在 105<sup>o</sup>C 烘干的苯二甲酸氢钾 (KHC<sub>8</sub>H<sub>4</sub>O<sub>4</sub>) 10.21 克，用蒸馏水溶解后稀释至 1000 毫升。

(2) PH6.86 标准缓冲液：称取在 45<sup>o</sup>C 烘过的磷酸二氢钾 3.39 克和无水磷酸氢二钠 3.53 克 (或用带 12 个结晶水的磷酸氢二钠于干燥器中放置二周，使其成为带 2 个结晶水的磷酸氢二钠，再经过 130<sup>o</sup>C 烘成无水磷酸氢二钠备用)，溶解在蒸馏水中，定容至 1000ml。

(3) PH9.18 标准缓冲液：称 3.80 克硼砂 (Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>·10H<sub>2</sub>O) 溶于蒸馏水中，定容至 1000ml。此缓冲液易变化，应注意保存。

(4) 1molKCL 溶液：称取 KCL74.6 克溶于 400ml 蒸馏水中，用 10%KOH 或 HCL 调节至 PH5.6—6.0，然后稀释至 1000ml。

仪器：酸度计，50ml 小烧杯、搅拌器等。

2、操作步骤：称取通过 1mm 筛孔的风干土 5 克两份，各放在 50ml 的烧杯中，一份加无 CO<sub>2</sub> 蒸馏水，另一份加 1molL<sup>-1</sup> KCl 溶液各 25ml (此时土水比为 1: 5)，用搅拌器搅拌 1 分钟，放置 30 分钟后用酸度计测定。

---

## 附：PHS-3C 型酸度计使用说明

### (一) 准备工作

把仪器电源线插入 220V 交流电源，玻璃电极和甘汞电极安装在电极架上的电极夹中，将甘汞电极的引线连接在后面的参比接线柱上。安装电极时玻璃电极球泡必须比甘汞电极陶瓷芯端稍高一些，以防止球泡碰坏。甘汞电极在使用时应把上部的小橡皮塞及下端橡皮套除去，在不用时仍用橡皮套将下端套住。

在玻璃电极插头没有插入仪器的状态下，接通仪器后面的电源开关，让仪器通电预热 30 分钟。将仪器面板上的按键开关置于 PH 位置，调节面板的“零点”电位器使读数为 ±0 之间。

### (二) 测量电极电位

1、按准备工作所述对仪器调零。

2、接入电极。插入玻璃电极插头时，同时将电极插座外套向前按，插入后放开外套。插头拉不出表示已插好。拔出插头时，只要将插座外套向前按动，插头即能自行跳出。

3、用蒸馏水清洗电极并用滤纸吸干。

4、电极浸在被测溶液中，仪器的稳定读数即为电极电位 (PH 值)。

### (三) 仪器标定

在测量溶液 pH 值之前必须先对仪器进行标定。一般在正常连续使用时，每天标定一次已能达到要求。但当被测定溶液有可能损害电极球泡的水化层或对测定结果有疑问时应重新进行标定。

标定分“一点”标定和“二点”标定二种。标定进行前应先对仪器调零。标定完成后，仪器的“斜率”及“定位”调节器不应再有变动。

#### 1、一点标定方法

(1)、插入电极插头，按下选择开关按键使之处于 pH 位，“斜率”旋钮放在 100%处或已知电极斜率的相应位置。

(2)、选择一与待测溶液 pH 值比较接近的标准缓冲溶液。将电极用蒸馏水清洗并吸干后浸入标准溶液中，调节温度补偿器使其指示与标准溶液的温度相符。摇动烧杯使溶液均匀。

(3)、调节“定位”调节器使仪器读数为标准溶液在当时温度时的 pH 值。

#### 2、二点标定方法

(1)、插入电极插头，按下选择开关按键使之处于 pH 位，“斜率”旋钮放在 100%处。

(2)、选择二种标准溶液，测量溶液温度并查出这二种溶液与温度对应的标准 pH 值(假定为 pH<sub>S1</sub> 和 pH<sub>S2</sub>)。将温度补偿器放在溶液温度相应位置。将电极用蒸馏水清洗并吸干后浸入第一种标准溶液中，稳定后的仪器读数为 pH<sub>1</sub>。

(3) 再将电极用蒸馏水清洗并吸干后浸入第二种标准溶液中，仪器读数为 pH<sub>2</sub>。计算  $S = [(pH_1 - pH_2) / (pHS_1 - pHS_2)] \times 100\%$ ，然后将“斜率”旋钮调到计算出来的 S 值相对应位置，再调节定位旋钮使仪器读数为第二种标准溶液的 pH<sub>S2</sub> 值。

(4) 再将电极浸入第一种标准溶液，如果仪器显示值与 pH<sub>S1</sub> 相符则标定完成。如果不符，则分别将电极依次再浸入这二种溶液中，在比较接近 pH7 的溶液中时“定位”，在另一溶液中时调“斜率”，直至二种溶液都能相符为止。

#### (四) 测量 pH 值

1、已经标定过的仪器即可用来测量被测溶液的 pH 值，测量时“定位”及“斜率”调节器应保持不变，“温度补偿”旋钮应指示在溶液温度位置。

2、将清洗过的电极浸入被测溶液，摇动烧杯使溶液均匀，稳定后的仪器读数即为该溶液的 pH 值。

#### 3、注意事项

(1) 土水比的影响：一般土壤悬液愈稀，测得的 pH 愈高，尤以碱性土的稀释效应较大。为了便于比较，测定 pH 的土水比应当固定。经试验，采用 1:1 的土水比，碱性土和酸性土均能得到较好的结果，酸性土采用 1:5 和 1:1 的土水比所测得的结果基本相似，故建议碱性土采用 1: 1 或 1: 5 土水比进行测定。

(2) 蒸馏水中  $\text{CO}_2$  会使测得的土壤 pH 偏低，故应尽量除去，以避免其干扰。

(3) 待测土样不宜磨得过细，宜用通过 1mm 筛孔的土样测定。

(4) 玻璃电极不测油液，在使用前应在  $0.1\text{molL}^{-1}$  NaCl 溶液或蒸馏水中浸泡 24 小时以上。

(5) 甘汞电极一般为 KCl 饱和溶液灌注，如果发现电极内已无 KCl 结晶，应从侧面投入一些 KCl 结晶体，以保持溶液的饱和状态。不使用时，电极可放在 KCl 饱和溶液或纸盒中保存。



## 实验十一 土壤水解性酸的测定及石灰施用量的计算

水解性酸也是土壤酸度的容量因素，它代表盐基不饱和土壤的总酸度，包括活性酸、交换性酸和水解性酸三部份的总和。土壤水解性酸加交换性盐基，接近于阳离子交换量，因而可用来估算土壤的阳离子交换量和盐基饱和度。土壤水解性酸也是计算石灰施用量的重要参数之一。

### (一) 方法原理

用  $1\text{molL}^{-1}$  醋酸钠 (pH8.3) 浸提土壤，不仅能交换出土壤的交换性氢、铝离子，而且由于醋酸钠水解产生 NaOH 的钠离子，能取代出有机质较难解离的某些官能团上的氢离子，即可水解成酸。

### (二) 操作步骤

1、称取通过 1mm 筛孔风干土样 20 克，放在 500ml 三角瓶中，加  $1\text{molL}^{-1}\text{CH}_3\text{COONa}$  约 100ml，振荡后滤入 150ml 三角瓶中。

2、吸取滤液 25.00ml 于 100ml 三角瓶中，加酚酞批示剂 2 滴，用  $0.02\text{molL}^{-1}\text{NaOH}$  标准溶液滴定至明显的粉红色，记下 NaOH 标准溶液的用量 (V)。

注：滴定时滤液不能加热，否则醋酸钠强烈分解，醋酸蒸发呈较强碱性，造成很大的误差。

### (三) 结果计算

$$\text{水解性酸度 (Cmol/kg)} = \frac{V \times C \times \text{分取倍数}}{\text{烘干土重 (克)}} \times 100$$

式中：V—NaOH 标准溶液消耗的毫升数；

C—NaOH 标准溶液的浓度。

如果已有土壤阳离子交换量和交换性盐基总量的数据，水解性酸度也可以用计算求得。

水解性酸度 = 阳离子交换量 - 交换性盐基总量

式中三者的单位均为 Cmol/kg 土。这样计算的水解性酸度比单独测定的水解性酸度更准确。

### (四) 试剂配制

1、 $1\text{molL}^{-1}$  醋酸钠溶液：称取化学纯醋酸钠 ( $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) 136.06 克，加水溶解后定容至 1 升。用  $1\text{molL}^{-1}$  NaOH 或 10% 醋酸溶液调节 pH 至 8.3。

2、 $0.02\text{molL}^{-1}$  NaOH 标准溶液：同前。

3、1% 酚酞指示剂：同前。

### (五) 思考题

- 1、土壤水浸和盐浸 pH 有何差别？原因何在？
- 2、土壤 pH 与交换酸有何关系？
- 3、为什么一般土壤的水解酸度大于交换酸度？

## 实验十二 土壤代换性盐基总量的测定

### (附盐基饱和度的计算)

#### 一、测定意义:

土壤中代换性盐基是指土壤胶体上吸附的碱金属和碱土金属元素(钙、镁、钾、钠离子),是植物主要吸收利用的离子态养分。代换性盐基的测定可提供施肥的依据,并且可以从它和阳离子代换量的比值求得盐基饱和度。

土壤盐基饱和度和代换性离子的有效性密切相关,盐基饱和度的大小,基本上反映出一定土壤酸碱度,为改良利用土壤提供依据。

红壤中的盐基代换量一般在 1—2mg/100g 土,高的可达 4mg,低的则小于 1mg,红壤的盐基饱和度只有 20—50%,有的甚至低于 10%。

#### 二、方法选择:

酸碱滴定容量法、淋洗灼烧法、累加法(原子吸收光谱和火焰光度计)。本实验介绍前两种方法。

##### (一)、0.1MHCL 浸提——中和滴定:

##### 1、方法原理:

用已知的浓度的盐酸作提取剂,氢离子可代换出土壤胶体上所吸附的盐基离子,使之转变为中性盐类,降低了盐酸的浓度,剩余部分的盐酸,用氢氧化钠标准液滴定,即可测得土壤中代换性盐基总量。反应式如下:

##### 2、试剂:

- (1) 酚酞指示剂:同水解性酸测定;
- (2) 0.1M 氢氧化钠溶液:称取分析纯氢氧化钠 4g,加蒸馏水溶解定容至 1000ml,用草酸或邻苯二甲酸氢钾标定;
- (3) 0.1M 盐酸:量取浓盐酸 8.3ml,稀释为 1000ml,用标准碱液或硼砂进行标定。

##### 3、仪器:

粗天平、三角瓶(100ml、250ml、500ml)、移液管,滴定管、漏斗、滤纸、量筒。

##### 4、测定步骤:

- (1) 称取通过 2mm(或 1mm)筛孔的风干土样 20g 于 500ml 三角瓶内;
- (2) 加入 0.1M 盐酸 100ml,振荡 1 小时,静置 24 小时;
- (3) 过滤至 250ml 三角瓶(开始部分滤液弃去);
- (4) 吸取滤液 25ml,加热煮沸 2 分钟,加酚酞 2 滴,趁热用 0.1M 氢氧化钠标准液滴定至微红色,记下滴定体积。

##### 5、计算结果:

$$\text{土壤代换性盐基总量 m.mol/kg 土} = \frac{N_1V_1 - 4N_2V_2}{\text{烘干土重(克)}} \times 100$$

$$\begin{aligned} \text{盐基饱和度\%} &= \frac{\text{土壤代换性盐基总量}}{\text{阳离子交换量}} \times 100 \\ &= \frac{\text{土壤代换性盐基总量}}{\text{土壤代换性盐基总量} + \text{水解性总酸度}} \times 100 \end{aligned}$$

## (二)、1M 乙酸铵浸提---中和滴定法:

### 1、 方法原理:

用 1M 乙酸铵反复处理土壤土壤,使土壤成为  $\text{NH}_4$  饱和土。吸取处理后的浸出液,经蒸干、灼烧、使乙酸铵分解逸出,其他乙酸盐转化为碳酸盐或氧化物。残渣溶解于一定量的 0.1M 盐酸标准液中,过量的盐酸以 0.05M 氢氧化钠标准液滴定,计算交换性盐基总量。

### 2、 试剂:

- (1) 0.1%甲基红指示剂。
- (2) 0.05M 氢氧化钠标准液:同水解酸测定。
- (3) 1M 乙酸铵溶液 (PH7.0):取 77.09 乙酸铵 ( $\text{CH}_3\text{CNH}_4$ , 化学纯)用水溶解、稀释近至 1 升。如不在则用 1:1 氨水或稀乙酸调节至 PH7.0,然后稀释近至升。
- (4) 0.1M 盐酸标准液:同上方法中配制。

### 3、 仪器:除上方法中配制。100ml

### 4、 测定步骤:

- (1) 称取通过 2mm 筛孔的土样 2g,质地较轻的土壤称 5.0g,放入 100ml 离心管中,沿离心管加入少量 1M 乙酸铵溶液,用带橡皮头玻棒搅拌土样,使成为均匀的泥浆状态。再加 1M 乙酸铵溶液至总体积约 60ml,并充分搅拌均匀,然后用 1M 乙酸铵溶液洗净橡皮头玻棒,溶液收集在离心管内。
- (2) 将离心管成对放在粗天平的两盘上,用乙酸铵溶液使之质量平衡。平衡好的离心管对称地放入离心机中,离心 3—5 分钟,转速 3000—4000r/min,离心后的清液收集在 250ml 容量瓶中,如此反复处理 3—5 次,直到最后浸出液中无钙离子反应为止。最后用 1M 乙酸铵溶液定容。
- (3) 汲取浸出液放在 50—100ml 瓷蒸发皿中,在水浴上蒸干,蒸干后的瓷蒸发皿放入 470—500 $^{\circ}\text{C}$  高温电炉灼烧 15 分钟,冷后加 0.1M 盐酸标准液 10ml,用带橡皮头玻棒小心擦洗蒸发皿的内壁并搅匀,使残余物溶解,慎防产生的二氧化碳气体溅失溶液,低温加热 5 分钟,冷却后,加 1 滴甲基红指示剂,用 0.05M 氢氧化钠标准溶液滴定至突变主黄色。

### 5、 结果计算:

$$\text{交换性盐基总量 (m. mol/kg)} = \frac{M_1V_1 (\text{HCL}) - 4M_2V_2 (\text{NaOH})}{\text{烘干土重}} \times \text{分取倍数} \times 1000$$

## 实验十三 土壤有效养分速测法（N、P、K）

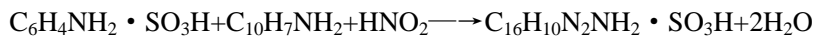
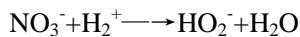
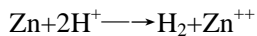
土壤中的养分能被当季植物（作物）直接吸收利用的称有效养分或速效养分。已知植物（作物）必需的养料有碳、氢、氧、氮、磷、钾、钙、镁等十余种，其中需要量最大的是氮、磷、钾。为了满足植物（作物）在生长过程中对养分的要求，用简易的方法来测定这些养分的含量，可为施肥提供依据。这种方法在农业研究和土壤普查工作中，广为应用，因此，是目前必须掌握的一项技术。

### 一、土壤中有有效氮的速测

土壤中氮素存在的形态分有机氮和无机氮两种，其中绝大部分以有机氮存在，但植物能吸收利用的是无机态氮。有机氮需要在适宜的土壤环境条件下（如一定酸度、温度、通气状况），经微生物分解，才能不断矿化，供植物（作物）吸收利用。土壤中速效氮，即铵态氮和硝态氮，这部分氮素占全氮的5%左右。土壤中的铵态氮和硝态氮是极不稳定的，它们随着季节和植物（作物）生长阶段不同相互转化，一般水田中以铵态氮形态存在，硝态氮几乎恒迹，而旱地土壤两种速效氮同时存在，但以硝态氮为主。

#### （一）硝态氮（NO<sub>3</sub>-N）的速测（硝酸试粉比色法）

1、测定原理：锌在酸性条件下产生的氢气，将硝酸根离子（NO<sub>3</sub>）<sup>-</sup>还原成亚硝酸根离子（NO<sub>2</sub>）<sup>-</sup>，然后与对氨基苯磺酸和甲萘胺作用，形成红色偶氮化合物，在一定浓度范围内进行比色，确定硝态氮（NO<sub>3</sub>-N）含量，其反应式：



以上反应须在酸性条件下进行，在碱性条件下显色不明显。此法的优点是氯离子含量较高时也不会有干扰。其缺点是不够稳定，如果温度过低，颜色加深测定结果偏高。测定灵敏度范围为0.5—20PPm。

#### 2、仪器和药品：

**仪器：**大小试管、漏斗、试管架、角匙、天平、量筒等。

**药品：**（1）硝酸试粉：称硫酸钡50克，分作数份，分别与硫酸锰5克，锌粉1克，对氨基苯磺酸2克，甲萘胺1克放入研钵中进行研磨，混合均匀，最后与37.5克柠檬酸一起研磨混匀，贮于棕色瓶中。要防潮、避光。（如变成红色，则不能应用）

（2）0.5mol/L 硫酸钠：称取16克分析纯结晶硫酸钠（NaSO<sub>4</sub>·10H<sub>2</sub>O）溶于100ml蒸馏水中。

（3）1：1 醋酸：取冰醋酸加等体积蒸馏水稀释。

（4）混合标准原液：用分析天平准确称取烘干的分析纯磷酸二氢钾0.2195克、硝酸钾0.3610克、硫酸铵0.2357克、硫酸钾0.6624克，用少量蒸馏水溶解，移入500ml容量瓶中，最后定容至刻度，充分混合。其中磷、硝态氮、氨态氮的浓度为100PPm，钾的浓度为1000PPm，保存时需加甲苯5滴以防腐。

(5) 硝态氮、铵态氮的标准稀释液：吸取上述原液 10ml 放入 100ml 容量瓶中，另称取结晶硫酸钠 16 克用少量蒸馏水溶解后移入容量瓶中，用蒸馏水定容至刻度，充分混合，此液含硝态氮、铵态氮为 10PPm，含钾 100PPm。

### 3、测定步骤：

(1) 称取相当于干土 2 克的新鲜土样于大试管中，加 0.5mol/L 硫酸钠溶液 10ml，剧烈摇动 3 分钟过滤，取滤液 20 滴（1ml）于小试管中。

(2) 另取 6 支小试管编号，按下表用量配制系列硝态氮的标准液：

硝态氮浓度 (PPM)	1	2	4	6	8	10
10PPM 硝态氮溶液滴数	2	4	8	12	16	20
0.5mol/L 硫酸钠滴数	18	16	12	8	4	0

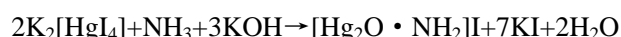
(3) 在上述试管中各加入 1: 1 醋酸 2 滴，硝酸试粉 1 小勺，摇匀 5 分钟后将土壤待测液与标准系列液比色，记下浓度 PPm（标准比色阶颜色在 1—2 小时稳定）。

4、结果计算：土壤硝态氮 (PPm) = 测得 PPm × 5。[5 为液土比例 (10/2)]

5、注意事项：土壤硝态氮的含量经风干处理后会转化，因此必须用湿土样品进行测定，最后换算成干土重。

### (二) 铵态氮 (NH<sub>4</sub>—N) 速测 (钠氏试剂比色法)

1、测定原理：用 1N 硫酸钠将土壤中的铵离子浸提出来与钠氏试剂作用，生成碘化氨基汞橙黄色络合物，颜色越深，含量越高，通过与已知铵态氮含量的标准比色阶比较，定出铵态氮的含量。其反应式：



#### 2、仪器药品：

仪器：同硝态氮

药品：(1) 0.5mol/L 硫酸钠：配法见土壤硝态氮测定。

#### (2) 钠氏试剂：

配方 I：(A) 称碘化钾 7 克，碘化汞 10 克，溶于少量水中，(B) 另外配一碱液：称 16 克氢氧化钠溶于 50ml 水中，冷却后将 (A) 液倒入 (B) 液中，边加边搅拌，最后用水稀释至 100ml 静置过滤。取清液保存于棕色瓶中，如果发现溶液已变黄色，应重配。

配方 II：称 5 克碘化钾溶于 10ml 蒸馏水中，3.5 克碘化汞溶解于 20ml 蒸馏水中（可稍加热溶解），将碘化汞溶液慢慢地倒入碘化钾溶液中，并不断地搅拌，至微红色沉淀不再消失为止，然后加 20% 氢氧化钠溶液 70ml，并不断搅拌，再滴加数滴碘化汞溶液到出现红色沉淀为止，混匀静置过滤，倾出清液存放于棕色瓶中备用。

上述两种配方可任选一种，配方 I 手续简单，但碘化汞有毒，必须注意安全。

(3) 5% 乙二胺四乙酸二钠 (EDTA)：称 5 克乙二胺四乙酸二钠和 2 克氢氧化钠溶于 100ml

水中。

### 3、测定步骤:

- (1) 从硝态氮测定的土壤浸提液中取 20 滴 (1ml) 过滤液放入小试管中;
- (2) 另取 6 支同样大小的试管编号, 按下表用量配制铵态氮的系列标准液:

铵态氮浓度 (PPM)	1	2	4	6	8	10
10PPM 铵态氮溶液滴数	2	4	8	12	16	20
0.5M 硫酸钠滴数	18	16	12	8	4	0

(3) 在上述 7 支试管中各加入 5%EDTA1 滴, 钠氏试剂 5 滴, 摇匀 5 分钟后将土壤待测液与标准色阶进行比色, 定出铵态氮的 PPM 数。

### 4、结果计算:

$$\text{土壤铵态 N (PPm)} = \text{测得 PPm} \times 5 \quad [5 \text{ 为液土比例 (10/2)}]$$

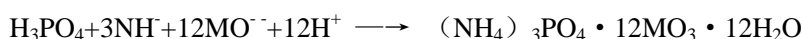
**5、注意事项:** 在土壤溶液中加 5%EDTA, 为消除二价 ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Fe}^{++}$ ,  $\text{Mn}^{++}$ 等) 离子的干扰, 但 EDTA 对钠氏试剂本身有络合作用, 因此加入钠氏试剂的量应该超过络合 EDTA 的量有余。另外铵态氮同硝态氮一样, 经风干后会转化, 因此须用湿土进行测定。

## 二、酸性土壤中有效磷的测定 (0.05mol/L 硫酸提取—钼兰比色法)

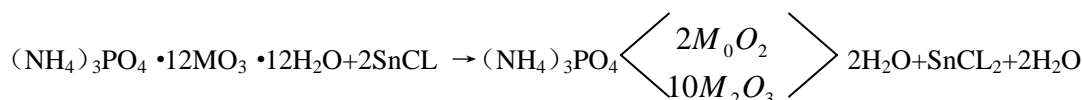
土壤中有效磷的高低, 反映出土壤中能被当季作物吸收利用磷素的多少, 因此测定有效磷比测定全磷对指导施肥更有意义。

由于土壤类型不同, 测定土壤有效磷的方法也不同, 测定中性、石灰性土中有效磷一般用碳酸氢钠提取, 酸性土壤一般采用 0.05M 硫酸浸提为好。

(一) **测定原理:** 用 0.05mol/L 硫酸浸提土壤, 使土壤中的有效磷提取出来, 在酸性条件下, 磷与钼酸铵作用, 生成淡黄色的磷钼酸铵, 反映式:



在遇到氯化亚锡还原剂时, 磷钼酸铵中的一个高价钼 ( $\text{MO}^{+6}$ ) 被还原成磷钼兰, 兰色越深, 含量越高。反应式:



### (二) 仪器、药品

#### 1、仪器: 同前

## 2、药品:

(1) 磷的标准液: 吸取混合标准原液 10ml 于 100ml 容量瓶中, 加入 2NH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>5ml, 加蒸馏水定容至刻度, 混合即成含磷 10PPm 的标准液。

(2) 0.05ml/L 硫酸溶液: 准确量取 2.8ml 浓硫酸 (比重 1.84) 加入约 200ml 蒸馏水中, 冷后用蒸馏水定容至 1000ml。

(3) 3.6% 钼酸铵—6.2M 盐酸溶液: 称取钼酸铵 3.6 克溶于约 30ml 蒸馏水中, 可稍加热溶解, 另取盐酸 (比重 1.19) 52ml 加水约 10ml, 待两液冷却后, 将钼酸铵溶液慢慢加入盐酸液中, 边加边搅拌, 用蒸馏水定容至 100ml, 充分混合, 贮存于棕色瓶中备用。

(4) 1% 氯化亚锡甘油溶液: 称取 1 克氯化亚锡加入 100ml 甘油溶液中。

### (三) 测定步骤:

1、称取相当于干土 2 克的新鲜土样于大试管中, 加入 0.05M 硫酸溶液 12ml, 剧烈摇动 3 分钟, 过滤, 吸取滤液 20 滴于小试管中。

2、取 6 支小试管, 编号, 按下表用量配制含磷的系列标准液:

磷的浓度 (PPM)	0	2	4	6	8	10
10PPM 磷的标准液滴数	0	4	8	12	16	20
0.05M 硫酸钠滴数	20	16	12	8	4	0

3、在上述 7 支试管中各加入 3.6% 钼酸铵—6.2M 盐酸溶 1 滴, 加 1% 氯化亚锡甘油溶液 1 滴, 摇匀, 5 分钟后将土壤溶液与标准溶液比色, 定出有效磷的 PPM 数。

### (四) 结果计算:

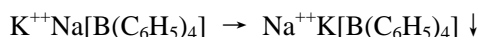
土壤中有有效磷 (PPM) = 测得 PPM × 6 [注: 6 为液土比例 (12/2)]

## 三、土壤中有有效钾测定 (四苯硼钠比浊法)

测得土壤中全钾的含量, 只能说明土壤中钾素的潜在肥力, 土壤中大部分钾素存在与不易分解的矿物质中, 能被作物吸收利用的土壤速效钾包括水溶性钾和交换性钾二种。其中交换性钾又占速效钾 90% 以上。

土壤速效钾的简易测定方法常用亚硝酸钴钠比浊法和四苯硼钠比浊法两种, 亚硝酸钴钠比浊法受温度影响, 一般在 10℃—23℃ 为宜。

(一) 测定原理: 用 0.5M 硫酸钠提取出来的速效钾与四苯硼钠作用, 生成四苯硼钾的白色微吸颗粒沉淀, 使溶液变成混浊, 混浊度越大, 速效钾含量越高。反应式:



### (二) 仪器药品:

1、仪器：同前

2、药品：

(1) 0.5mol/L 硫酸钠，同前。

(2) 2%的四苯硼钠：称取 2 克四苯硼钠，加入 100ml 蒸馏水，搅动使之溶解，加 2MNaOH 约 1 滴，将 PH 调节到 8—9，放置过夜，再过滤，保存在棕色瓶中备用，如果变为红色，或有臭药水味，说明变质，不能使用。

(3) 37%甲醛，发现有沉淀物，就不能使用。

(4) 5%EDTA，同前。

(三) 测定步骤：(1) 从硝态氮提取液中取 20 滴 (1ml) 放入小试管中。

(2) 另取 7 支小试管，编号，按下表用量配制钾系列标准液：

比浊液中钾的浓度 (PPM)	0	10	20	30	40	50	60
10PPM 钾标准液滴数	0	2	4	6	8	10	12
0.5M 硫酸钠滴数	20	18	16	14	12	10	8

在上述 8 支试管中各加放 EDTA2 滴，37%甲醛 8 滴 (防止  $\text{NH}_4$  的干扰)，摇匀，加入 2% 四苯硼钠 6 滴，摇匀，5 分钟后将土壤浸提液与标准系列液比浊，定出速效钾的 PPM 数。

(四) 结果计算：

土壤中有效钾 PPM=测得 PPM×5 [注：5 为液土比例 (10/2)]



# 实验一十四 土壤全氮的测定

## (半微量开氏法)

### 一、实验目的及说明

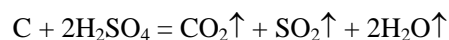
土壤中的氮素绝大部分以有机态的蛋白质、核酸、氨基糖和腐殖质等类化合物形式存在，这类有机氮的极大部分，必须经过微生物分解才能为作物吸收利用。而无机态的  $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{NO}_3^-$  和  $\text{NO}_2^-$  在土壤中含量很低，仅为全氮量的 1~5%。因此，土壤全氮量的测定结果，不一定能反映采样当时的土壤氮素供应强度，但它可以代表土壤总的供氮水平。从而为评价土壤基本肥力，为经济合理施用氮肥，以及采取各种农业措施以促进有机氮矿化过程等，提供科学依据。

测定土壤全氮的方法主要有干烧法和湿烧法。干烧法是杜马 (Dumas, 1931 年) 创设，又称杜氏法，经典的杜氏法操作繁琐、费时，在土壤分析中很少采用。湿烧法是丹麦人开道尔 (J. Kjeldahl, 1883 年) 创设，又称开氏法，本法创始以来，经过大量的研究改进，由于它仪器设备简单，操作简便、省时，结果可靠、再现性好，所以迄今仍为土壤农化实验中测定全氮的主要方法。

### 二、方法原理

开氏法分为样品的消煮和消煮液中铵态氮的定量两个步骤。

(1) 样品的消煮 样品用浓硫酸高温消煮时，各种含氮有机化合物经过复杂的高温分解反应转化为铵态氮 (硫酸铵)，这个复杂的反应，总称为开氏反应。在开氏反应的同时，有机碳都被硫酸氧化为  $\text{CO}_2$  而逸失：



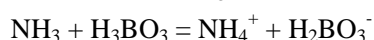
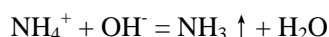
开氏反应的速度不大，通常需要利用加速剂来加速消煮过程。加速剂的成分，按其效用的不同，可分为增温剂、催化剂和氧化剂三类。常用的增温剂是硫酸钾或无水硫酸钠。消煮时的温度要求控制在 360~410℃ 之间，如温度低于 360℃，消煮不容易完全，特别是杂环氮化合物不易分解；温度过高又易引起氮素的损失。温度的高低取决于加入盐的多少，一般应控制在每毫升浓硫酸中含有 0.3~0.6g 盐，借以提高消煮溶液的沸点，加速高温分解过程。开氏法中用的催化剂的种类很多，主要有 Hg、HgO、CuSO<sub>4</sub>、Se 等。其中 CuSO<sub>4</sub> 催化效率虽不及 Hg 和 Se，但使用时比较安全，不易引起氮素的损失。现今多采用 Cu—Se 与增温剂的盐，配成粉剂或压成片状联合使用，效果较好。常用的氧化剂有 K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>、KMnO<sub>2</sub>、HClO<sub>4</sub> 和 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 等。但氧化剂的作用很激烈，容易造成氮素的损失，使用时必须谨慎。

样品中的有机氮是否已完全转化成盐，不能以消煮液是否清流来判断。通常消煮到溶液开始清亮后尚须“后煮”一定时间，以保证有机氮能定量地转化为铵盐。

上述消煮不包括全部硝态氮，若需包括硝态氮和亚硝氮的全部测定，应在样品消煮前，先用高锰酸钾将样品中的亚硝态氮氧化为硝态氮，再用还原铁粉使全部硝态氮还原而转化成铵态氮。由于土壤中硝态氮一般情况下含量极少，故可忽略不计。

(2) 消煮液中铵的定量 消煮液中的铵态氮可根据要求和实验室条件选用蒸馏法，扩散法或比色法等测定。

常用的蒸馏法是将含  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  的土壤消煮液碱化，使氨逸出，用硼酸溶液吸收，然后用标准酸溶液滴定硼酸中吸收的氨。计算土样中全氮的含量。其反应为：



硼酸吸收  $\text{NH}_3$  的量,大致可按每 ml 1% $\text{H}_3\text{BO}_3$  最多能吸收 0.46mgN 计算。如 1ml 2%的  $\text{H}_3\text{BO}_3$  最多可吸收  $1 \times 2 \times 0.46 \approx 1\text{mgN}$ 。

### 三、试剂配制

(1) 浓  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (分析纯、比重 1.84)

(2)  $10\text{molL}^{-1}\text{NaOH}$  210g 分析纯分析纯  $\text{NaOH}$  放入研质烧杯中加水约 200ml,搅动,溶解后转入硬质剂瓶中,加塞,防止吸收空气中的  $\text{CO}_2$ 。放置几天,待  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  沉降后,将清液虹吸到盛有约 80ml 无  $\text{CO}_2$  的水的硬质瓶中,加水至 500ml。瓶口装一碱石棉管,以防吸收空气中的  $\text{CO}_2$ 。

(3)  $0.01\text{molL}^{-1}\text{HCl}$  标准溶液 先将 8.5ml 浓  $\text{HCl}$  加水至 1 升,用硼砂 ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) 或  $160^\circ\text{C}$  烘干的  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  标定其浓度(约  $0.1\text{molL}^{-1}\text{HCl}$ )。然后用水准确稀释 10 倍后使用。

(4) 溴甲酚绿—甲基红混合指示剂 0.5g (或 0.099g) 溴甲酚绿、0.1g (或 0.066g) 甲基红于玛瑙研钵中,加入少量 95% 乙醇,研磨至指示剂全部溶解后,加 95% 乙醇至 100ml。

(5) 2% $\text{H}_3\text{BO}_3$ —指示剂混合溶液 20g $\text{H}_3\text{BO}_3$  (三级) 溶于水,加水至 1 升。在使用前,每升  $\text{H}_3\text{BO}_3$  溶液中,加入 20ml 混合指示剂,并用稀碱或稀酸溶液调节至溶液刚变为紫红色 (pH 值约为 4.5)。

(6) 加速剂  $\text{K}_2\text{SO}_4$  或无水  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (三级) 100g、 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (三级) 10g、硒粉 1g 于研钵中研细,充分混合均匀。

### 四、操作步骤

称取风干土样 (0.25mm) 约 0.5000g (含 N 约 1mg 左右)。将土样小心送入干燥的开氏瓶底部,加入少量无离子水 (0.5~1ml),湿润土样后,(1) 加入 2 克加速剂和 5 毫升浓  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,摇匀,将开氏瓶倾斜地置于电炉上,开始用小火加热,待瓶内反应缓和时(约需 10~15 分钟),可加强火力,使消煮的土液保持微沸,加热的部位不得超过瓶中的液面,消煮的温度以  $\text{H}_2\text{SO}_4$  蒸汽在瓶颈上部 1/3 处冷凝回流为宜,在消煮过程中应间断地转动开氏瓶,使溅至瓶壁上的有机质能及时分解。待消煮液和土粒全部变为灰白稍带绿色(约需 15 分钟)后,再继续消煮 1 小时。全部消煮时间约需 85~90 分钟,(或用  $\text{H}_2\text{SO}_4$  —  $\text{HClO}_4$  但应注意使用否则易造成 N 的损失)。消煮完毕后,取下开氏瓶,冷却,以待蒸馏。在消煮土样的同时,做两份空白测定,除不用土样外,其它操作与测定土样相同。

在蒸馏氨以前,先检查蒸馏装置是否漏气,并用空蒸的馏出液将管道洗净。待消煮液冷却后,用少量无离子水将消煮液全部转入蒸馏器的内室,并用水洗涤开氏瓶 4~5 次(总用水量不超过 30~40ml)。另备 150ml 锥形瓶,加入 5 毫升 2% 硼酸—指示剂混合液,放在冷凝管下端,管口置于硼酸液面以上 3~4cm 处,然后向蒸馏室内缓缓加入  $10\text{molL}^{-1}\text{NaOH}$  溶液 20ml,立即关闭蒸馏室,通入蒸汽蒸馏。待馏出液体积约达 50~55ml 时(约需 8~10 分钟),即蒸馏完毕,用少量已调节至 pH4.5 的水洗涤冷凝管末端。

用  $0.01\text{molL}^{-1}\text{HCl}$  标准液滴定至馏出液由蓝绿色突变为紫红色。记录所用  $\text{HCl}$  标准溶液的体积。与此同时进行空白消煮液的蒸馏和滴定,以校正试剂等误差。

### 五、结果计算

$$\text{土壤全N, \%} = \frac{(V - V_0) \times 0.014 \times c}{W} \times 100$$

式中: V——滴定试液时所用酸标准液的体积 (ml);

$V_0$ ——滴定空白时,所用酸标准液的体积 (ml);

c——酸标准溶液的浓度 ( $\text{molL}^{-1}\text{HCl}$ );

0.014——N 的摩质量 ( $\text{kg}\cdot\text{mol}^{-1}$ )

W——烘干土样质量 (g)。

平行测定结果, 用算术平均值表示, 保留小数点后三位。

平行测定结果的相差: 土壤含量大于 0.1% 时, 不得超过 0.005%; 含氮量 0.1~0.06% 时, 不得超过 0.004%; 含氮量小于 0.06% 时, 不得超过 0.003%。

#### 注释

1. 长江中下游地区土壤全氮的分级指标大致是:

土壤全氮水平	低	中	高
土壤全 N%	< 0.05	0.05~0.1	>0.1

以上指标供测定结果应用时参考。

2. 硼酸—指示剂的混合溶液放置时间不宜过久, 如使用过程中 pH 值有变化, 需随时用稀酸或稀碱调节之。最好在临用前混合二种溶液并调 pH 值。

3. 土壤全 N 含量在 0.1% 以下, 称土样 1~1.5g; 含 N 在 0.1~0.2% 应称样 1~0.5g, 含 N 在 0.2% 以上应称样 0.5g 以下。

4. 消煮时开氏瓶加热的部位, 不得超过瓶中的液面, 以防瓶壁温度过高而使铵盐受热分解, 导致氮素损失。

## 六、作业题

1. 土壤全氮包括哪几部分? 作物吸收利用是哪几种氮素形态?
2. 用硼酸—指示剂的混合液放置时间不宜过长, 为什么?
3. 在测定过程中如何防止氮素损失?

# 实验一十五 土壤碱解氮的测定

## (碱解—扩散法)

### 一、实验目的及说明

土壤有效氮迄今还没有很满意的化学测定方法。过去常用的酸水解法测定土壤水解性氮，对于有机质含量较高的土壤，其测定结果与作物生长有良好的相关。但该方法用于有机质含量低的土壤测定时，其测定结果不理想。又由于是用酸水解土样，因此，该方法不适用于含石灰质的土壤。

碱解—扩散法是近年来较为广泛应用的一种测定有效氮的方法，该法是用一定浓度的碱溶液，在一定的温度条件下，使土壤中易水解的有机态氮水解，生成氨时所测得的“水解性氮”也称碱解氮。土壤中碱解氮的含量与土壤有机质和全氮含量以及土壤的水热条件，微生物活动情况有密切相关，碱解氮含量的高低，能大致反映出近期内土壤氮素的供应情况，与作物生长和产量有一定的相关性，可作为土壤有效氮的指标。碱解—扩散法测定土壤有效氮，不受土壤中  $\text{CaCO}_3$  的影响，操作简便，结果的精密度较高，适于大批样品的分析，但此法测得的有效氮不包括  $\text{NO}_3\text{-N}$ ，水解和扩散时间较长，需用扩散皿、恒温箱及微量滴定管等仪器设备。

### 二、方法原理

利用稀碱与土样在一定条件下进行水解作用，使土壤中易水解的有机态氮化合物转化为  $\text{NH}_3$ ，连同土壤中原有的  $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ，一并用扩散法测之。碱的种类和浓度、土液比率、扩散皿的容积大小、水解时的温度和作用时间等因素，对测得的高低都有影响。为了取得可以互比较的结果，必须严格按照指定的条件进行测定。

### 三、试剂：

- (1) 2% 硼酸溶液。
- (2) 甲基红-溴甲酚绿混合指示剂。
- (3)  $0.01\text{molL}^{-1}\text{HCl}$  标准溶液。
- (4)  $1\text{molL}^{-1}\text{NaOH}$  溶液 40.0g 化学纯 NaOH 溶于 1 升水中。
- (5) 碱性甘油 40g 阿拉伯胶粉与 60ml 水在烧杯中混合，温热至  $70\sim 80^\circ\text{C}$ ，搅拌促溶，约 1 小时后放冷。加入 20ml 甘油和 20ml 饱和  $\text{K}_2\text{CO}_3$  水溶液，搅匀，放冷。最好用离心机分离以除去泡沫和不溶物，将清液倾泻于小玻璃瓶中。此法配制的碱性甘油粘接性较好。也可用简单方法配制：即在甘油中溶解几小粒固体 NaOH，搅拌均匀后便可使用。
- (6) 培养箱。

### 四、操作步骤

称取风干土样 (1mm) 2.00g，均匀地铺放在扩散皿外室的一边。取 2ml 2%  $\text{H}_3\text{BO}_3$ —指示剂溶液放入扩散皿的内室。然后在扩散皿的外室磨口边缘上均匀地涂一薄层碱性甘油，盖上毛玻璃，从毛玻璃的小孔处 (应对着扩散皿外室的无土处) 注入 10ml  $1\text{molL}^{-1}\text{NaOH}$ ，立即盖严扩散皿，并小心地转动扩散皿，使土粒与溶液均匀分散。然后用橡皮筋套紧，以防毛玻璃滑动。放入  $40\pm 1^\circ\text{C}$  的恒温箱中， $24\pm 0.5$  小时后取出，揭开毛玻璃，用酸标准溶液滴定扩散皿内室  $\text{H}_3\text{BO}_3$  液吸收的  $\text{NH}_3$ ，边滴边用小玻璃棒轻轻搅动，直至溶液由兰绿色突变为紫红色。

在测定样品同时，进行空白测定以校正试剂误差和滴定误差，同时最好用  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  标准溶液做  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  回收率的测定，以检验测定结果的准确性。

### 五、结果计算

$$\text{土壤碱解 N, mg/kg} = \frac{(V - V_0) \times c \times 14000}{m}$$

式中：V 和  $V_0$ —土样测定和空白测定所用 HCl 标准液的体积 (ml)；

c—HCl 标准溶液的浓度 ( $\text{molL}^{-1}\text{HCl}$ )

14000—N 的摩质量换算为 mg/kg 的乘积；

m—干土样质量 (g)。

#### 注释

(1) 测定中如果要包括土壤  $\text{NO}_3^-$ -N 在内，需在土样中加入  $\text{FeSO}_4$ ，并以  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  作催化剂，使  $\text{NO}_3^-$ -N 还原为  $\text{NH}_4^+$ -N。而  $\text{FeSO}_4$  本身要消耗部分 NaOH，所以测定时所用 NaOH 的浓度须提高一点。例如 2g 土加 10ml  $1.07\text{molL}^{-1}\text{NaOH}$ ， $0.2\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  和 1ml 饱和  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  溶液进行碱解和还原。

(2) 测定以前扩散皿内室应用已调节至 pH4.5 的水洗至加入的水不再变色为止（紫红色）。然后再加入 2%  $\text{H}_3\text{BO}_3$ —指示剂混合液。

(3) 毛玻璃的内侧也需用毛笔涂一薄层碱性甘油，切勿涂多！以防从培养箱中取出扩散皿时，逸出的  $\text{NH}_3$  被毛玻璃上凝结的水吸收，影响测定结果。

(4) 大批样品测定时，可将 6~8 个扩散皿叠起，用绳扎紧，放入培养箱，这样既可充分利用培养箱的容积，又可减少扩散皿漏气的可能性。

(5)  $\text{NH}_4^+$ -N 回收率的测定：吸取  $100\text{mgL}^{-1}\text{NH}_4^+$ -N 标准液 5.00ml 于扩散皿外室：按测定土样的同样操作测定。每批样品应做 4~6 个  $\text{NH}_4^+$ -N 回收率试验。在样品滴定前先滴定 2 份盛标准液的扩散皿，作回收率检查。若  $\text{NH}_4^+$ -N 的回收率达 98% 以上，证明溶液中的  $\text{NH}_3$  已扩散完全，可以开始滴定成批样品；如回收率尚未达到要求，则需延长扩散时间。

## 六、作业题

1. 何谓碱解氮？为什么要严格控制水解时的温度和时间？
2. 用碱解—扩散法测定出来的氮素包括哪几个氮素形态？对作物有效性如何？
3. 在测定过程中应注意哪些问题？

# 实验一十六 土壤中全磷的测定 (硫酸—高氯酸消煮法)

## 一、方法原理

在高温条件下，土壤中含磷矿物及有机磷化合物与高沸点的硫酸和强氧化剂高氯酸作用，使之完全分解，全部转化为正磷酸盐而进入溶液，然后用钼锑抗比色法测定。

## 二、仪器、试剂

### 1. 主要仪器：

分析天平、小漏斗、大漏斗、三角瓶(50ml 和 100ml)、容量瓶(50ml 和 100ml)、移液管(5ml 和 10ml)、电炉、分光光度计。

### 2. 试剂：

(1)0.5mol/L 碳酸氢钠浸提液。称取化学纯碳酸氢钠 42.0g 溶于 800ml 水中，以 0.5mol/L 氢氧化钠调节 pH 至 8.5，洗入 1000ml 容量瓶中，定容至刻度，贮存于试剂瓶中。此溶液贮存于塑料瓶中比在玻璃瓶中容易保存，若贮存超过 1 个月，应检查 pH 值是否改变。

(2)无磷活性炭。活性炭常常含有磷，应做空白试验，检查有无磷存在。如含磷较多，须先用 2mol/L 盐酸浸泡过夜，用蒸馏水冲洗多次后，再用 0.5mol/L 碳酸氢钠浸泡过夜，在平瓷漏斗上抽气过滤，每次用少量蒸馏水淋洗多次，并检查到无磷为止。如含磷较少，则直接用碳酸氢钠处理即可。

(3)磷(P)标准溶液。准确称取 45℃烘干 4—8 小时的分析纯磷酸二氢钾 0.2197g 于小烧杯中，以少量水溶解，将溶液全部洗入 1000ml 容量瓶中，用水定容至刻度，充分摇匀，此溶液即为含 50mg/L 的磷基准溶液。吸取 50ml 此溶液稀释至 500ml，即为 5mg/L 的磷标准溶液(此溶液不能长期保存)。比色时按标准曲线系列配制。

(4)硫酸钼锑贮存液。取蒸馏水约 400ml，放入 1000ml 烧杯中，将烧杯浸在冷水中，然后缓缓注入分析纯浓硫酸 208.3ml，并不断搅拌，冷却至室温。另称取分析纯钼酸铵 20g 溶于约 60℃的 200ml 蒸馏水中，冷却。然后将硫酸溶液徐徐倒入钼酸铵溶液中，不断搅拌，再加入 100ml 0.5% 酒石酸锑钾溶液，用蒸馏水稀释至 1000ml，摇匀贮存于试剂瓶中。

(5)2-6 二硝基酚。称取 0.25g 二硝基酚溶于 100ml 蒸馏水中。

(6)钼锑抗混合色剂。在 100ml 钼锑贮存液中，加入 1.5g 左旋(旋光度+21—+22°)抗坏血酸，此试剂有效期 24 小时，宜用前配制。

## 三、操作步骤

1.在分析天平上准确称取通过 100 目筛(孔径为 0.25mm)的土壤样品 1g(精确到 0.0001g)置于 50ml 三角瓶中，以少量水湿润，并加入浓  $H_2SO_4$  8ml，摇动后(最好放置过夜)再加入 70—72% 的高氯酸( $HClO_4$ )10 滴摇匀。

2.于瓶口上放一小漏斗，置于电炉上加热消煮至瓶内溶液开始转白后，继续消煮 20 分钟，全部消煮时间约为 45—60 分钟。

3.将冷却后的消煮液用水小心地洗入 100ml 容量瓶中，冲洗时用水应少量多次。轻轻摇动容量瓶，待完全冷却后，用水定容，用干燥漏斗和无磷滤纸将溶液滤入干燥的 100ml 三角瓶中。同时做空白试验。

4.吸取滤液 2—10ml 于 50ml 容量瓶中，用水稀释至 30ml，加 2-6 二硝基酚指示剂 2 滴，用稀氢氧化钠(NaOH)溶液和稀硫酸( $H_2SO_4$ )溶液调节 pH 至溶液刚呈微黄色(约 PH3 左右)。

5.加入钼锑抗显色剂 5ml，摇匀，用水定容至刻度。

6.在室温高于 15℃的条件下放置 30 分钟后，在分光光度计上以 700nm 的波长比色，以空白试验溶液为参比液调零点，读取吸收值，在工作曲线上查出显色液的 P—mg/L 数。

7.工作曲线的绘制。分别吸取 5mg/L 标准溶液 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6ml 于 50ml 容量瓶中，加水稀释至约 30ml，加入钼锑抗显色剂 5ml，摇匀定容。即得 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, mg/LP 标准系列溶液，与待测溶液同时比色，读取吸收值。在方格坐标纸上以吸收值为纵坐标，Pmg/L 数为横坐标，绘制成工作曲线。

## 四、结果计算

全 P % = 显色液 mg/L × 显色液体积 × 分取倍数 / (W × 10<sup>6</sup>) × 100

式中：

显色液 Pmg/L—从工作曲线上查得的 Pmg/L；

显色液体积—本操作中为 50ml；

分取倍数—消煮溶液定容体积/吸取消煮溶液体积；

10<sup>6</sup>—将 ug 换算成 g

W—干土样重(g)。

两次平行测定结果允许误差为 0.005%。

# 实验一十七 土壤有效磷的测定

## (0.5molL<sup>-1</sup>NaHCO<sub>3</sub> 浸提—钼锑抗比色法)

### 一、实验目的及说明

土壤中有效磷的含量，随土壤类型、气候、施肥水平、灌溉、耕作栽培措施等条件的不同而异。通过土壤有效磷的测定，有助于了解近期内土壤供应磷的情况，为合理施用磷肥及提高磷肥利用率提供依据。

土壤速效磷的测定中，浸提剂的选择主要是根据土壤的类型和性质测定。浸提剂是否适用，必须通过田间试验来验证。浸提剂的种类很多，近 20 年各国渐趋于使用少数几种浸提剂，以利于测定结果的比较和交流。我国目前使用最广泛的浸提剂是 0.5molL<sup>-1</sup>NaHCO<sub>3</sub> 溶液，测定结果与作物生长有良好的相关性，适用于石灰性土壤、中性土壤及酸性水稻土。此外还使用 0.03molL<sup>-1</sup>NH<sub>4</sub>F—0.025molL<sup>-1</sup>HCl 溶液 (Bray I 法) 为浸提剂，适用于酸性土壤和中性土壤。

同一土壤用不同的方法测得的有效磷含量可以有很大差异，即使用同一浸提剂，而浸提时的土液比、温度、时间、振荡方式和强度等条件的变化，对测定结果也会产生很大的影响。所以有效磷含量只是一个相对的指标。只有用同一方法，在严格控制的相同条件下，测得的结果才有相对比较的意义。在报告有效磷测定的结果时，必须同时说明所使用的测定方法。

### 二、方法原理

石灰性土壤中磷主要以 Ca-P (磷酸钙盐) 的形态存在。中性土壤 Ca-P、Al-P (磷酸铝盐)、Fe-P (磷酸铁盐) 都占有一定的比例。0.5molL<sup>-1</sup>NaHCO<sub>3</sub> (pH8.5) 可以抑制 Ca<sup>2+</sup> 的活性，使某些活性更大的与 Ca 结合的 P 浸提出来；同时，也可使比较活性的 Fe-P 和 Al-P 起水解作用而被浸出。浸出液中磷的浓度很低，须用灵敏的钼蓝比色法测定，其原理详见土壤全磷的测定章节。

当土样含有机质较多时，会使浸出液颜色变深而影响吸光度，或在显色出现浑浊而干扰测定，此时可在浸提振荡后过滤，向土壤悬液中加入活性炭脱色，或在分光光度计 800nm 波长处测定以消除干扰。

### 三、试剂配制

(1) 0.5molL<sup>-1</sup>NaHCO<sub>3</sub>(pH8.5)浸提剂 42.0gNaHCO<sub>3</sub> (化学纯) 溶于约 800ml 水中，稀释至 1L，用浓 NaOH 调节至 pH8.5 (用 pH 计测定)，贮于聚乙烯瓶或玻璃瓶中，用塞塞紧。该溶液久置因失去 CO<sub>2</sub> 而使 pH 升高，所以如贮存期超过 20 天，在使用前必须检查并校准 pH 值。

(2) 无磷的活性炭粉和滤纸 须做空白试验，证明无磷存在。如含磷较多，须先用 2molL<sup>-1</sup>HCl 浸泡过液，用水冲洗多次后再用 0.5molL<sup>-1</sup>NaHCO<sub>3</sub> 浸泡过液，在布氏漏斗上抽滤，用水冲洗几次，最后用蒸馏水淋洗三次，烘干备用。如含磷较少，则直接用 0.5molL<sup>-1</sup>NaHCO<sub>3</sub> 处理。

(3) 钼锑抗试剂 10.0g 钼酸铵[(NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>·4H<sub>2</sub>O] (分析纯) 溶于 300ml 约 60℃ 的水中，冷却。另取 181ml 浓 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (分析纯) 慢慢注入约 800ml 水中，搅匀，冷却。然后将稀 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 倒入钼酸铵溶液中，随时搅匀，再加入 100ml 0.3% (m/v) 酒石酸氧锑钾[K(SbO)C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub>· $\frac{1}{2}$ H<sub>2</sub>O] 溶液；最后用水稀释至 2 升，盛于棕色瓶中，此为钼锑贮备液。

临用前 (当天) 称取 0.50g 抗坏血酸 (分析纯) 溶于 100ml 钼锑贮备液中，此为钼锑抗试剂，在室温下有效期为 24h，在 2~8℃ 冰箱中可贮存 7 天。



(4) 磷标准贮备液 ( $C_p = 100\text{mgL}^{-1}$ ) 称取  $105^\circ\text{C}$  烘干 2h 的  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (分析纯) 0.4394g 溶于 200ml 水中, 加入 5ml 浓  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (分析纯) 转入 1L 容量瓶中, 用水定容, 该贮备液可长期保存。

(5) 磷标准工作液 ( $C_p = 5\text{mgL}^{-1}$ ) 将一定量的磷标准贮备液用  $0.5\text{molL}^{-1}\text{NaHCO}_3$  溶液准确稀释 20 倍, 该标准工作液不宜久存。

#### 四、操作步骤

称取风干土样 (1mm) 2.50g 置于干燥的 150ml 三角瓶中, 加入 50ml ( $25\pm 1^\circ\text{C}$  的液温)  $0.5\text{molL}^{-1}\text{NaHCO}_3$ , 于振荡机上振荡  $30\pm 1\text{min}$ , 立即用无磷干滤纸过滤到干燥的 150ml 三角瓶中。如果发现滤液的颜色较深, 则应向土壤悬浊液中加入约 0.3~0.5g 活性碳粉, 摇匀后立即过滤。

在浸提土样的当天, 吸取滤出液 10.00ml (含 1~25 $\mu\text{gP}$ ) 放入干燥的 50ml 三角瓶中, 加入 5.00ml 钼锑抗显色剂, 慢慢摇动, 使  $\text{CO}_2$  逸出。再加入 10.00ml 水, 充分摇匀, 逐尽  $\text{CO}_2$ 。在室温高于  $15^\circ\text{C}$  处放置 30min 后, 用 1cm 光径比色杯<sup>1</sup>在 660~720nm 波长 (或红色滤光片)<sup>1</sup> 处测读吸光度, 以空白溶液 (10.00ml  $0.5\text{molL}^{-1}\text{NaHCO}_3$  溶液代替土壤滤出液, 同上处理) 为参比液, 调节分光光度计的零点。

校准曲线或直线回归方程 在测定土样的同时, 准确吸取磷标准工作溶液 0、1.50、2.50、5.00、10.00、15.00、20.00、25.00ml, 分别放入 50ml 容量瓶中, 并用  $0.5\text{molL}^{-1}\text{NaHCO}_3$  溶液定容。该标准系列溶液中磷的浓度依次为 0、0.15、0.25、0.50、1.00、1.50、2.00、2.50 $\text{mgL}^{-1}\text{P}$ 。吸取该标准系列溶液各 10.00ml 同上处理显色, 测读系列溶液的吸光度, 然后以上述标准系列溶液的磷浓度为横坐标, 相应的吸光度为纵坐标绘制校准曲线, 或计算两个变量的直线回归方程。

#### 五、结果计算

土壤有效磷 (P),  $\text{mgkg}^{-1} = C_p \times 20^{(7)+}$

式中  $C_p$ ——从校准曲一或回归方程求得土壤滤出液中磷的浓度,  $\text{mgL}^{-1}\text{P}$

20——浸提时的液土比

平行测定的允许差测定值  $< 10\text{mgkg}^{-1}\text{P}$  时允许绝对差值  $< 0.5\text{mgkg}^{-1}$ ;  $10\sim 20\text{mgkg}^{-1}\text{P}$  时绝对差值为  $< 1\text{mgkg}^{-1}\text{P}$ ;  $> 20\text{mgkg}^{-1}\text{P}$  时允许相对差  $< 5\%$ 。

#### 注释

(1) 用  $0.5\text{molL}^{-1}\text{NaHCO}_3$  浸提—钼锑抗比色法测定结果的评价标准如下:

土壤有效 P ( $\text{mgkg}^{-1}$ )	< 5	5~15	> 15
土壤有效 P 供应标准	低 (缺磷)	中等 (边缘值)	高 (不缺磷)

(2) 温度对测定结果影响较大, 经多次多地区土样测定结果表明, 温度每升高  $1^\circ\text{C}$ , 磷的含量相对增加约 2%, 因此统一规定, 在  $25\pm 1^\circ\text{C}$  的恒温条件下浸提。

(3) 振荡机的振荡频率最好是约 180r/min, 但 150~250r/min 的振荡机也可使用。

(4) 如果土壤有效磷含量较高, 应改为吸取较少量的滤出液 (如土壤有效磷在  $30\sim 60\text{mgkg}^{-1}$  之间者吸 5ml, 在  $60\sim 150\text{mgkg}^{-1}$  之间者吸 2ml), 并用  $0.5\text{molL}^{-1}\text{NaHCO}_3$  浸提剂补足至 10.00ml 后显色。

(5) 当显色液中磷的浓度很低时, 可与标准系列显色液一起改用 2 或 3cm 光径比色杯测定。

(6) 钼锑抗比色法磷显色液在波长为 882nm 处有一个最大吸收峰, 在波长为 710~720nm 处还有一个略低的吸收峰。因此最好选择波长 882nm 处进行测定, 此时灵敏度高, 且浸出液中有机的黄色也不干扰测定。如所用的分光光度计无 882nm 波长, 则可选在波长为

660~720nm 处或用红色滤光片测定，此时浸出液中有机质的颜色干扰较大，需用活性碳粉脱色后再显色。

(7) 如果吸取滤出液少于 10ml，则测定结果应再乘以稀释倍数（10/吸取滤出液体积，ml）。

#### 作业题

1. 土壤中磷的形态有哪几种？有效磷的含义是什么？
2. 土壤中磷素的分布特征是什么？南北方土壤中磷的固定因子有何不同？
3. 施用磷肥应注意什么问题？
4. 用 Olsen 法测定土壤有效磷有何优点？

## 实验一十八 土壤全钾的测定 (NaOH 熔融—火焰光度计法)

不同土壤对钾肥的反应，主要决定于土壤的钾素供应水平。土壤钾素的主要来源是土壤的含钾矿物，但含钾的原生矿物和粘土矿物只能说明钾素的潜在供应能力，土壤的实际供应水平则表现为含钾矿物分解成可被植物吸收的钾离子的速度和数量。

根据钾的存在状态和植物吸收性能，可将土壤中钾素分为四部分：土壤含钾矿物，此为难溶性钾；非交换性钾，缓效性钾；交换性钾；水溶性钾。后两种钾为速效性钾，可以直接被作物吸收利用，是反映钾肥肥效高低的标志之一。

土壤全钾样品的熔融分解方法有碳酸钠碱熔法，氢氧化钠碱熔法，氢氟酸—高氯酸法等。这些方法各有利弊，一般实验室多采用氢氧化钠碱熔法，同时所制备的待测液还可以测定全磷。

### 一、方法原理

样品经碱熔后，使难溶的硅酸盐分解成可溶性化合物，用酸溶解后可不经脱硅和去铁、铝等手续，稀释后即可直接用火焰光度计法测定。

### 二、主要仪器

银坩埚(或镍坩埚，30ml)；高温电炉；火焰光度计。

试剂

(1) NaOH(二级粒状)；

(2) (2)无水酒精(二级)；

(3) (3)1: 1HCl(三级)；

(4) (4)0.2mol/LH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>；

(5) (5)4.5mol/LH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 取浓 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(二级)1 体积缓缓注入 3 体积水中混合。

(6)K 标准溶液 称取 0.1907gKCl(二级，在 110℃烘 2 小时)溶于水中，定容至 1 升，即为 100mg/LK 溶液，存于塑料瓶中。

### 三、钾标准系列溶液的配制：

吸取 100mg/LK 标准溶液 0，2，5，10，20，40，60ml，分别放于 100ml 容量瓶中，加入与待测液中等量的其他离子成份，使标准液中的离子成分和待测液相近(例如土样经 NaOH 熔融后定容 50ml，吸取 5ml 稀释 50ml 测读时，则在配制标准系列溶液时应各加 0.4gNaOH 和 4.5mol/LH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>1ml)，用水定容至 100ml。此系列溶液分别为 0，2，5，10，20，40，60mg/L 标准溶液。

**四、操作步骤** 称取烘干土样(100 目)0.2500g 于银坩埚底部，加几滴无水酒精湿润之，然后加 0.2g 固体 NaOH，平铺于土样的表面，暂放于大干燥器中，以防吸湿。

将坩埚放在高温电炉内，由低温升至 720℃保持此温度 15 分钟。(坩埚必须在低温时放入电炉)，当炉温升至 400℃时关闭电源 15 分钟后继续升温。这样可以避免坩埚内 NaOH 和样品溢出。取出稍冷，加入 10ml 水，加热至 80℃左右，待熔块溶解后，再煮沸 5 分钟，转入 50ml 容量瓶中，然后用少量 0.2mol/LH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 溶液清洗数次，一起倒入容量瓶内，使总体积至约 40ml，再加 1: 1HCl5 滴和 4.5mol/LH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>5ml 用水定容，过滤。吸取滤液 5.00 或 10.00ml 于 50ml 容量瓶中(钾的浓度最好控制在 10—30mg/L，用水定容，直接在火焰光度计上测定，记录读数，同时测得钾标准系列溶液的读数值，绘制工作曲线，然后从工作曲线上查得待测液的钾浓度 mg/L。

### 五、结果计算

全 K% =  $\frac{\text{mg/L} \times \text{测读液定容体积} \times \text{分取倍数}}{W \times 10^6} \times 100$

式中，mg/L—从工作曲线查得溶液中 K 的 mg/L 数；

测读液定容体积—50ml；

分取倍数—待测液体积/吸取待测液体积=50/5；

W—烘干样品重(g)；

样品含钾量低于 1% 时，两次平行测定结果允许误差为 0.05%。

# 实验一十九 土壤速效钾的测定

## 醋酸铵—火焰光度计法

土壤速效钾包括代换性钾和水溶性钾，在土壤中的含量一般较高，测定速效钾可了解土壤中可供作物吸收利用钾的含量，为合理施用钾肥提供科学依据。土壤中速效钾的测定，常用钠盐或铵盐作提取剂。通常用火焰光度计法、四苯硼钠比浊法等进行测定。

### 一、实验目的及说明

根据钾存在的形态和作物吸收利用的情况，可分为水溶性钾、交换性钾和粘土矿物中固定的钾三类，前两类可被当季作物吸收利用，统称为“速效性钾”，后一类是土壤钾的主要贮藏形态，不能被作物直接吸收利用，按其粘土矿物的种类和对作物的有效程度，有的是难交换性的“中效性钾”，有的是非交换性的“迟效性钾”和“无效性钾”。各种形态的钾彼此能相互转化，经常保持着动态平衡，称之为“土壤钾的平衡”。

土壤全钾的含量只能说明土壤钾总贮量的丰缺，不能说明对当季作物的供钾情况一般土壤中全钾并不少，但速效性钾则仅  $20\sim 200\text{mgkg}^{-1}\text{K}$ ，不到全钾量（华北平原耕层土壤全钾大约在  $1.7\sim 2.2\%\text{K}$ ，或  $2.0\sim 2.6\%\text{K}_2\text{O}$ ）的  $1\sim 2\%$ 。为了判断土壤钾供应情况<sup>[註 1]</sup>以及确定是否需用钾肥及其施用量，土壤速效钾的测定是很有意义的。

土壤速效钾的 95% 左右是交换性钾，水溶性钾仅占极少部分，由于土壤交换性钾的浸出量依从于浸提剂的阳离子种类，因此用不同浸提剂测定土壤速效钾的结果也不一致而且稳定性也不同。目前国内外广泛采用的浸提剂是  $1\text{molL}^{-1}\text{NH}_4\text{Ac}$  溶液。因此  $\text{NH}_4^+$  和  $\text{K}^+$  的半径相近，以  $\text{NH}_4^+$  取代交换性  $\text{K}^+$  时所得结果比较稳定，重现性好，能将土壤表面的交换性钾和粘土矿物晶格间非交换性钾分开，不因淋洗次数或浸提时间的增加而明显增加出的钾量。另外待测液可直接用火焰光计测定而无干扰。

在无火焰光度计时，可用  $1\text{molL}^{-1}\text{NaNO}_3$  浸提—四苯硼钠比浊法测定土壤速效钾此法测值  $1\text{molL}^{-1}\text{NH}_4\text{Ac}$  法低，分级指标须另订。

### （一）、 $1\text{molL}^{-1}\text{NH}_4\text{Ac}$ 浸提—火焰光度法

#### 1. 方法原理

用中性的  $1\text{molL}^{-1}\text{NH}_4\text{Ac}$  溶液浸提土壤时， $\text{NH}_4^+$  与土壤胶体表面的  $\text{K}^+$  进行交换，连同水溶性  $\text{K}^+$  一起进入溶液。浸出液中的  $\text{K}$  可直接用火焰光度法测定。火焰光度法的原理详见土壤全钾测定一节。

#### 2. 试剂配制

(1)  $1\text{molL}^{-1}\text{NH}_4\text{Ac}(\text{pH}7.0)$  77.08g $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ （化学纯），溶于 900ml 水，用稀 HAc 或  $\text{NH}_4\text{OH}$  调节至 pH7.0，然后稀释至 1 升。调节 pH 值的具体方法如下：取出 50ml  $1\text{molL}^{-1}\text{NH}_4\text{Ac}$  溶液，以 1:1 $\text{NH}_4\text{OH}$  或 1:4 HAc 调至 pH7.0（用 pH 计测试）。根据 50ml  $\text{NH}_4\text{Ac}$  所用  $\text{NH}_4\text{OH}$  或 HAc 的 ml 数，算出所配溶液的大概需要量，将全部溶液调至 pH7.0。

(2) K 标准溶液 0.1907g $\text{KCl}$ （分析纯， $110^\circ\text{C}$  烘干 2h）溶于  $1\text{molL}^{-1}\text{NH}_4\text{Ac}$  溶液中，并用此溶液定容至 1 升，其  $C_K = 100\text{mgL}^{-1}$ 。

用时准确吸取  $100\text{mgkg}^{-1}$  标准溶液 0, 1, 2.5, 5, 10, 20ml，分别放入 50ml 容量瓶中，用  $1\text{molL}^{-1}\text{NH}_4\text{Ac}$  溶液定容，即得 0, 2, 5, 10, 10, 40 $\text{mgL}^{-1}\text{K}$  标准系列溶液，贮于塑料瓶中保存。

#### 3. 操作步骤

称取风干土样（1mm）5.00g 于 150ml 三角瓶中，加入 50ml  $1\text{molL}^{-1}\text{NH}_4\text{Ac}$  溶液，用塞

塞紧，在往返式振荡机上振荡 30min，用干的定性滤纸过滤，以小三角瓶或小烧杯收集滤液后，与 K 标准系列溶液一起在火焰光度计上测定，记录检流计读数。绘制校准曲线或计算直线回归方程。

#### 4. 结果计算

土壤速效钾， $\text{mgKg}^{-1} = C_K \times V/m$

式中： $C_K$ ——从校准曲线或回归方程求得的待测液钾浓度 ( $\text{mgL}^{-1}$ )

$V$ ——浸提剂体积 (ml)

$m$ ——称样量 (g)

如果浸出液中钾的浓度超过测定范围，应用  $1\text{molL}^{-1}\text{NH}_4\text{Ac}$  稀释后测定，其测定结果应乘以稀释倍数。

注释

(1)  $1\text{molL}^{-1}\text{NH}_4\text{Ac}$  法测定结果的评价标准是：

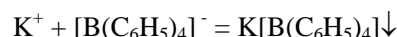
( $\text{mgkg}^{-1}\text{K}$ )	< 30	30~60	100~160	> 160
供 K 水平	极低	中	高	极高

(2) 含  $\text{NH}_4\text{Ac}$  的 K 标准溶液及浸出液不宜久放，以免长霉，影响测定结果。

## (二)、 $1\text{molL}^{-1}\text{NaNO}_3$ 浸提—四苯硼钠比浊法

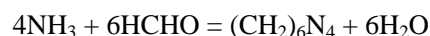
### 1. 方法原理

用四苯硼钠比浊法测定速效钾时， $\text{NH}_4^+$  有干扰，故浸提剂不宜用  $\text{NH}_4\text{Ac}$ ，而用  $1\text{molL}^{-1}\text{NaNO}_3$  溶液。浸出液中的  $\text{K}^+$ ，在微碱性介质中与四苯硼钠 ( $\text{NaTPB}$ ) 反应，生成溶解度很小的微小颗粒四苯硼钾 ( $\text{KTPB}$ ) 白色沉淀：



根据溶液的浑浊度，可用比浊法测定钾的量。待测液含  $\text{K}^+$   $3\text{--}20\text{mgkg}^{-1}$  范围内符合比尔定律。

浸出液中如有  $\text{NH}_4^+$  存在，也将生成四苯硼铵白色沉淀 ( $\text{NH}_4\text{TPB}$ )，干扰钾的测定。消除  $\text{NH}_4^+$  的干扰可在碱性条件下用甲醛排蔽，因为二者能缩合生成水溶性的、稳定的六亚甲基四胺：



浸出液中如有  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Al}^{3+}$  等金属离子存在，在碱性溶液中有会生成碳酸盐或氢氧化物沉淀而干扰测定，可加 EDTA 掩蔽。

### 2. 试剂配制

(1)  $1\text{molL}^{-1}\text{NaNO}_3$  浸提剂 85.0g  $\text{NaNO}_3$  (化学纯) 溶于水中，稀释至 1 升。

(2) 甲醛-EDTA 掩蔽剂 2.50g EDTA 二钠盐 ( $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}_8 \cdot \text{N}_2\text{Na}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ，化学纯) 溶于 20ml  $0.05\text{molL}^{-1}$  硼砂溶液 ( $19.07\text{g Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O/L}$ ) 中，加入 80ml 3% 的甲醛溶液 ( $\text{HCHO}$ ，分析纯)，混匀后即成 pH9.2 的掩蔽剂。配好后须用 3% 四苯硼钠作空白检查，应无混浊生成。

(3) 3% 四苯硼钠溶液 3.00g 四苯硼钠 ( $\text{Na}[\text{B}(\text{C}_6\text{H}_5)_4]$ ，化学纯) 溶于 100ml 水中，加 10 滴  $0.2\text{molL}^{-1}\text{NaOH}$ ，放置过液，用紧密滤纸过滤，清亮滤液贮于棕色试剂瓶中。此试剂要求严格，每批样品测定的同时，都须用同一四苯硼钠溶液作校准曲线。

(4) 钾标准溶液 0.1907KCl (分析纯， $110^\circ\text{C}$  干燥 2 小时) 溶于  $1\text{molL}^{-1}\text{NaNO}_3$  溶液中，并用它定容 1 升，此溶液的  $C_K = 100\text{mgL}^{-1}$ 。

标准系列溶液：准确吸取  $100\text{mgL}^{-1}\text{K}$  标准溶液 0, 1.5, 2.5, 5, 7.5, 10, 12.5ml，分别放入 50ml 容量瓶中，用  $1\text{molL}^{-1}\text{NaNO}_3$  溶液定容，即为 0, 3, 5, 10, 15, 20,  $25\text{mgL}^{-1}\text{K}$  的标准系列溶液。

### 3. 操作步骤

称取 5.00g 风干土样 (1mm) 放入 150ml 三角瓶中, 加入  $1\text{molL}^{-1}\text{NaNO}_3$  浸提剂 25.00ml, 加塞, 振荡 5 分钟, 用干滤纸过滤。吸取清滤液 8.00ml, 放入 25ml 三角瓶中, 准确加入 1.00ml 甲醛-EDTA 掩蔽剂, 摇匀, 然后用移液管沿瓶壁加入 1.00ml 3% 四苯硼钠溶液, 立即摇匀。放置 15~30min, 在分光光度计波度 420nm 处和 1cm 光径比色杯中比浊, (比浊之前, 须再混匀一次) 用空白溶液 (用 8.00ml 浸提剂代替土壤滤出液, 其他试剂都相同) 调节分光光度计吸光度 A 的 0 点。

工作曲线可分别吸取上述 3、5、10、15、20、25 $\text{mgL}^{-1}\text{K}$  标准系列溶液各 8.00ml 按照测定的相同步骤各加 1.00ml 甲醛-EDTA 掩蔽剂和 1.00ml 3% 四苯硼钠溶液, 测定吸光度后绘制校准曲线或求回归方程。

### 4. 结果计算

土壤速效钾,  $\text{mgkg}^{-1} = C_v \times V/m$

式中:  $C_K$ —从校准曲线或回归方程求得待测液中 K 浓度,  $\text{mgL}^{-1}$

V—浸提剂体积, ml

m—称样量, g

注释:

测定值的评价标准:

$< 20\text{mgkg}^{-1}$	$20\sim 50\text{mgkg}^{-1}$	$> 50\text{mgkg}^{-1}$
缺钾	中等	足够

### 五、作业题:

1. 土壤中的速效钾包括哪几种形态? 土壤钾元素丰缺主要决定于哪些因素?
2. 两种方法测定土壤钾的方法, 其评价指标为什么不一样?
3. 用四苯硼钠比浊法测定土壤中的速效钾基本原理是什么? 如何消除  $\text{NH}_4^+$  的干扰?

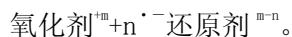
# 土壤氧化还原电位的测定

## 一、目的和意义：

土壤氧化还原电位是土壤氧化还原状况的强度指标。土壤中进行着多种复杂的化学和生物化学过程，其中氧化还原作用占有重要的地位。土壤空气中氧的含量高低强烈地影响着土壤溶液的氧化还原状况，故测定土壤的氧化还原电位，可以大致了解土壤的通气状况。土壤中氮、磷养分的转化，某些水稻土中是否有硫化氢、亚铁、有机酸等毒害物质出现的可能，都与土壤的氧化还原状况有关，因此，测定土壤氧化还原电位具有十分重要的意义。

## 二、方法原理：

土壤中参与氧化还原过程的物质是多种多样的，基本上可以分为无机体系和有机体系两大类，氧化还原反应实质上是电子得失的反应，失去电子的物质被氧化，得到电子的物质被还原。氧化还原反应的最简单表示形式为：



测定时将铂电极和饱和甘汞电极插入土壤中，两者相互组合构成电池，铂电极作为电路中传递电子的导体。在铂电极上发生的反应有还原物质的氧化，使铂电极获得电子，或者是氧化物质的还原，使铂电极失去电子。这两种趋势同时存在，方向相反，最后铂电极的电位大小就取决于这两种趋势平衡的结果，一般采用氧化还原电位计或酸度计测出电位差值，根据饱和甘汞电极在不同温度时的电位值，可以算出铂电极的电位，即土壤的氧化还原电位，用 Eh 表示。

## 三、仪器：

pHS—29 型酸度计，铂电极，饱和甘汞电极，温度计。

## 四、操作步骤：

用 pHS—29 型酸度计，在田间测定土壤的氧化还原电位时，一般采用直流电源，在实验室内则用交流电源，其具体步骤如下：

1. 转动选择开关，如用直流电源应转到 DC 的位置，用交流电源则应转到 AC 的位置。
2. 将 pH—mv 转换开关拨到“mv”处。
3. 调节零点电位器，使电计的指针指在 0mv 处(下刻度)。

4. 将铂电极的接线片接正极，饱和甘汞电极的接线片接负极。把两支电极小心地插入待测的土壤中。

5. 电极插入一分钟后按下。读数。开关，电计所指读数(下面的刻度)乘 100。即为待测的电位差值的毫伏数(mv)。

6. 如果电计的指针反向偏转，则表明土壤的  $E_h$  值低于饱和甘汞的电位值，可把原来的电极接法反转过来，再按步骤与重新进行测定。

仪器上的电位值读数，是铂电极的电位(即土壤氧化还原电位)和饱和甘汞电极电位的差，土壤的电位值( $E_h$ )需经计算才能得到。根据测定时的温度，从附表中查出饱和甘汞电极的电位，再按下式计算。

如以铂电极为正极，饱和甘汞电极为负极，则：

$E_{\text{测出}} = E_h \text{ 土壤} - E_{\text{饱和甘汞电极}}$ ；

$E_h \text{ 土壤} = E_{\text{饱和甘汞电极}} + E_{\text{测出}}$ ；

如以甘汞电极为正极，铂电极为负极，则：

$E_{\text{测出}} = E_{\text{饱和甘汞电极}} - E_h \text{ 土壤}$

$E_h \text{ 土壤} = E_{\text{饱和甘汞电极}} - E_{\text{测出}}$

## 五、注意事项：

1. 土壤氧化还原电位最好在田间直接测定。如果要把土壤带回室内进行测定，必须用较大容器采取原状土一块，立即用胶布或石蜡密封，速带回室内。打开容器后，先用小刀刮去表土面 1 厘米的土壤，马上插入电极进行测定的。

由于土壤的不均一性和铂电极接触到土壤面积小，因此需要进行多点重复测定，取  $E_h$  的平均值，测定时的平衡时间对结果影响很大，在不影响结果的相对平衡时，一般在田间可规定电极插入土壤后一分钟读数，如发现指针不断移动，可以延长平衡时间，在二分钟、三分钟甚至半小时以后再测定，但各重复点都要一样，并且把平衡时间在结果报告中注明，如果在相当长时间内(如半小时)还达不到较稳定的读数，则应重新处理铂电极或另换一支，并检查有无其它原因。

2. 对不同土壤、不同土层、或同一土层的不同部位进行系列比较测定时，用同一支铂电极测过  $E_h$  较高的土壤，再测  $E_h$  较低的土壤，结果会偏高；反之先测过  $E_h$  较低的土壤，再测  $E_h$  较高的土壤时，结果会偏低，而后一种情况可能影响更大些。因此进行系列测定时，



应估计 Eh 的变异范围，变异不大的最好也不用同一支铂电极测定，应分别用 n 支铂电极进行测定。产生上述测定结果偏高或偏低的情况，是铂电极表面性质的改变造成的滞后现象。

3. 铂电极在使用前需经清洁处理，脱去电极表面的氧化膜。处理的方法是：配制 0.2M HCl—0.1M HAc 的溶液，加热至微沸，然后加入少量固体  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (每 100 毫升溶液中加 0.2 克)，搅匀后，将铂电极浸入，继续微沸 30 分钟即可、加热过程中应适当加水使溶液体积保存不变。如果电极用久表面很脏，可先用洗液或合成洗涤剂浸泡，然后再进行上述处理。

4. 由于土壤的氧化还原平衡与酸碱度之间有着相当复杂的关系，它在一定程度上受氢离子浓度的影响，所以土壤  $E_h$  值也因 pH 不同而有一定的变化。为了消除 pH 对  $E_h$  的影响，使所测结果便于相互比较，要经 pH 校正。一般以 pH 7 为标准，按氢体系的理论值  $\Delta E_h / \Delta \text{pH} = -60$  毫伏 ( $30^\circ\text{C}$ )，pH 每上升一个单位， $E_h$  要下降 60 毫伏来进行校正。例如一土壤在 pH 5 时测得的电位为 320 毫伏 (可用  $E_h 5 = 320$  毫伏表示)，换算成 pH 7 时，电位就降为 200 毫伏 (可用  $E_h 7 = 200$  毫伏表示)。但应指出，这种换算并不很正确，因土壤中的氧化还原体系复杂，氢离子影响氧化还原平衡的方式各不相同，不仅是不同的土壤，甚至同一土壤在氧化还原过程的不同阶段都有不同的  $\Delta E / \Delta \text{pH}$  关系。因此可以采取  $E_h$  和 pH 并列的表示方法，表明土壤在某一 pH 值时的氧化还原电位值。

5. 在田间测定时，如为较干燥的旱地土壤，电极与土体不易紧密接触，会影响测定结果。可以先喷洒一些蒸馏水湿润土壤，然后稍停片刻再进行测定。

表 1 饱和甘汞电极在不同温度时的电位

温度 ( $^\circ\text{C}$ )	电位 (mV)	温度 ( $^\circ\text{C}$ )	电位 (mV)	温度 ( $^\circ\text{C}$ )	电位 (mV)
0	260	18	248	30	240
5	257	20	247	35	237
10	254	22	246	40	234
12	252	24	244	45	231
14	251	26	243	50	227
16	250	28	242		

## 实验二十一 土壤剖面的观察和记录

### 一、 目的要求

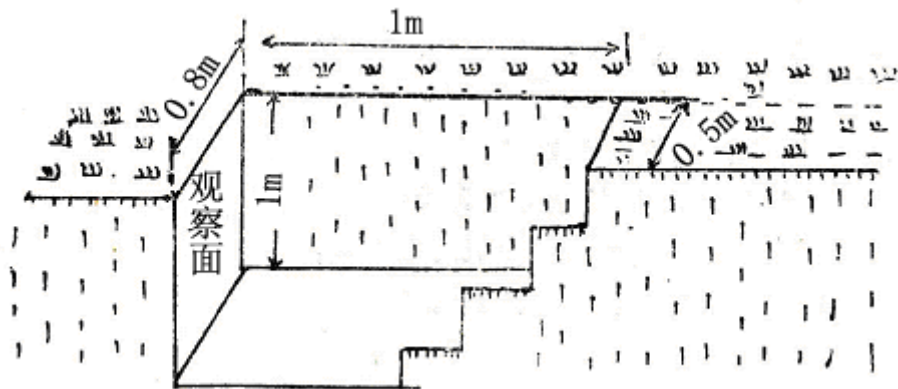
壤剖面是在五大成土因素的影响下而成的。所谓土壤剖面是指土壤自上而下的垂直切面，是土壤内在特征的外在表现。在土壤形成的不同阶段具有不同的剖面，也就是说不同类型土壤具有不同的剖面，形态。因此通过剖面的研究，可以了解成土因素对土壤形成过程的影响，以及土壤内部性质怎样反映在土壤外部形态上，所以研究土壤剖面构造是研究土壤性质的重要方法之一。

土壤剖面形态的鉴别，主要是根据土壤颜色、结构、质地、坚实度、孔隙、湿度、新生体、侵入体、动植物根穴等不同进行判断。

### 二、 剖面点的选择和挖掘

土壤剖面点选择有代表性的地点，不要选择在田埂边、山脚边、沟边、路边、粪坑边、坟墓堆边等地方。

土坑的大小一般要求深 1m、长 1m、宽 0.8m。观察面须向阳光，为了工作方便，观察面前方可挖成台阶状，使得上下方便，挖出的表土和心土分别放在坑的两旁，不要堆在观察面上部，以使填坑时不乱土层，人不要站在观察面上部，以保持原有状况。图（1）



图表 1

### 三、 土壤剖面形态特征的观察和记载

（一）剖面层次的划分：剖面挖好后，用土壤小刀边挑边观察剖面的自然状况，根据土壤的颜色、质地、结构、松紧度、干湿度、新生体、侵入体、根系分布特征，分出土壤的发生层次。如耕作层、犁底层、心土层、底土层等。水稻土剖面耕作层又称淹育层，犁底层又称渗育层，心土层又称斑纹层，底土层又称青泥层或潜育层。图（2）

自然土壤剖面形态，一般可以分为四层，即覆盖层（又称枯株落叶层）、淋溶层、淀积层（下部灰产生还原性的灰泥层或称潜育层）、母质层。图（3）

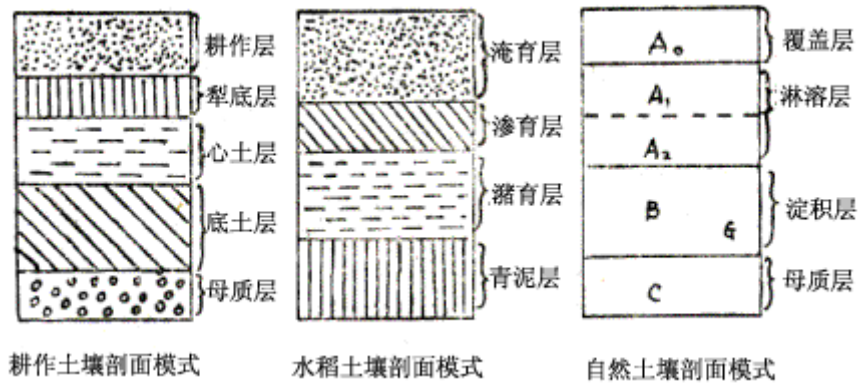


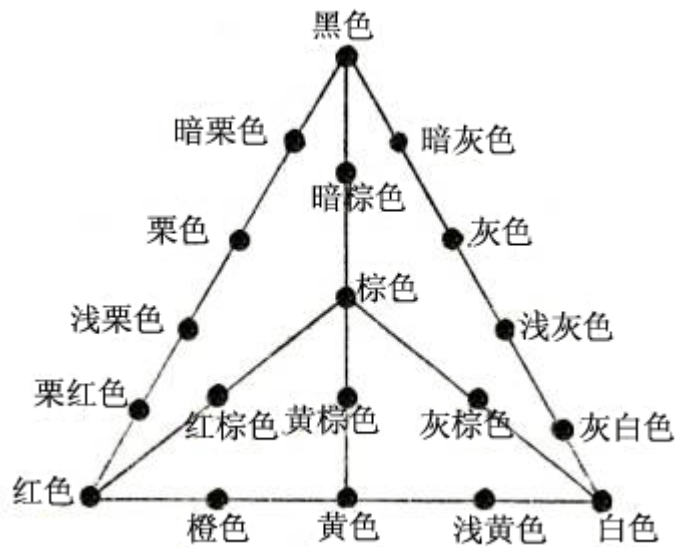
图 2

图 3

(二) 观察记载项目

首先用钢卷尺量好各层的厚度，再逐记载下列各项特征：

1、颜色：土壤颜色变化很复杂，但以红、黑、白为基础，混合成不同的颜色。如下图表示：



黑色：使土壤带黑色的物质，主要是腐殖质，其次是煤及其他黑色矿物。

红色：主要是氧化铁（ $Fe_2O_3$ ）的颜色。

白色：主要是  $SiO_2$  的颜色。

黄色：各种含水氧化物

在观察时，应注意主色和付色的区别，主色在后，付色在前，例如红棕色，表示棕色为主，红色为付色。

2. 质地（机械组成）：在野外常用手测法来判断土壤质地，将土壤质地分为：

- (1) 砂土：湿时不能成团。
- (2) 砂壤土：湿时能搓成小圆球，但不能搓成土条。

- (3) 轻壤土：湿时能搓成土条，但易断裂。
- (4) 中壤土：湿时能搓成小条，不易断裂。
- (5) 粘土：湿时小土条弯曲成环，压扁也无裂痕。

3. 结构：在挖剖面时可见土体按一定方向散碎成大小形状不同的土块或土团，这叫做土壤结构，根据结构单位的形状和肥力的关系，大致可以分以下几种类型：

(1) 块状结构：指土粒胶结成不规则的土块大的直径大于 10cm，小的直径为 5-10cm，块状结构在粘重而缺乏腐殖质的土壤中最容易生成，一般在底土层中较多，耕作不良的耕层也常见。块状结构多，是耕作质量差和土壤肥力低的一种表现。

(2) 核状结构：比块状小，近似核桃形，外部圆而硬，并有较明显棱角，一般以石灰和铁螯作胶结剂，粘重而缺乏有机质的底土中出现较多，核状结构多的土壤通气透水性不良，耕作不便。

(3) 柱状结构：单粒胶结成柱状，半干旱地带含粉砂粒较多的底土层常出现，这种结构的土壤通气透水好，但易漏水漏肥。

(4) 棱柱状结构：和柱状结构相似但有明显的棱角及棱面，常出现在粘重的底土中。

(5) 片状结构：形态扁平，由于水的沉积作用或某些机械压力所引起的，在冲积母质中，常见大的片状结构。在地下水移动处，也有片状结构产生。犁底层中，常见许多鳞片结构。

(6) 团粒状结构：指土壤形成近圆球形的土团，其粒径约在 0.25-10 毫米之间，团粒结构多在耕作层中出现。肥沃土壤中数量较多。

4. 干湿度：土壤水分是植物生长必须的土壤肥力因素，根据土壤水分含量，在野外可将土壤湿度分为四个等级：

- (1) 干：土壤放在手中不感到潮湿。
- (2) 湿润：土壤放在手中有明显的潮湿感。
- (3) 潮湿：土壤能搓成团，但无水流出。
- (4) 湿：用手挤压，土壤有水流出。

5. 松紧度：土壤的松紧度影响土壤的通气性，透水性和保水性，如土壤过紧过松，会影响水分和空气的储存。

土壤松紧度指对进入土体中工具有抵抗力，可用土刀插入土壤的情况来判断，一般可分为：

- (1) 极紧：用很大的力也不容易把土刀插入土体，或只能插入很浅。
- (2) 紧：用叫较大的力，即可把土刀插入土体 1-2cm。
- (3) 较紧：稍用刀即可把刀插入土体 1-2cm。
- (4) 疏松：土刀极易插入土体。

6. 新生体：在土壤形成过程中新产生的或聚集的物质称为新生体，它们具有一定的外形和界限，一般有铁锰结核、锈斑纹、胶膜斑纹、石灰结核等，按多至少描述。

7. 侵入体：位于土壤中，但不是土壤形成过程中聚集和产生的物质，如砖头、瓦片、铁器、瓷器、木炭、布屑、金属等，描写其有无、形状大小和具体名称。

8. 根系：观察植物根系生长的深厚，粗细和数量。
9. 其他：如动物穴，蚯蚓粪便，动植物残体，或肉眼可见的小动物等也要记载。

#### 四. 水稻土剖面的观察记载

任何一种自然土壤或熟化旱地土壤，一旦变为水田，在种植水稻过程中，由于人为因素（耕作、施肥、灌水等）、自然因素（地形、母质、水文等）的综合作用，使耕作土壤产生层次分化，出现特有的剖面形态。

1. 耕作层：又叫淹育层（A），经常受到农具耕耙扰乱，幼根密集，腐殖质含量较高，淹水时矿物质氧化和铁锰还原或淋失，颜色变浅或变灰，但稻根周围由于水稻通气组织输送的空气，使稻根附近的铁质氧化，而有黄色或棕色氧化铁的聚积，形成锈斑纹。一般耕作时间长，位于门前屋后的高产水稻土（乌泥田）耕作层较厚，疏松、颜色乌黑、结构良好。

2. 犁底层：有叫渗育层（B），长期受农具镇压，人畜践踏和静水压力的作用所形成，质地较粘，较紧实，主要起托水的作用。

3. 斑纹层：又叫潜育层（C），受地下水升降或季节积水的影响，有大量的铁锰结核或锈斑等新生体，具棱块或棱柱状结构，结构体表面有多量胶膜，看起来花花斑斑。

4. 青泥层：又叫潜育层（G），终年积水，长期处于嫌气状态，铁质还原，呈青灰色或灰兰色，土粒分散，无结构，呈整体块状。

#### 五. 自然土壤剖面的观察记载

在成土因素的综合作用和影响下，随着成土过程的发生与发展，土壤层次发生深刻的变化，产生物质的移动，使上下土层不论在形态上或成分上发生显著的差异，出现土壤发生层次，形成一定的剖面形态，自然土壤剖面形态一般可分以下几层：

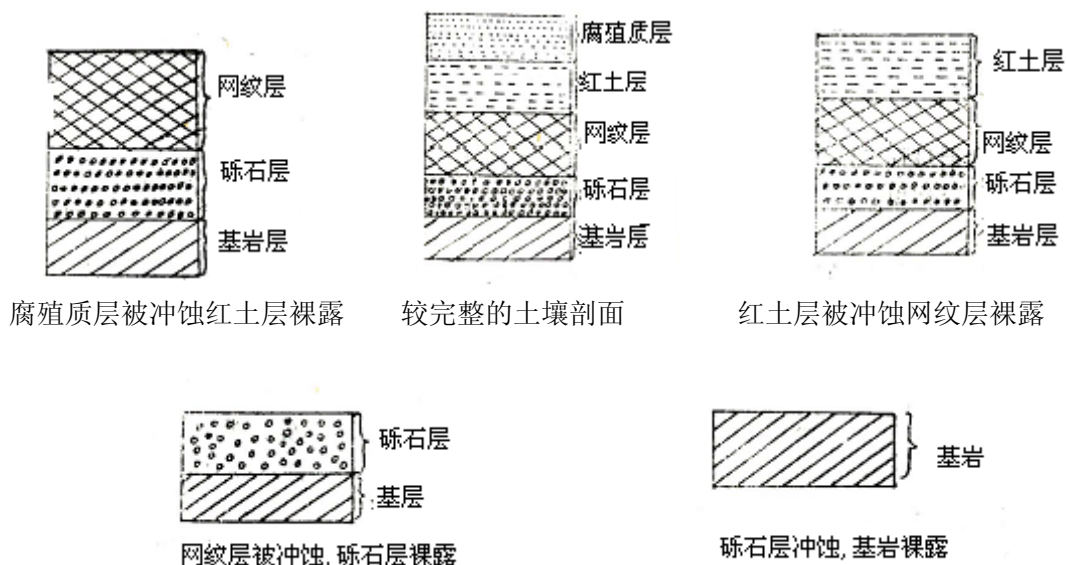
1. 复盖层（A<sub>0</sub>），又称枯株落叶层，在木本植物群落下最为明显，这层的上部为尚未分解的疏松落叶层，或叫林木残落物层，其下部的有机残体已被分解，但原型仍然可见，并混有少量土粒。

2. 淋溶层（A），这层又可分为 A<sub>1</sub>A<sub>2</sub> 两层，A<sub>1</sub> 层富含腐殖质和矿物质养料，结合紧密，团粒结构良好，土色深；A<sub>2</sub> 层为标准淋溶层，由于雨水的淋洗，土层中易溶性盐类及锰、铁、铝的水化物、腐殖质溶胶，都被淋洗，腐殖质及养分含量少，呈灰白色，粉砂质，无结构。

3. 淀积层（B），由 A 层下淋的物质淀积而成，A 层淋溶愈强烈，则淀积层越明显，高度发育时，此层较紧实，水分难以渗透，矿物质养分较丰富。在空气不流通的情况下，B 层的下部产生还原性灰兰色的灰粘层，或称潜育层 G。

4. 母质层（C），位于淀积层下，是未受淋溶和淀积作用，发育程度很低或未发育的岩石风化层。上述土壤剖面层次是指一般自然土壤剖面形态的共同特征，但并非所有土壤都具有上述剖面的层次。在自然界中，由于土壤发育时间的长短不同，或受冲刷侵蚀及沉积的影响，使层次变动很大，例如第四纪红土母质发育而成的红黏土，剖面层次的发育随冲刷状况而不同，冲刷较轻者，植被覆盖完好的地方，其土壤剖面发育完整。冲刷严重，植被稀疏。

甚至无植被的地方，土壤剖面层次残缺不全。图（4）所示：



图(4)

### 土壤剖面记载表

标准地号数：		地形：		剖面地形位置图：				植被：					
剖面号数：		高度：						母质：					
调查日期：		(海拔及相对)						侵蚀状况：					
天气状况：		坡向：						利用状况：					
剖面地点：		坡度：											
剖面图	层次及深度	颜色	结构	松紧度	干湿度	质地	新生体	侵入体	PH值	石灰反应	植物根系	其他	剖面基本特点

土壤的当地名称及野外定名：

调查人：

## 实验二十二 土壤野外实习

### 自然土壤和自然成土因素的野外观察

#### 一、目的要求：

自然土壤是在五大自然成土因素（其中生物是主导因素）的综合作用下而形成的，自然成土因素不同，其所形成的自然土壤也不同，这次现场教学的目的，在于使学生了解自然土壤与自然因素之间的相互关系，识别自然成土因素（这里主要是地形、母质和植被）和自然土壤的形态特征。获得感性知识，为往后的理论学习打下一定基础。

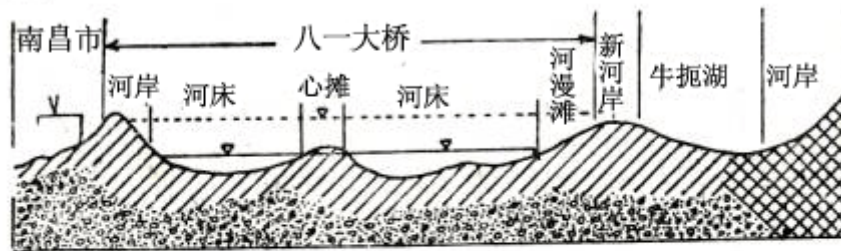
要求学生严格遵守学习，仔细听取教师讲解，作好笔记，亲自动手，认操作，独立思考，提出问题，展开讨论，最后按照提出的问题，完成作业。

#### 二、主要内容：

##### 1. 地形类型的识别：

(1) 河谷地形：主要是受河水的冲刷和沉积作用所造成的，其特点是平坦低洼，为河流所经或其影响所及之地。本地区（南昌市八一桥）所见者有河床、心滩、河漫滩、牛轭湖、河岸等地形部位。图示如下：

如下：



图例



河床：终年为流水淹没的谷底部分。

河漫滩：河流在高水位时，河水泛滥时被淹没的谷底部分。表面平坦略有起伏为河流堆积作用所形成的主要地形之一，河流下游最为发育。

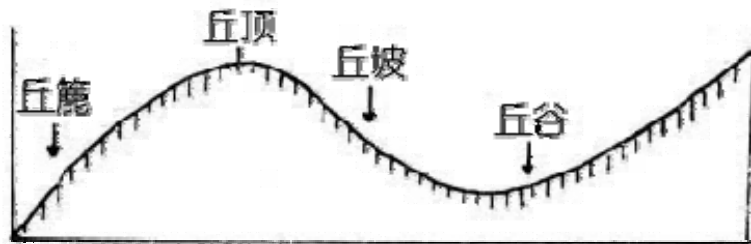
心滩：河漫滩的一种，位于河流中心。

牛轭湖：系河流截弯取直而成。本区所见的牛轭湖位于八一桥北面，是赣江由北而南摆动的结果，牛轭湖北岸仍可见波浪冲击所形成的悬崖。

(2) 丘陵：是起伏不很大的山地，海拔一般在 500 米以下，相对高度是小于 200 米。坡度小于 10 度，由地质内外动力的共同作用所形成，组成物有坚硬岩石，半风化体及各种地表沉积物等，本区所见者为千枚岩所组成，低矮圆浑，状如馒头，相对高度在 40-80 米之间，坡度一般小于 10 度，上面堆积有 1 米左右的红土层和砾石，在靠近赣江边缘的丘陵地区已被沉积物所覆盖，形成孤立的残丘。

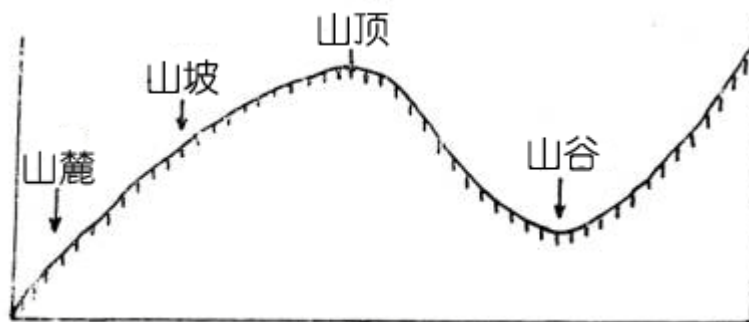
云上桥至党校一带均为此种地形。

丘陵地形分成如下图所示的不同部位：



(3) 山地：是指高耸地面占面积很大的地形单位，由地质内外动力作用所形成，组成物大部分是坚硬的岩石，上面复有半风化物 and 土层，海拔高度一般在 500 米以上，相对高度大于 200 米，坡度大于 10 度。本区所见的梅岭山地为黑云母花岗岩，片麻状花岗岩所组成，海拔约 500 米，属低山。

山地地形可分为如下图所示的不同部位：



## 2. 不同的岩石及其风化程度与风化物特点观察：

(1) 红色砂砾岩：云上桥可见露头，属于沉积岩，紫红色，砂砾状结构，中度及高度风化，机械成分可见花岗岩、片麻花岗岩风化物碎屑、石英粒、长石粒等，颗粒磨圆度低，自下而上可见粗细相间排列的层次。

(2) 千枚岩：属变质岩，由泥质岩变质而来，呈粉红色，黄褐色，具有千枚状构造，主要矿物有绢云母，绿泥石，石英和少量铁质，中度或高度风化，分布于云上桥至党校一带，千枚岩风化后形成的母质质地细致，含钾较多。

(3) 黑云母花岗岩：属酸性火成岩，灰色或灰黑色，主要矿物有正长石、石英、黑云母。结构为中、粗粒，晶形较明显，块状构造。梅岭山上到处可见露头，风化程度不一，有的坚硬如铁，有的呈屑粒状，有的呈球状剥落，即所谓球状风化。

黑云母花岗岩风化后形成的母质，夹杂有较多的石英粗砾粒，质地粗糙，钾的含量高。

(4) 片麻状花岗岩：系由黑云母花岗岩轻度变质而来，主要成分有正长石、石英、黑云母，其中粗粒矿物（石英、正长石）与片状矿物（黑母云）构成不连续平等的片麻状构造，党校至梅岭山一带到处可见露头。

片麻状花岗岩风化形成的母质基本上与花岗岩相同。

## 3、另将岩石风化程度说明如下：

(1) 高度风化：岩石已彻底崩解破碎，呈碎屑状，非常松散，水分、空气可畅通无阻，



成土母质即为此状。

(2) 中度风化：岩石大部分已丧失其原有形态特征，颗粒粗大而坚硬，肉眼可见原有矿物成分或机械组成，岩体稍加锤击即破碎。

(3) 轻度风化：岩体已开始改变原有形状特征，颜色变浅或加深，矿物成分或机械组成清晰可见，用锤击便碎，颇感费力。

(4) 新鲜岩石：形态特征看不出有何改变，矿物成分或机械组成非常清晰，锤击不易破裂。

#### 4. 观察不同成土母质（地表沉积物）的特征及其分布规律：

(1) 近代河流冲积物：分布于赣江两岸，系河流经常性的流水搬运、沉积而成。分选作用明显，有明显的层理（一层粗、一层细）。石砾磨园度大，上游或靠近河床处颗粒粗，下游或距河床远处颗粒细，此类母质成分复杂，养分含量丰富，形成的土壤一般肥力高。

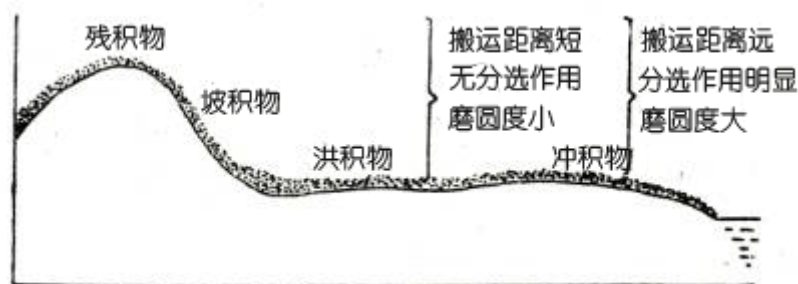
(2) 坡积物：悬崖、峭壁、陡坡处的岩石风化物，受重力及地表径流的作用向下移动沿途沉积而成。分选作用不明显，大小不一的石块碎屑夹杂在一起，磨园度小，愈往下沉积愈厚，通气透水状况较好，养分也较丰富，形成的土壤肥力较高。

(3) 洪积物：由于山洪暴发，水势汹涌，洪水夹带的大量石砾和泥沙，沿山坡下泻到山前平缓地带，沉积而成扇形地带，称为洪积扇。其特点是：分选作用不明显，磨园度小，洪积扇的不同部位沉积物的粗细、厚度不同，上部(山谷出口处)主要是碎石及粗砂，沉积层厚；中部粗细相混，沉积层渐薄；下部颗粒细，粘重，其形成的土壤，由上而下肥力逐渐高。

(4) 残积物：是指未经搬运，留在原地的风化物。其特点是：多分布于山脊或丘陵顶部，从表层到基岩，风化程度逐渐降低，其性质愈往下，愈近似母岩，形成的土壤土层薄，质地粗，肥力低。

(5) 第四纪红色粘土：一般认为是冰水沉积物。其特点是颜色棕红，层次深厚。质地粘重，底部常有红白黄相间的网纹层，网纹层下面有砾石层。本区分布于云上桥至本校一带，复盖于红色砂砾岩和千枚岩之上。有的地方表土被冲刷，网纹层裸露，第四纪红色粘土母质广泛分布于我省低丘地带，其形成的土壤，层次一般较深厚，质地粘重，通透性差。

各种不同地表沉积物有规律地分布在不同的地形部位上，如下图所未：

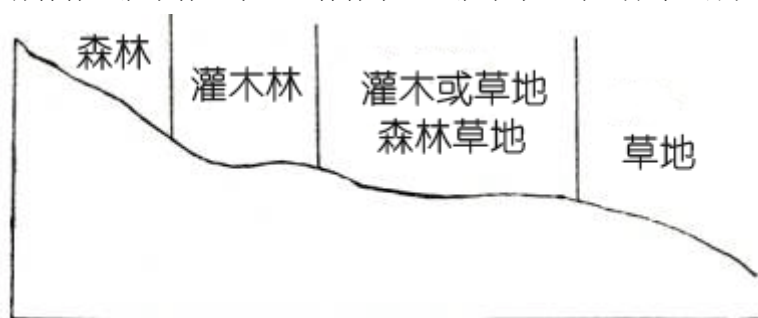


#### 5. 自然植被的观察记载：

(1) 木本植物群落：以乔木及灌木为主，林下常有枯枝落叶层，草本植物及藤本植物也常伴而生，若以乔木为主，通常称森林，又可分为阔森林、针叶林和针阔叶混交林等。

(2) 草本植物群落，以草本植物为主，也可有稀疏乔木或灌木，可分为草原、草地(甸)、高山草地、森林草原、森林草地、灌木草地等。

本区所见有森林、灌木林、草地、森林草地、灌木草地等。分布地形如下图所示：



6. 气候特点：参考有关资料，不作调查。

7. 观察记载不同地形、不同母质及不同植被条件下所形成的自然土壤的主要形态特征。

- (1) 土层厚度：由地表至母质或基岩的厚度，量后记下。
- (2) 颜色：根据自己分辨能力，把颜色记下。
- (3) 质地（粗细）：用手摸、眼看，比较不同土壤的颗粒大小。
- (4) 腐殖质层的有无或厚薄：仔细观察各种土壤的最上部，看有没有一个暗灰色的土层？如有，量出它的厚度。
- (5) 酸碱度（pH 值）：用指示剂在野外滴测，比较不同土壤的酸碱度（pH 值）。

### 三、方法步骤：

在教师的指导下，分组在下面几个地点进行讲解和观察记载：

#### 1. 八一桥附近：

- (1) 观察河谷地形，认识河床、心滩、河漫滩、牛轭湖、河岸等地形部位。
- (2) 在河岸观察冲积物的自然沉积层次。
- (3) 观察记载主要植物群落的名称、生长状况及复盖度（用百分比表示）。
- (4) 观察记载土壤的特点。

#### 2. 云上桥附近：

- (1) 地形特点、海拔、起伏状况、坡度等。
- (2) 紫红色砂砾岩的机械组织、构造和结构以及风化状况等。
- (3) 主要植物群落的名称、生长状况及复盖度等。
- (4) 观察记载土壤的特点。

#### 3. 公墓附近：

- (1) 地形特点（内容同前）
- (2) 千枚岩的识别及其风化状况的观察。
- (3) 主要植物群落的名称、生长状况及复盖度等。
- (4) 土壤特点。

#### 4. 芭茅岭附近：

- (1) 地形特点（内容同前）
- (2) 第四纪红色粘土母质的特征（颜色、质地、层次性、网纹层、砾石层等）。
- (3) 主要植物群落的名称、生长状况及复盖度。

(4) 土壤特点。

#### **5. 党校附近**

(1) 地形特点（内容同前）

(2) 片麻状花岗岩的识别与风化状的观察。

(3) 主要植物群落的名称、生长状况及复盖度。

(4) 土壤特点。

#### **6. 梅岭山地：**

(1) 地形特点（内容同前）

(2) 黑云母花岗岩的识别及其风化度的观察。

(3) 主要植物群落的名称、生长状况及复盖度。

(4) 土壤特点。

### **四、作业**

1. 概述本区所见的地形、岩石、成土母质、土壤的种类和特点？
3. 地形、岩石、成土母质、植被和土壤之间有何关系？

附录一 常用标准筛孔、筛号对照表

筛 号	筛孔直径(毫米)	筛 号	筛 孔 直 径(毫米)
2.5	8.00	35	0.50
3	6.72	40	0.42
3.5	5.66	45	0.35
4	4.76	50	0.30
5	4.00	60	0.25
6	3.36	70	0.21
7	2.83	80	0.177
8	2.38	100	0.149
10	2.00	120	0.125
12	1.68	140	0.105
14	1.41	170	0.088
16	1.18	200	0.074
18	1.00	230	0.062
20	0.84	270	0.053
25	0.71	325	0.044
30	0.59		

附注：土筛号数即为每英寸长度内的孔（目）数，如 100 号（目）即为每一英寸长度内有 100 孔（目）。筛号与筛孔直径（mm）对照见附表。

附录二 常用商品试剂的近似比重、百分含量、摩尔浓度和当量浓度

名称	按重量计百分含量	比重	摩尔浓度	当量浓度
盐酸 HCl	37	1.19	12.0	12.0
氢氟酸 HF	48	1.15	27.6	27.5
硝酸 HNO <sub>3</sub>	70	1.40	16.0	16.0
高氯酸 HClO <sub>4</sub>	70	1.68	11.6	11.6
硫酸 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	96	1.84	18.0	36.0
醋酸 CH <sub>3</sub> COOH	35	1.05	6.0	6.0
氢氧化铵 NH <sub>4</sub> OH	27	0.88	14.0	14.0

### 附录三 标准酸碱溶液的配制和标定

#### 1、 1M 盐酸溶液的标定

称取经干燥处理的分析纯硼砂 0.4767 克于 100 毫升三角瓶中，用 25 毫升左右蒸馏水溶解后，用待标定的盐酸滴定（0.1M 盐酸的配制：吸取 37% 的浓盐酸 8.4ML 加水定容至 1000ML，即浓度为 0.1M 左右），滴加定氮混合指示剂 1 滴，由蓝色滴至微红色即为终点，再计算盐酸的准确浓度。则：

$$\text{HCL (M)} = \frac{2 \times W}{381.36 \times V} \times 1000$$

式中：W 是硼砂的称量。

V 是滴定消耗盐酸的体积（ML）。

381.36 是硼砂的摩尔质量。

2 是硼砂与盐酸的摩尔比。

#### 2、 0.1M 氢氧化钠溶液的标定

称取经烘干处理的分析纯苯二甲酸氢钾 0.5106 克于 100ML 三角瓶中，用 25ML 蒸馏水溶解后，用待标定的氢氧化钠溶液滴定（0.1M 氢氧化钠的配制：先配制 40% 的氢氧化钠溶液，再吸取 40% 的氢氧化钠溶液 10ML 用蒸馏水定容至 1000ML，即为浓度为 0.1M 左右的氢氧化钠溶液），滴加 0.5% 酚酞 2 滴，由无色滴定至微红色即为终点，再计算氢氧化钠溶液的准确浓度。

$$\text{NaOH 浓度(M)} = \frac{W}{204.22 \times V} \times 1000$$

式中：W 是苯二甲酸氢钾的称量。

V 是消耗氢氧化钠体积（ML）

204.22 是苯二甲酸氢钾的摩尔重量。

注：配制氢氧化钠的蒸馏水应除去 CO<sub>2</sub>。