



高等院校水土保持与荒漠化防治专业“十三五”规划教材

EXPERIMENTAL COURSE OF SOIL AND WATER CONSERVATION

# 水土保持实验实训教程

李 强 ■ 主 编



中国林业出版社

高等院校水土保持与荒漠化防治专业“十三五”规划教材

# 水土保持实验实训教程

李 强 主编

中国林业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

水土保持实验实训教程/李强主编. —北京: 中国林业出版社, 2017. 7

高等院校水土保持与荒漠化防治专业“十三五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5038 - 9097 - 0

I. ①水… II. ①李… III. ①水土保持—实验—高等学校—教材 IV. ①S157 - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 151685 号

本教材由榆林学院教材出版基金、国家自然科学基金 (41661101)、黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室开放基金 (A314021402 - 1604) 资助出版

## 国家林业局生态文明教材及林业高校教材建设项目

中国林业出版社·教育出版分社

策划编辑: 肖基许

责任编辑: 丰 帆 肖基许

电 话: (010) 83143555

传 真: (010) 83143561

E-mail: jiaocaipublic@163.com

出版发行 中国林业出版社 (100009 北京市西城区德内大街刘海胡同 7 号)

E-mail: jiaocaipublic@163.com 电话: (010) 83143500

http://lycb.forestry.gov.cn

经 销 新华书店

印 刷 北京市昌平百善印刷厂

版 次 2017 年 8 月第 1 版

印 次 2017 年 8 月第 1 次印刷

开 本 850mm × 1168mm 1/16

印 张 6

字 数 142 千字

定 价 19.00 元

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

**版权所有 侵权必究**

# 《水土保持实验实训教程》

## 编写人员

主 编 李 强

编写人员 (按姓氏笔画排序)

马春艳(榆林学院)

白 芸(榆林学院)

刘 泉(绵阳师范学院)

李 强(榆林学院)

李桂芳(广西大学)

张 正(西北农林科技大学)

南维鸽(陕西师范大学)

喻恺阳(黄河水利委员会晋陕蒙接壤地区水土保持监督局)

# 前言

水土保持与荒漠化防治专业学生的实训锻炼和实践能力是培养应用型人才的关键环节。本教材秉承模块化知识体系的构建理念，将能力要素进行二次分解，采取案例嵌入式教学方式，形成指标—知识点—课程关系结构图。

本教材内容包括水力侵蚀区的室内侵蚀指标的测定、室内模拟侵蚀试验情景分析、野外模拟侵蚀试验情景分析、野外侵蚀定位观测试验4部分内容。教材主要特点：一是面向应用，构建了模块化知识体系；二是基于“双基双技”理念，形成了土壤水力侵蚀指标—知识点—课程关系结构图；三是按实验性质分类，紧密结合教学科研实际，内容具体、要求明确、利于操作、应用性强。

本教材由李强担任主编，负责全书编写和统稿；白芸、马春艳、喻恺阳、刘泉、张正、李桂芳、南维鸽参编，分别参与了第二篇和第三篇内容的整理和撰写。

《水土保持实验实训教程》教材适用于应用型本科院校水土保持与荒漠化防治专业、水文与水资源工程等专业的学生进行课程实践教学、教学实习、生产实习和毕业实习等，也可供相关专业学生和一线从业人员参考学习。教材涉及的图片仅为增强学生理解，相互之间不存在逻辑关系。在此，特别感谢图片提供者，最后限于我们的学识水平，书中疏漏之处在所难免，恳请各位同仁和读者批评指正。

编者  
2017年5月

# 目 录

## 前 言

|                        |      |
|------------------------|------|
| 第一篇 室内侵蚀指标的测定 .....    | (1)  |
| 实验一 地表粗糙度 .....        | (2)  |
| 实验二 土壤机械组成 .....       | (6)  |
| 实验三 土壤水稳性团聚体 .....     | (10) |
| 实验四 土壤渗透性 .....        | (15) |
| 实验五 土壤崩解速率 .....       | (19) |
| 实验六 土壤黏结力 .....        | (25) |
| 实验七 土壤可蚀性 .....        | (29) |
| 第二篇 室内模拟侵蚀试验情景分析 ..... | (33) |
| 实验一 雨滴中数直径观测 .....     | (34) |
| 实验二 雨滴击溅侵蚀实验 .....     | (38) |
| 实验三 模拟降雨实验 .....       | (43) |
| 实验四 模拟冲刷实验 .....       | (47) |
| 第三篇 野外模拟侵蚀试验情景分析 ..... | (53) |
| 实验一 野外模拟降雨 .....       | (54) |
| 实验二 野外模拟冲刷实验 .....     | (59) |
| 第四篇 野外侵蚀定位观测试验 .....   | (65) |
| 实验一 径流小区观测试验 .....     | (66) |
| 实验二 小流域观测试验 .....      | (71) |
| 实验三 水文站观测试验 .....      | (75) |
| 实验四 无人机遥感与水土保持 .....   | (78) |
| 参考文献 .....             | (86) |

## 第一篇

---

# 室内侵蚀指标的测定

## 实验一 地表粗糙度

### 【能力目标】

#### 1. 通用技能

##### (1) 生态学模块

利用生态学时空互代方法，掌握地表粗糙度典型样地和典型监测点的选择。

##### (2) 土壤学模块

深入理解土壤是由不同粒级颗粒组成，不规则的特征。

#### 2. 专业技能

学会使用地表糙度仪测定地表土壤粗糙度。

### 【能力要素】

(1) 野外典型地表粗糙度监测点的选择。

(2) 地表糙度仪的使用及注意事项。

(3) Profile meter 图片软件处理能力。

### 【知识要点】

#### 1. 基本概念

地表粗糙度是反映地表起伏变化与侵蚀程度的指标，一般定义为地表单元曲面面积与投影面积之比。

#### 2. 基本理论

(1) 地表粗糙度可分为随机糙度和人为糙度。通常有 2 种理解，一种是从空气动力学角度出发，因地表起伏不平或地物本身几何形状的影响，风速廓线上风速为零的位置并不在地表(高度为零处)，而在离地表一定高度处，这一高度则被定义为地表粗糙度。另一种主要是从地形学角度出发，将地面凹凸不平的程度定义为粗糙度，也称地表微地形。

(2) 地表粗糙度反映地表对风速减弱作用以及对风沙活动的影响，即粗糙度反映了地表抗风蚀的能力，提高地表粗糙度可以有效地防止风蚀的发生。

### 3. 知识点与课程的关系(图 1-1)

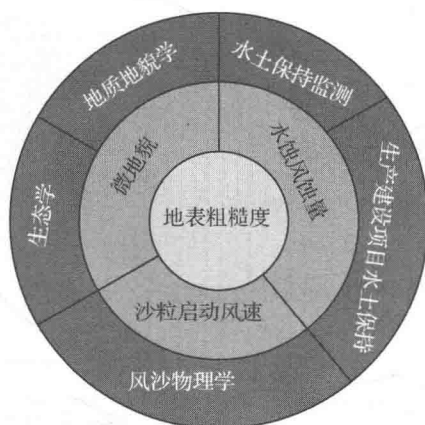


图 1-1 地表粗糙度指标—知识点—课程关系结构

### 【实操训练】

#### 1. 材料准备

##### (1) 仪器设备

糙度仪、照相机、电脑。

##### (2) 应用软件

Profile meter。

#### 2. 应用案例

##### (1) 案例名称

安塞坡耕地地表糙度年内变化。

##### (2) 案例来源

许明祥、刘国彬，等．黄土丘陵区小流域土壤特性时空动态变化研究，水土保持通报，2000，20(1)：21-23。

##### (3) 实操过程

步骤 1：检查地表糙度仪的完好情况，确保所有探针无弯曲现象，参考点清晰(图 1-2)。

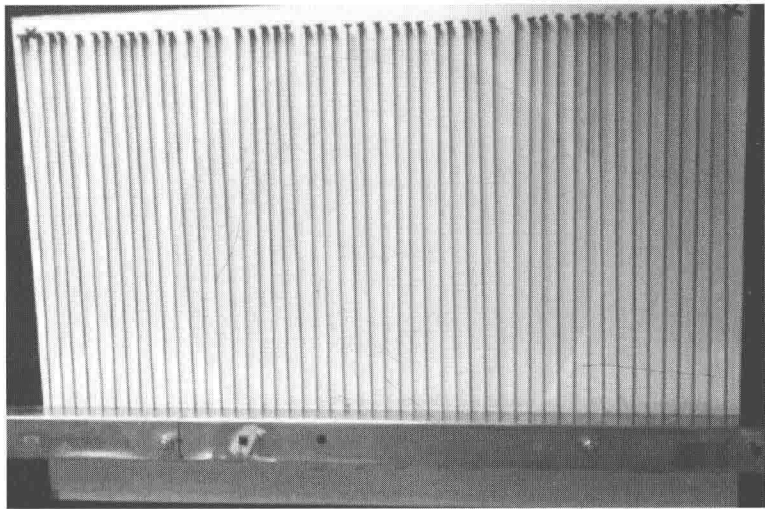


图 1-2 地表糙度仪探针示意

步骤 2：选定待测样地(点)，以左上角发亮白点为参照基准面，将探针垂直于待测地面，用高清相机进行拍照(图 1-3)。

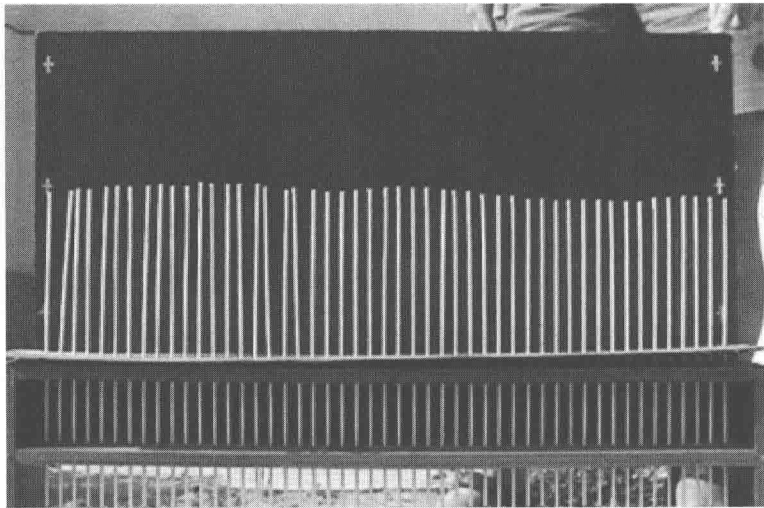


图 1-3 地表糙度仪参照基准面示意

步骤 3：以第一测点为中线，10~20 cm 间距分别向上、下、左、右加测 3 次，共计 13 个重复，形成横向地表糙度和纵向地表糙度，并按顺序编号 1, 2, …, 13(图 1-4)。

步骤 4：将拍摄好的图片上传，储存至电脑桌面位置。然后，双击电脑 Profile meter 图标，打开地表糙度应用程序，点击文件菜单下的“Point，即针”按钮，选定参照基准点，点击确定按钮，系统将会自动生成相关地表糙度数据(图 1-5)。

步骤 5：获取研究区地表糙度数据，取其平均值(表 1-1)。

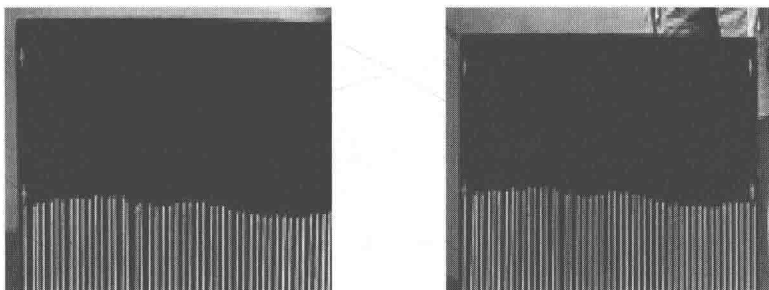


图 1-4 横向地表粗糙度和纵向地表粗糙度示意

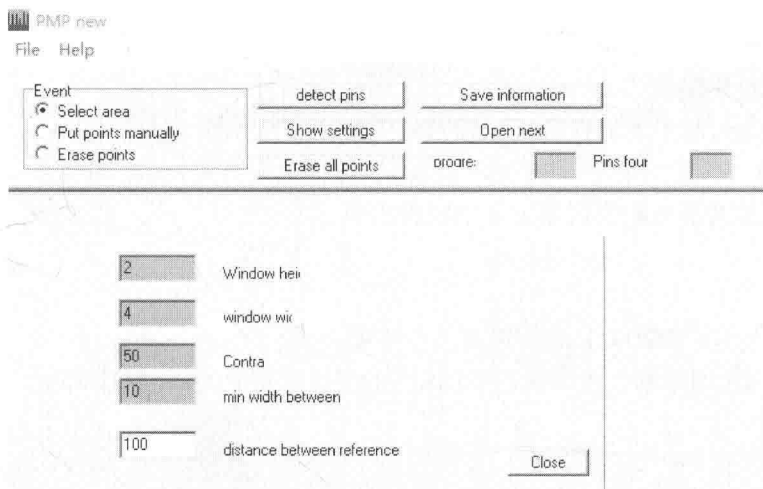


图 1-5 横向地表粗糙度和纵向地表粗糙度示意

表 1-1 安塞坡耕地地表粗糙度年内变化(2000 年)

| 测定时间 | 5 月 18 日 | 6 月 15 日 | 7 月 13 日 | 8 月 10 日 | 9 月 8 日 | 10 月 6 日 | 平均值  |
|------|----------|----------|----------|----------|---------|----------|------|
| 农地   | 1.58     | 1.46     | 1.33     | 1.35     | 1.62    | 1.40     | 1.40 |

### 【考核内容】

- (1) 榆林市榆阳区麻黄梁水蚀风蚀观测小区地表粗糙度的年内变化。
- (2) 榆林市牛家梁国家农业园区农地地表粗糙度测定试验。

## 实验二 土壤机械组成

### 【能力目标】

#### 1. 通用技能

##### (1) 土壤学模块

掌握土壤颗粒组成与土壤结构、土壤肥力及土壤生物学之间的关系。

##### (2) 水土保持学模块

了解水土流失过程中不同粒径土壤颗粒流失特征。

#### 2. 专业技能

学会使用马尔文激光粒度仪测定土壤颗粒组成。

### 【能力要素】

(1) 激光粒度仪( MS2000) 的使用及注意事项。

(2) 不同类型(国际制、美国制和中国制)土壤质地划分的依据和标准。

### 【知识要点】

#### 1. 基本概念

土壤是由大小不同的土粒按不同的比例组合而成的, 这些不同的粒级混合在一起表现出的土壤粗细状况, 称土壤机械组成。

#### 2. 基本理论

土壤机械组成是土壤稳定的自然属性之一, 土壤机械组成决定着土壤物理、化学和生物特性。机械组成分析的基础工作是测定土壤颗粒粒径, 不同土壤的机械组成在矿物上有显著差别, 其化学性质和其他各种性质也均不相同, 影响着土壤水分、空气和热量运动, 也影响养分的转化, 还影响土壤结构类型。土壤质地分类是以土壤中各粒级含量的相对百分比作为标准, 划分为砂土、壤土和黏土。土壤比表面积是单位质量土粒具有的表面积总和, 通常用来表示土壤的分散程度。

土壤比表面积(SSA, soil specific area)计算公式如下:

$$SSA = 0.05(Sa\%) + 4.0(Si\%) + 20(Cl\%) \quad (1-1)$$

式中 SSA——土壤比表面积( $\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ );

Sa——砂粒( $2\text{mm} \sim 50\mu\text{m}$ );

Si——粉粒( $50 \sim 2\mu\text{m}$ );

Cl——黏粒( $<2\mu\text{m}$ )。

## 3. 知识点与课程的关系(图 1-6)

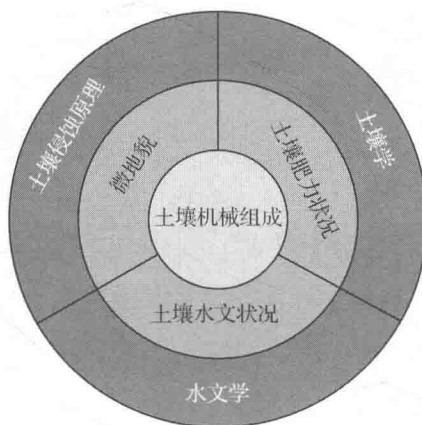


图 1-6 土壤机械组成指标—知识点—课程关系结构

## 【实操训练】

## 1. 材料准备

## (1) 仪器设备

激光粒度仪、土壤套筛、烧杯、玻璃棒。

## (2) 应用软件

Sizer Composition Analysis。

## 2. 应用案例

## (1) 案例名称

土壤侵蚀对坡耕地土壤颗粒组成的影响。

## (2) 案例来源

李强, 许明祥, 赵允格, 等. 黄土高原坡耕地沟蚀土壤质量评价研究. 自然资源学报, 2012, 27(6): 1001 - 1011。

## (3) 实操过程

步骤 1: 野外采集土壤样品, 风干后, 过 1mm 孔径的筛子(图 1-7)。

步骤 2: 称 10 g 土放至烧杯中, 加入 25 mL 蒸馏水, 形成 1:2.5 水土比的土壤溶液, 再用玻璃棒充分搅拌后静置 48 h(图 1-8)。

步骤 3: 将静置好的待测土样轻轻地放置在激光粒度仪的进样室, 上机测定, 连接电脑, 打开电脑上 Sizer composition analysis 软件, 获取土壤颗粒组成数据(图 1-9)。

步骤 4: 将测定完成后的原始数据导出电脑(图 1-10), 根据土壤质地划分标准的美国制标准(黏粒  $< 2 \mu\text{m}$ 、粉粒  $2 \sim 50 \mu\text{m}$ 、砂粒  $> 50 \mu\text{m}$ ), 分析并计算土壤黏粒、土壤粉粒和土壤砂粒含量, 进一步探明侵蚀对坡耕地土壤颗粒组成的影响(表 1-2)。

步骤 5: 侵蚀对坡耕地土壤颗粒组成的影响结果见表 1-2。

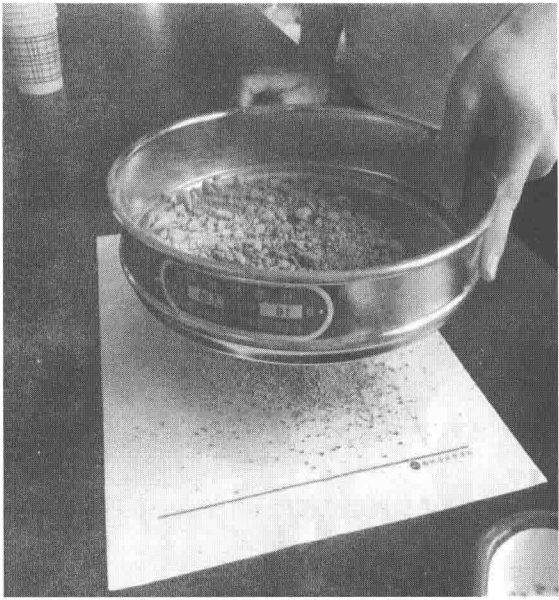


图 1-7 土壤过 1mm 土筛示意

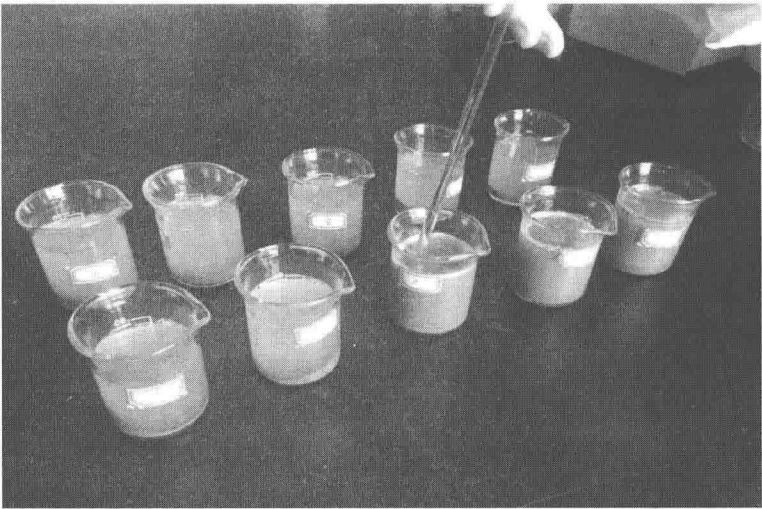


图 1-8 土壤溶液配制示意

表 1-2 侵蚀对坡耕地土壤颗粒组成的影响 %

| 土壤指标 | 样本数 | 最大值   | 最小值   | 平均值   | 标准差  | 变异系数  |
|------|-----|-------|-------|-------|------|-------|
| 黏粒含量 | 64  | 12.57 | 5.25  | 7.92  | 2.14 | 26.96 |
| 砂粒含量 | 64  | 39.14 | 24.24 | 34.17 | 4.50 | 13.16 |
| 粉粒含量 | 64  | 63.19 | 53.45 | 57.67 | 3.49 | 6.05  |

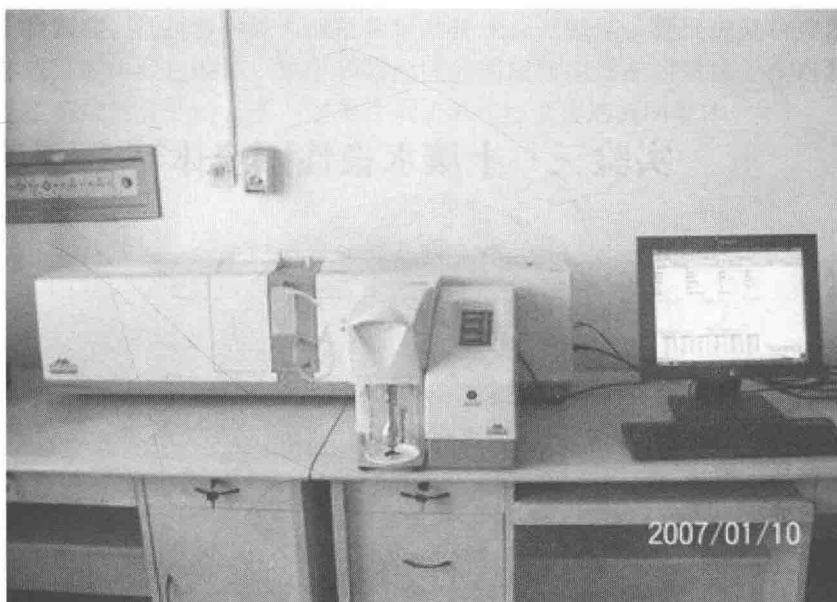


图 1-9 土壤机械组成测定示意

[illegible]

图 1-10 系统自动生成的原始数据示意

### 【考核内容】

- (1) 某一农地土壤黏粒、粉粒和砂粒含量的测定?
- (2) 如何获取某一农地土壤比表面积数据?

## 实验三 土壤水稳性团聚体

### 【能力目标】

#### 1. 通用技能

##### (1) 土壤学模块

深入了解土壤团聚体与土壤结构、组成和土壤肥力特征间的关系。

##### (2) 水土保持学模块

掌握土壤团聚体与土壤颗粒流失特征间的关系。

#### 2. 专业技能

学会利用团聚体分析仪测定并获取土壤水稳性团聚体数据。

### 【能力要素】

(1) 野外土壤团聚体样品的采集。

(2) 团聚体分析仪的使用及注意事项。

(3) 掌握土壤团聚体含量的计算依据和标准。

### 【知识要点】

#### 1. 基本概念

(1) 土壤团聚体指土粒通过各种自然过程的作用而形成的直径  $< 10\text{mm}$  的结构单位。

(2) 大团聚体：直径  $> 0.25\text{mm}$  的团聚状结构单位。

(3) 微团聚体：直径  $< 0.25\text{mm}$  的团聚状结构单位。

(4) 稳定性团聚体：抗外力分散的土壤团聚体。

(5) 水稳性团聚体：抗水力分散的土壤团聚体。

(6) 非稳定性团聚体：外力易分散的土壤团聚体。

(7) 团聚体平均质量直径(MMD)和几何平均直径(GMD)的计算采用下列公式计算。

$$MWD = \sum_{i=1}^n (\bar{R}_i w_i) / \sum_{i=1}^n w_i \quad (1-2)$$

$$GMD = \text{Exp} \left[ \sum_{i=1}^n w_i \ln \bar{R}_i / \sum_{i=1}^n w_i \right] \quad (1-3)$$

式中  $\bar{R}_i$ ——某级团聚体的平均直径(mm)；

$w_i$ ——该级别团聚体占土壤样品总量的质量百分含量。

#### 2. 基本理论

土壤团聚体形成的过程是一个渐进的过程。大体上可分为2个阶段。第一阶段是矿物质

和次生黏土矿物颗粒,通过各种外力或植物根系挤压相互默结,凝聚成复粒或团聚体;第二阶段是团聚体或复粒再经过胶结、根毛和菌丝体的固定作用形成团聚体。在自然界中实际上这两种作用是很难截然分开的,在一定条件下,单粒可直接形成团聚体。

### 3. 知识点与课程的关系(图 1-11)

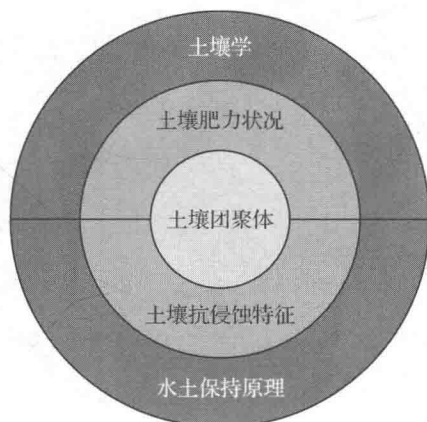


图 1-11 水稳性团聚体指标—知识点—课程关系结构

## 【实操训练】

### 1. 材料准备

仪器设备包括团聚体分析仪、沙浴(或烘箱)、天平、原状土样等。

### 2. 测定方法

沙维诺夫湿筛法。

### 3. 应用案例

#### (1) 案例名称

施肥对坡耕地土壤团聚体的影响。

#### (2) 案例来源

李强,许明祥,齐志军,等.长期施用化肥对黄土丘陵区坡耕地土壤物理性质的影响.植物营养与肥料学报,2010,16(16):103-109。

#### (3) 实操过程

步骤1:根据实验目的,选择好土壤水稳性团聚体采样的样地,用白铁饭盒采集土壤表层0~20 cm的原状土样样品,用胶带轻轻包装好,带回实验室(图1-12)。

步骤2:在实验室沿土壤自然结构轻轻剥开,将原状土剥成直径为10~12 mm的小土块,并剔除粗根和小石块。然后,将土壤样品平摊在通风透气处,使其自然风干(图1-13)。

步骤3:检查土壤团聚体分析仪的完好情况,包括套筛(筛径从大到小分别是5 mm、2 mm、1 mm、0.5 mm和0.25 mm)、水盘等(图1-14)。

步骤4:称量原状土样50 g两份,分别轻轻移至垫有滤纸带孔的培养皿,然后将带土培养皿放置浅层(约0.5 cm)水盘中,自下而上浸润土壤30 min(图1-15)。

步骤5:以对角线上的套筛土壤样品为重复,将浸润好的土壤缓缓移至装好水的套筛桶