

高等学校试用教材

# 土壤地理学

北京师范大学 李天杰  
吉林师范大学 郑应顺 编  
上海师范大学 王 云

人民教育出版社

高等学校试用教材

# 土壤地理学

北京师范大学 李天杰  
吉林师范大学 郑应顺 编  
上海师范大学 王 云

人民教育出版社

## 内 容 提 要

本书共分七章。主要内容是力图从土壤生态系统的观点讲述了土壤的组成、结构与功能;土壤和土被结构的形成和分类;土壤的地理分布规律和土壤区划问题;以及主要的地带性土壤和非地带性土壤。并理论联系实际讲述了土壤资源的合理利用及其改良问题。

本书主要做高等师范院校地理系专业基础课程的试用教材,也可供其它高等院校地理系、土壤农化专业及有关科技工作者参考。

高等学校试用教材

## 土 壤 地 理 学

北京师范大学 李天杰

吉林师范大学 郑应顺 编

上海师范大学 王 云

\*

人民教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

北 京 印 刷 一 厂 印 装

\*

开本 787×1092 1/16 印张 19.75 字数 450,000

1979年9月第1版 1980年3月第1次印刷

印数 00,001—5,400

书号 12012·015 定价 1.45 元

# 目 录

## 绪 论

|                       |   |                         |   |
|-----------------------|---|-------------------------|---|
| 一、土壤是一个独立的历史自然体.....  | 1 | 四、土壤地理学的研究对象、内容和方法..... | 4 |
| 二、土壤在地理环境中的地位和作用..... | 2 | 五、土壤地理学发展简史.....        | 7 |
| 三、土壤和人类.....          | 3 |                         |   |

## 第一章 土壤的组成物质和能量

|                        |    |                         |    |
|------------------------|----|-------------------------|----|
| 第一节 土壤矿物质.....         | 10 | 三、土壤水分的保持和分类.....       | 35 |
| 一、土壤矿物质的迁移转化过程.....    | 10 | 四、土壤水运动.....            | 36 |
| 二、矿物质的机械组成.....        | 17 | 五、土壤水分的有效性.....         | 38 |
| 第二节 土壤有机质.....         | 21 | 六、土壤水分状况类型.....         | 41 |
| 一、非特殊性土壤有机质的来源和组成..... | 21 | 第四节 土壤空气.....           | 42 |
| 二、土壤有机质的转化.....        | 21 | 一、土壤空气的来源和组成.....       | 42 |
| 三、土壤腐殖质的组成和性质.....     | 29 | 二、土壤的气体运动和性质.....       | 42 |
| 四、土壤有机质转化的条件和标志.....   | 30 | 第五节 土壤的热状况.....         | 46 |
| 第三节 土壤水.....           | 32 | 一、土壤能量转换的物理过程.....      | 46 |
| 一、土壤水分的能量概念.....       | 32 | 二、土壤能量转换的化学过程和生物过程..... | 49 |
| 二、土壤水分的渗吸过程.....       | 34 |                         |    |

## 第二章 土壤组成成分间的作用及其性质

|                          |    |                      |    |
|--------------------------|----|----------------------|----|
| 第一节 土壤吸收性复合体和离子交换作用..... | 51 | 第三节 土壤结构.....        | 64 |
| 一、土壤有机-无机复合体的形成.....     | 51 | 一、土壤结构的形成过程.....     | 64 |
| 二、土壤的离子交换作用.....         | 51 | 二、影响土壤团聚体形成的因素.....  | 66 |
| 三、土壤胶体的分散(或胶溶)和凝聚.....   | 56 | 三、土壤结构质量的指标.....     | 66 |
| 第二节 土壤溶液.....            | 56 | 四、改良土壤结构的途径和措施.....  | 68 |
| 一、土壤溶液的形成与物质组成.....      | 57 | 第四节 土壤肥力及其调节与控制..... | 68 |
| 二、土壤的酸碱中和作用和缓冲作用.....    | 57 | 一、土壤肥力的系统分析.....     | 68 |
| 三、土壤的氧化还原作用.....         | 60 | 二、土壤肥力的调节与控制.....    | 72 |
| 四、溶液中有效养分的迁移转化.....      | 62 |                      |    |

## 第三章 土壤形成和分类

|                            |    |                    |     |
|----------------------------|----|--------------------|-----|
| 第一节 土壤形成因素.....            | 75 | 四、土壤的熟化过程.....     | 96  |
| 一、土壤形成因素学说及其发展现状.....      | 75 | 五、土体的分异过程.....     | 97  |
| 二、五大自然成土因素在土壤形成过程中的作用..... | 77 | 六、土壤的发育.....       | 99  |
| 三、人类活动在土壤形成中的作用.....       | 89 | 第三节 土壤分类.....      | 101 |
| 四、成土因素的相关性和本质上的差异性.....    | 89 | 一、土壤分类的目的和意义.....  | 101 |
| 第二节 土壤形成过程.....            | 90 | 二、我国的土壤分类.....     | 101 |
| 一、土壤形成过程的一般概念.....         | 90 | 三、国外土壤分类现状简介.....  | 107 |
| 二、土壤形成中的基本矛盾.....          | 91 | 四、土壤分类研究工作的展望..... | 115 |
| 三、土壤形成中的主要成土过程.....        | 93 |                    |     |

## 第四章 地带性土壤

|                      |     |                         |     |
|----------------------|-----|-------------------------|-----|
| 第一节 苔原土壤.....        | 116 | 二、冰沼土的形成特点、基本性状和分类..... | 116 |
| 一、冰沼土的地理分布和形成条件..... | 116 | 三、冰沼土的改良利用.....         | 117 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 第二节 森林土壤 .....         | 117 |
| 一、灰化土 .....            | 118 |
| 二、暗棕壤和灰色森林土 .....      | 123 |
| 三、棕壤和褐土 .....          | 128 |
| 四、黄棕壤、红壤和黄壤 .....      | 133 |
| 五、砖红壤性红壤、砖红壤和燥红土 ..... | 142 |
| 第三节 草原土壤 .....         | 150 |
| 一、黑土 .....             | 151 |
| 二、黑钙土 .....            | 157 |

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 三、栗钙土 .....        | 161 |
| 四、棕钙土和灰钙土 .....    | 164 |
| 五、黑垆土 .....        | 171 |
| 第四节 荒漠土壤 .....     | 176 |
| 一、灰棕漠土 .....       | 177 |
| 二、棕漠土 .....        | 180 |
| 三、灰漠土 .....        | 182 |
| 四、荒漠土壤的利用和改良 ..... | 183 |

## 第五章 非地带性土壤

|                |     |
|----------------|-----|
| 第一节 水成土壤 ..... | 186 |
| 一、沼泽土 .....    | 187 |
| 二、草甸土 .....    | 191 |
| 三、白浆土 .....    | 195 |
| 第二节 盐成土壤 ..... | 200 |
| 一、盐土 .....     | 200 |
| 二、碱土 .....     | 209 |
| 第三节 岩成土壤 ..... | 216 |
| 一、磷质石灰土 .....  | 216 |
| 二、石灰(岩)土 ..... | 218 |
| 三、紫色土 .....    | 221 |
| 四、风沙土 .....    | 223 |

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 第四节 高山土壤 .....      | 227 |
| 一、高山草甸土(草毡土) .....  | 228 |
| 二、亚高山草甸土(黑毡土) ..... | 229 |
| 三、高山草原土(莎嘎土) .....  | 230 |
| 四、亚高山草原土(巴嘎土) ..... | 231 |
| 五、高山漠土 .....        | 232 |
| 六、高山寒漠土 .....       | 233 |
| 第五节 水稻土 .....       | 234 |
| 一、水稻土的分布和成土条件 ..... | 234 |
| 二、水稻土的形成过程 .....    | 235 |
| 三、水稻土的分类和性状特征 ..... | 239 |
| 四、水稻土的利用和改良 .....   | 241 |

## 第六章 土壤分布、土被结构与土壤区划

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 第一节 土壤分布 .....         | 243 |
| 一、土壤的地带性规律 .....       | 243 |
| 二、土壤的水平分布规律 .....      | 245 |
| 三、土壤的垂直分布规律 .....      | 248 |
| 四、土壤的垂直-水平复合分布规律 ..... | 253 |
| 五、土壤的地方性分布规律 .....     | 253 |
| 六、耕作土壤的分布规律 .....      | 255 |
| 第二节 土被结构 .....         | 256 |
| 一、单元土区的概念及其特性 .....    | 256 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 二、土被结构的概念及其基本类型 .....  | 258 |
| 三、土被结构特性的解剖 .....      | 261 |
| 四、土被结构在科学与生产上的意义 ..... | 265 |
| 第三节 土壤区划 .....         | 269 |
| 一、土壤区划的意义 .....        | 269 |
| 二、土壤区划的原则 .....        | 269 |
| 三、土壤区划的单位与划分依据 .....   | 269 |
| 四、土壤区划的基本内容和方法 .....   | 273 |

## 第七章 土壤资源的合理开发、利用和保护

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 第一节 土壤资源评价 .....       | 275 |
| 一、土壤资源评价的依据和原则 .....   | 276 |
| 二、土壤资源评价的方法 .....      | 277 |
| 第二节 土壤资源的合理利用和改造 ..... | 285 |
| 一、高产稳产土壤的肥力特征 .....    | 285 |
| 二、合理利用和改造土壤的基本原则 ..... | 288 |
| 第三节 土壤侵蚀与防治 .....      | 290 |
| 一、土壤侵蚀的危害 .....        | 291 |
| 二、土壤侵蚀的类型 .....        | 291 |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 三、影响土壤侵蚀的因素 .....        | 293 |
| 四、土壤侵蚀的防治 .....          | 296 |
| 第四节 土壤污染与防治 .....        | 299 |
| 一、土壤污染的危害 .....          | 299 |
| 二、土壤污染与土壤净化 .....        | 299 |
| 三、土壤污染物质的来源 .....        | 301 |
| 四、主要污染物质在土壤中的迁移和转化 ..... | 302 |
| 五、土壤污染的防治 .....          | 307 |
| 六、土壤环境质量的评价和预测预控 .....   | 308 |

|              |     |
|--------------|-----|
| 主要参考书目 ..... | 311 |
|--------------|-----|

|           |     |
|-----------|-----|
| 编后记 ..... | 312 |
|-----------|-----|

# 绪 论

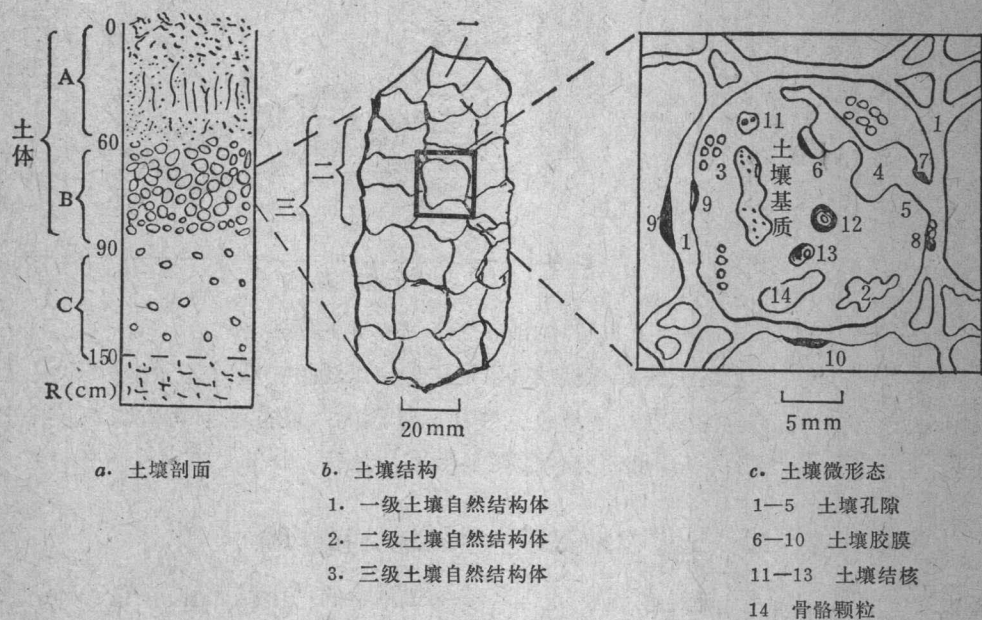
## 一、土壤是一个独立的历史自然体

土壤是指位于地球陆地表面、具有一定肥力而能够生长植物的疏松层,其厚度一般为1至2米。它是一个独立的历史自然体,不仅具有自己发生发展的历史,而且是一个从形态、物质组成、结构和功能上可以剖析的物质实体。

### (一) 土壤形态特征

在田野,从地面向下成垂直方向挖一断面,其深度可到基岩或沉积物层,这一断面称之为土壤剖面。土壤剖面一般或多或少地表现出水平层次的现象,这些层次是在土壤发育过程中形成的,所以称为土壤发生层,简称土层。

不同的土层,具有明显不同的宏观形态特征(如颜色、质地、结构等)和微观形态特征(如土壤孔隙、胶膜、结核等构造情况),见图绪-1。



图绪-1 土壤剖面形态特征示意图

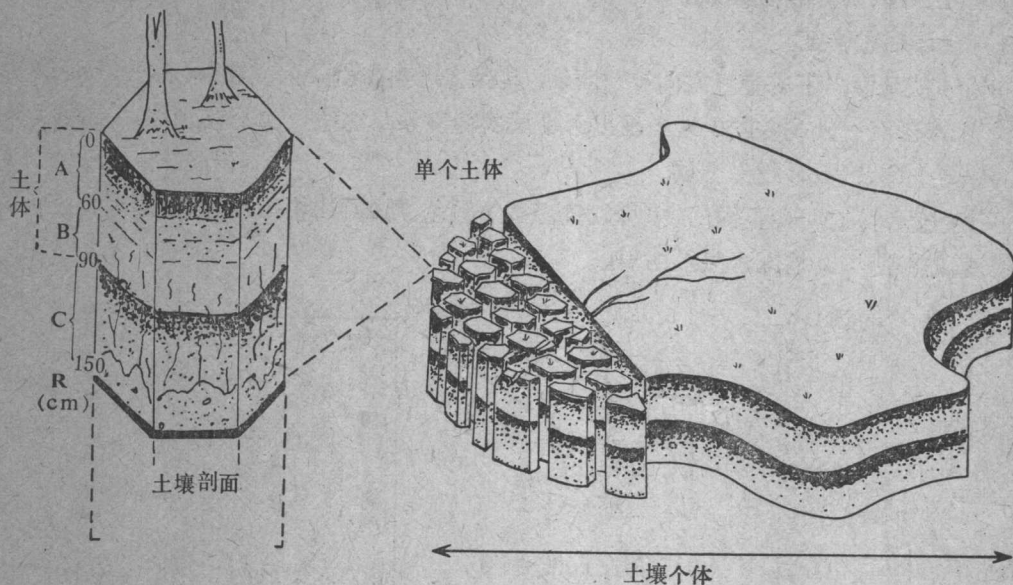
土壤发生层的数目、排列组合型式和厚度,统称为土体构型(或层次构型)。土体构型是土壤剖面的最重要特征。依据土壤剖面中物质累积、迁移和转化的特点,可以划分出三个最基本的发生层次,即A、B、C层。各层次主要有如下特征:

土壤剖面的表土层(A层),是有机质的积聚层。其下层是淋溶物质的淀积层或聚积层(B层),淀积的物质主要有氧化铁、氧化铝、腐殖质、粘粒、石膏和碳酸钙等。A层和B层合称土体。

土体的下部则过渡到轻微风化的基岩或地质沉积物层,土壤学称之为母岩层(R层)或母质层(C层)(图绪-1a)。土壤剖面的发生层之间常呈现过渡状态,变化不太明显。但是,对某一类土壤来说,它具有特定相应的典型土壤层次构型。

## (二) 单个土体(pedon)和土壤个体(polypedon)

一个独立的土壤个体(即土壤类型的基层单位)可剖析为许多单个土体(图绪-2)。可以认为土壤个体是许多单个土体的集合体,所以也称为聚合土体。单个土体的一个垂直面即是上述的土壤剖面。因此,单个土体是土壤剖面概念的立体化,也是土壤类型基层单元的最小体积单位。单个土体的形状大致为六面柱状体。根据土壤剖面变异程度,单个土体的水平面积,一般为1—10平方米。



图绪-2 土壤剖面、单个土体与土壤个体示意图

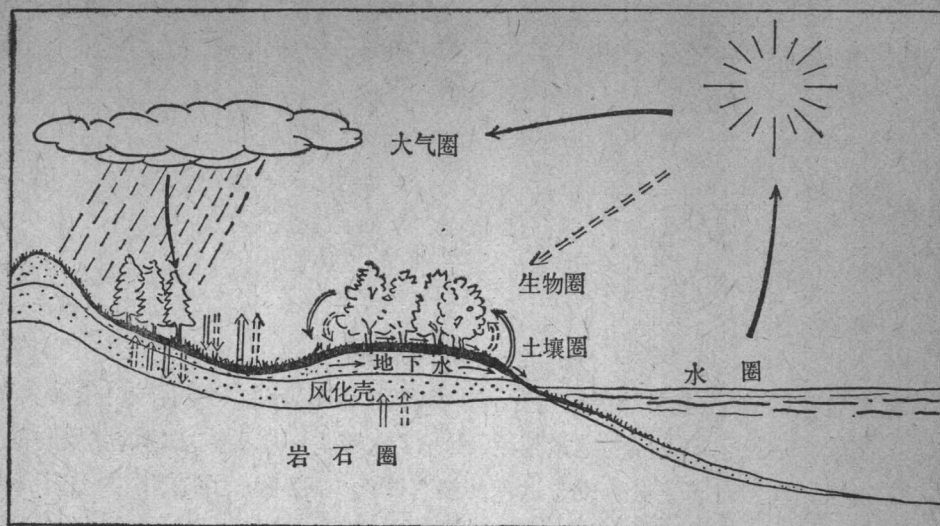
土壤个体周围是与其它土壤个体相邻接的,这可根据土壤剖面的厚度、土体构型以及土壤特性等的差异进行区分。但它们的变异是连续性的和逐渐过渡的,往往难于确切地划定其分布的界限。显然,土壤个体是我们从事土壤研究的最重要的基层单位。

## 二、土壤在地理环境中的地位和作用

土壤既是一个独立的历史自然体,也是地理环境统一体中的一个组成要素,它以不完全连续的状态存在于陆地表面,可称为土壤圈或“土被”。从土壤在地理环境中所占据的空间位置看,它正处于岩石圈、水圈、大气圈和生物圈相互紧密交接的地带,是连接各自然地理要素的枢纽,是结合无机自然界和有机自然界的中心环节(图绪-3)。

从系统论的观点看,地理环境是一个复杂的开放系统,而土壤则是这个地理环境系统中的一个组成成分或子系统。在各个子系统之间,则存在着物质与能量、信息流等的交换。譬如,物质与能量由其它自然地理要素不断向土壤输入,必然引起土壤存在状态的变化;反之,物质与能量

由土壤向地理环境输出,也必然会引起地理环境的变化。土壤与地理环境之间就是这样在发生、发展上相互联系和相互作用的。也就是说,一方面土壤是各自然地理要素以及时间因素综合作用的产物;另一方面,土壤的发生发展,反过来又对地理环境的发展起推动作用。



图绪-3 土壤在地理环境中的地位示意图

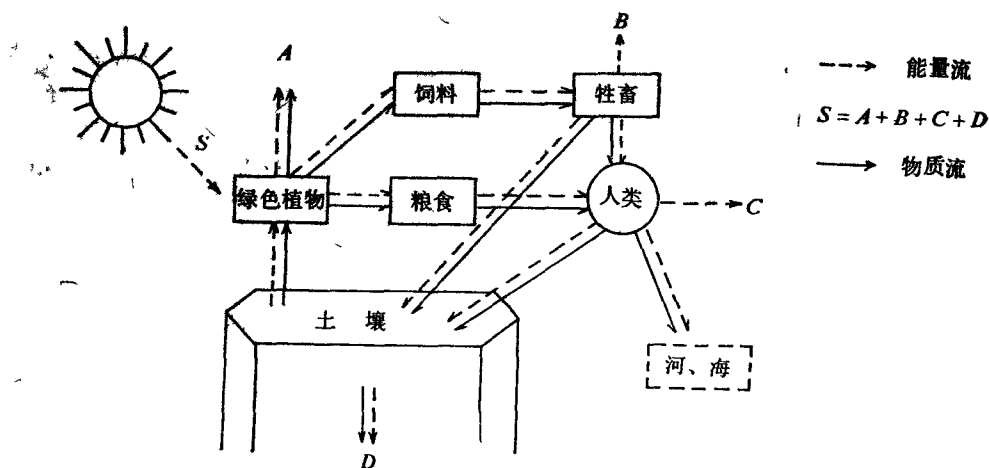
如今,不少土壤学者都从生态系统观点研究土壤。随着这一研究工作的深入开展,一定会使我们对土壤和其它环境要素间的对立统一关系的研究更趋向深化和计量化。

### 三、土壤和人类

土壤和人类的关系十分密切,土壤是人类赖以生存的物质基础。因为土壤的本质属性是具有肥力。所谓土壤肥力,是指土壤为植物生长供应和协调营养因素(水分和养料)以及协调环境条件(温度和空气)的能力。虽然植物生长所必须的基本因素即日光(光能)和热量(热能)主要来自太阳,空气(主要为氧和二氧化碳)取自大气,而水分和养料却主要是通过根系取之于土壤。植物之所以能立足于自然界中,经受风雨而不倾倒,也是由于其根系伸展在土壤之中,并从中获得土壤机械支持的缘故。

农业生产包括植物生产(种植业)和动物生产(饲养业)两大基本部分。其中首先是发展绿色植物生产,而土壤是植物生产的基本生产资料,是植物生产的基础。同时,土壤也是动物生产的基础。任何饲养业的发展,最终都不能不以植物作为饲料,因为动物只能利用绿色植物生产的有机质中的化学潜能和营养物质来维持其生命活动(图绪-4)。常言说:“万物土中生”,就是这个道理。

为了发展农业生产,人们十分重视土壤资源的开发、利用和改良,如开垦荒原、平整土地、耕作、施肥、灌溉排水等。于是作为历史自然体的土壤便在人类活动的影响下,逐渐向耕种化的土壤方向演进,最终成了劳动的产物。一般说开垦前,土壤是在自然因素综合作用下形成的,统称为



图绪-4 土壤与人类的关系示意图

**自然土壤。**在开垦利用后,土壤虽然仍受自然因素的作用,但同时也承受着较自然因素更强有力的人为因素的作用。它改变了土壤的生态系统,改变了土壤与环境要素之间的物质与能量交换,因而,它不仅改变了自然因素及自然成土过程的组合比例和强度,并直接参与了成土过程(图绪-4),使土壤发育进入了一个新阶段,形成了耕种土壤。当利用合理时,会使土壤肥力不断提高,反之,则会引起土壤的退化,如土壤沙化、土壤次生盐渍化等。

此外,由于人类现代工业生产所排出的废气、废水等,对环境生态系统也日益产生深刻的影响,使土壤受到污染。因此,防治土壤污染不仅是新兴的环境科学,也是土壤科学研究的一个新的重要课题。显然,随着社会生产力的发展,人类活动对土壤的影响,必将日益广泛和深化,而优越的社会主义制度,可为合理开发利用和保护土壤资源,提供了更为有利的条件。

#### 四、土壤地理学的研究对象、内容和方法

##### (一) 土壤地理学的研究对象

科学研究的区分,就是根据科学对象所具有的特殊矛盾性。因此,对于某一现象的领域所特有的某一种矛盾的研究,就构成某一门科学的对象。

从土壤作为一个独立的自然体来说,土壤各物质组成和各个层次之间的物质与能量的交换,它们之间的相互联系、相互作用和相互转化是推动土壤发生和发展的内因。各地理环境因素与土壤之间的物质与能量的交换,是推动土壤发生发展的外因。外因通过内因起作用。这也就意味着环境对土壤的作用,是在土壤内部物质与能量迁移和转化的基础上进行的,物质与能量由外部环境输入,然后经土壤内部的迁移转化再向环境输出。土壤与环境之间这种既相互对立,又相互依存、相互作用和相互转化的对立统一关系,决定着土壤发生发展和分布规律。

土壤地理学是以土壤与地理环境这对矛盾作为研究对象的,它是研究土壤的发生、发展、分异和分布规律,进而为调控、改造和利用土壤资源提供科学依据的科学,是自然地理学与土壤学之间的边缘科学,也是一门综合性和生产性很强的科学。它的主要研究任务包括以下几方面:

### 1. 关于土壤与其环境间的物质和能量交换过程的研究

这主要是研究土壤内部各组成成分, 层次结构, 以及它与外界环境之间的物质与能量交换的过程。譬如, 营养物质的交换、气体交换、水分交换、热量交换等。通过这些研究, 更具体地说明土壤与环境间的联系, 从而对土壤的形成、分布和分类等基础理论获得更明确的认识。同时, 在此基础上, 对于掌握土壤在空间和时间上的演变规律, 指导土壤调查制图工作, 拟定土壤改良利用规划和拟定控制和调节交换过程的措施提供科学依据。

### 2. 关于开展土被结构方面的研究

土壤地理学过去比较着重于土壤个体的演化、分类和分布规律的研究, 这是很必要的。但是对于土被的发生, 演替, 结构和分类的系统研究, 基本上还没有很好地开展, 这是一个很大的缺陷。

土被与环境条件存在辩证的发生关系, 特别应结合气候的变化、植被的演替和地貌的发育来研究土被的发生和演替。

为了进行土被结构的分析研究, 首先, 必须开展土壤发生系列的研究, 如土壤的演化系列、土被的演替系列、起因于生物气候条件的地带性发生系列和起因于地质地貌条件的非地带性发生系列等。根据这些发生系列来确定各级土被的发生结构单位, 并分析它们的组成成分和排布型式。然后, 在此基础上进行各级土被结构单位的发生分类。

开展土被结构的研究, 将会更清楚地发现土壤在空间上的分布规律和它们之间的共轭关系, 为土壤和自然地理区划, 自然地理景观以及土地资源评价、土地利用和研究, 提供更确切的依据。所以, 开展土被结构方面的研究具有很大的理论和实践意义。

### 3. 关于土壤调查、制图和土壤资源的数量统计与质量评价方面的研究

土壤调查与制图是土壤地理学最基本的研究内容和方法之一。在土壤调查与制图的基础上, 要进行土壤资源的数量统计和质量评价, 为土壤资源的合理利用、综合配置、全面规划、保证农林牧各业的均衡发展提供可靠的依据。土壤资源评价包括农林牧综合评价, 农用、林用、牧用土壤资源评价, 荒地、宜垦土壤评价等等。因此, 土壤资源评价是我们今后应当开展和重视的土壤地理学基础研究工作之一。

### 4. 关于开展人类生产活动对土壤和土被作用的研究

随着生产关系的改变和生产力的发展, 人类生产活动对土壤和土被影响的规模和程度均日益增加, 自然土壤愈来愈多地被人类开垦和利用。扩大耕地面积和提高单位面积产量是发展农业生产的两个途径。但耕地面积的扩大毕竟是有限制的, 而单位面积的产量却是可以随着生产力的发展和生产关系的改进而继续提高的。从科学实验与生产实践看, 我们不仅要重视自然成土因素的研究, 而且也必须强调社会成土因素的研究, 耕种土壤和自然土壤处于不同的条件, 在人类生产活动作用下, 土壤内、外因之间的矛盾及其所规定的土壤与环境间所进行的物质和能量的交换过程是不同的。因而, 我们掌握的关于自然土壤的知识并不完全适用于耕种土壤的需要。在耕种土壤地区开展土壤地理的研究工作, 不仅需要进行一般的环境因素与土壤关系的考察工作, 而且还要结合主要农业技术措施和生产过程对土壤的影响进行系统的田间观察和科学实验

工作。只有如此,才能全面了解土壤和土被的演替过程及其特性。

#### 5. 关于开展土壤保护方面的研究

土壤是宝贵的自然资源,如何合理开发利用,以保护这一宝贵资源免受污染和破坏,也是土壤地理学研究的重要内容。

1) 土壤污染的防治:土壤污染是在现代化工农业的迅速发展而又未采取相应的防治措施的情况下出现的一个新问题。土壤污染的研究内容,主要包括土壤污染的途径、污染物质在土壤中的迁移转化规律以及防治土壤污染的途径和措施。

2) 土壤侵蚀和水土保持:土壤侵蚀与自然侵蚀(或地质侵蚀)不同,土壤侵蚀虽和环境条件及土壤性质密切相关,但更重要的是开垦利用不当所引起的土壤上部土层遭受侵蚀的过程。这也是一项广泛的具有实际意义的研究工作。

### (二) 土壤地理学的研究方法

土壤地理学的研究,毫无疑问,首先需要用辩证唯物主义观点作为指导思想,继承并发扬本学科传统的地理比较法和相关分析法。但是我们更需要吸取现代科学技术的新成就,以提高和发展土壤地理学。

#### 1. 土壤野外调查研究方法

是通过在野外对成土因素、土壤剖面的实际观察研究和收集有关本地区的自然地理与农业生产的问题以及群众辨土、土宜、改土、用土的经验等资料,运用地理比较法以及相关分析法,从宏观方面对土壤的形成、分类和地理分布规律进行分析研究,最后绘制出土壤图,并采集土壤标本。

挖掘和观察描述土壤剖面虽然是由来已久的传统的研究方法,但到目前为止,仍然是我们获得土壤第一手资料的必不可少的手段。在多数场合下,传统的野外调查和制图仍然是土壤地理研究的基本方法。

#### 2. 定位或半定位的动态观测研究方法

定位或半定位观测,可以取得连续性的资料,有利于定性定量地研究土壤的动态过程。

#### 3. 室内分析研究方法

在化验室内进行的土壤物理、化学、生物、微形态性质的化验鉴定分析,定性定量地测定土壤的物理组成和理化性质、微生物区系和数量的鉴定,原状土样微形态的观察鉴定,可为研究土壤的形成、分类及其合理利用提供必要的基本数据。这是土壤地理研究中不能缺少的重要环节。

#### 4. 历史发生研究法

土壤作为一个独立的历史自然体,有它发生发展的历史过程,往往具有一定的继承性和迭加性。

随着地理环境的变化,如气候的变化,新构造运动引起的地质地貌条件的变化,和由此发生的水文、母质侵蚀和堆积过程的变化以及人类对土壤的开垦利用等,都会引起土壤发育的历史演变。表征这一历史演变痕迹的是大量古土壤(如古砖红壤、古褐土、古棕壤……)、土壤残遗特征,以及埋藏土壤的存在。我们可利用古地理研究的一些方法(如孢子花粉,同位素  $C^{14}$  等),对这些古

土壤、土壤残遗特征、埋藏土壤进行研究,以确定土壤发育的绝对年令和相对年令。通过这些会使我们了解土壤发育的历史,从而更加深刻地认识现代土壤的发展过程。

#### 5. 数理统计研究法

由于土壤是一个复杂系统,土壤过程又具有继承性和迭加性,土壤性质也是多样的(包括物理、化学、生物学性质),其形态特征也各不相同,因而对土壤的观测数据也是多指标、多变量的。以至一般用简单的数学方法已无法处理分析这些土壤数据。现在已逐步应用多元数理统计(如回归分析、判别分析、因子分析等方法)来分析研究环境条件和土壤、土壤性态、土壤类型间的内在联系,特别是定量关系等。

### 五、土壤地理学发展简史

土壤地理学的发展如同其它学科一样,经历了由简单到复杂、由片面到全面、由定性到量化的历史过程。

土壤地理的最早期著作,当属公元前四世纪前后我国《尚书·禹贡篇》一书。它对当时我国各地区土壤的地理分布、特征、分类和肥力等级都有较系统的叙述和记载。可以认为,它是世界上第一部土壤地理的杰作。稍后的早期著作如《管子·地员篇》、《齐民要术》等,也都记述了不少有关土壤地理的知识,同时提出不同土壤所宜种的作物,即所谓“土宜”概念。这是如何合理利用土壤的最早记载。这些宝贵的历史遗产,迄今还很值得我们参考和借鉴。

十八、十九世纪,随着欧洲资本主义的发展,基础自然科学发展到了一定程度,并在此基础上使自然科学的发展有了新的突破。土壤地理学和其它自然科学一样,也有了新的发展。由于社会历史发展的背景和科学实践的不同,在近代土壤地理学发展史上形成了几个不同观点的学派。

最初,有人只是把土壤的形成,当作一个纯化学过程来研究,如西欧的农业化学土壤学派,其创始人是德国著名化学家李比希(J. F. Liebig)。他对土壤的主要观点是把土壤单纯看做是一种养料贮存库,土壤的生产力就决定于所贮存养料的多寡。而植物只是从土壤吸收养分,消耗土壤肥力的有机体。并由此得出结论说,只有把植物吸收的养料以肥料的形式如数归还于土壤,肥力就可以维持不衰。这就是有名的“归还学说”。它指出人类有意识地调节人与土壤之间物质交换思想,有一定积极意义。但是农业化学土壤学派以纯化学观点来对待复杂的土壤肥力问题,以及片面地强调植物是土壤养料的消耗者,却忽视了植物对土壤养料的积聚和提高肥力的反作用,并错误地引导不少土壤学家单纯用化学肥料按“归还学说”去解决肥力问题。

十九世纪后半叶,西欧土壤学界曾盛行过以纯地质学观点对待土壤的学派,即以德国地质学家法鲁为代表的农业地质土壤学派。农业地质土壤学派认为土壤就是岩石经风化作用而形成的地表疏松层。以这样观点来研究土壤,混淆了土壤和母质的本质区别,忽视了生物在土壤形成中的作用,显然是片面的。根据这种观点,随着土壤发育、风化和淋溶的强度不断增加,其结果就使养料愈来愈少,土壤肥力则向递减的方向发展。但农业地质土壤学派对于土壤矿物质部分形成的研究是比较深入的。

德国著名土壤学家古比亚纳(Kubiena)提出的西欧发生学土壤分类系统对西欧具有广泛

的影响。他还是土壤微形态研究并用于土壤分类的创始人。

首先提出土壤有别于其它自然体,是一个独立的历史自然体的,是俄国著名学者 B. B. 道库恰耶夫。他于 1883 年发表了著名的著作《俄国的黑钙土》,指出土壤的形成与环境条件之间有着密切的联系,从而提出了有名的成土因素学说,即土壤是五大成土因素(母岩、气候、生物、地形和时间)综合作用下的产物,并创立了土壤生成因子公式。他认识到土壤在空间分布上的规律性,提出了土壤地带性学说。他还提出土壤调查和制图及以土壤剖面性状作为土壤分类的依据等研究土壤的方法。因而,他创立了以发生学观点来研究和认识土壤的发生学派,为近代土壤地理学的发展,奠定了基础。这是一个大的进展。

B. P. 威廉斯总结前人的工作,提出统一的土壤形成过程学说,指出土壤的本质特性是土壤肥力。土壤形成过程是物质的生物小循环和地质大循环的对立统一过程,而生物因素和生物小循环起主导作用,可称之为土壤生物发生学派。

但是,当时俄国土壤发生学派对土壤和环境之间发生关系的研究,仅限于定性的相关分析,尚无可能进行定量关系的研究。其后,随着土壤地理学的发展这种相关分析的研究就不断深入,并逐步趋向于计量化。到本世纪 40 年代前后国内外出现了一些专题性著作,如植被与土壤,气候与土壤,母岩与地形和土壤的关系等研究。以后继续发展的还有景观地球化学土壤学派、土壤热力学发生学派。

美国著名土壤学家马伯特(C. F. Marbut)是美国土壤科学的奠基者,曾将俄国土壤学家格林卡的著作转译成英文,从而把俄国土壤发生学派引进美国。他以土壤剖面等土壤本身的性态为研究核心,制定出了美国的第一个土壤分类系统。他所确立的基层分类单元土系,在美国一直沿用到现在。

美国 H. 叶尼(Hans Jenny)于 1941 年发表了《土壤成土因素》专著,试图用函数数学公式,定量地对土壤和环境因素之间的发生联系,进行多相相关分析。以后(1956 年、1964 年、1968 年)他又连续在这方面做了许多工作,并将土壤生成因子公式扩大和提高到现代较为广泛应用的生态系统学基础上来(即状态因子公式)。

于 50 年代总结现代科学进展的成果而提出的系统论、控制论和信息论,到 60 年代则广泛地应用于各个学科。结果也使土壤地理学发展到应用生态系统观点,从定性进入定量,从研究物质交换发展到研究土壤能量和信息的交换,并进而发展到对整个土壤生态系统进行调控和改造利用的现代研究阶段。

土壤地理学发展的新动向,除正在广泛应用和渗透的生态系统观点外,在研究方法和手段上也正日益采用新技术,如电子计算机、土壤遥感遥测、土壤制图的自动化等。

学科之间的相互渗透,在不同学科之间的交接点形成新的边缘学科,这可能是现代科学发展的一大特点。土壤科学(包括土壤地理学)亦表现有同样的发展趋势。最近这些学科有: 1) 土壤环境学(或土壤污染学); 2) 土壤生物地球化学、盐渍地球化学; 3) 土壤生物学、土壤生态学; 此外,还有土壤数学、土壤模拟学等。这种学科发展演化的实质是把各个学科日益连成一个高度不可分离的综合学科网络整体。

从自然地理学和土壤科学目前的发展动向看,都有两极化现象,即向宏观和微观研究两个方面发展。在宏观研究方面,近年对热带土壤,极地冻土,高山土壤,海洋、湖泊沿岸的渍水土壤以及对耕种土壤研究的比重都在增加;在微观研究方面,随着偏光显微镜、电子计算机、电子显微镜等分析仪器技术的不断进步,使得对土壤的研究也不断深入,如土壤微形态学、土壤电化学、土壤生态系统的研究、土壤分类的定量化,亦随之产生和发展。同时,以宏观研究统帅微观研究,以微观研究说明宏观现象两者是相辅相成的。总之,土壤地理学的发展正在步入一个新阶段。

## 第一章 土壤的组成物质和能量

土壤是由固相(矿物质、有机质)、液相(土壤水分)气相(土壤空气)等物质组成的。它们之间是相互联系、相互转化、相互作用的有机整体(图 1-1)。从土壤组成的物质总体来看,它是一个复杂的多相而分散的物质系统。

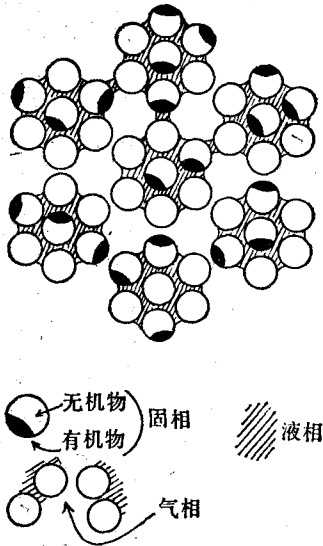


图 1-1 土壤三相物质组成状态

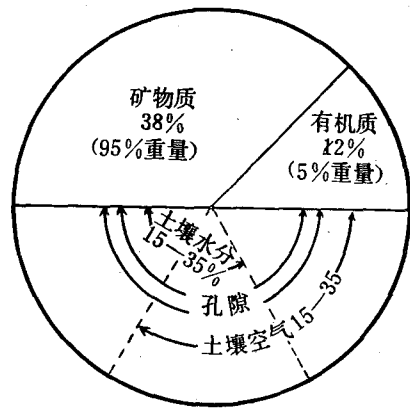


图 1-2 土壤三相组成比例示意图。

不同土壤的物质组成成分的数量是不同的。一般按容积计,土壤中的矿物质约占 38%,有机质约占 12%,空气和水分约占 50%。在自然条件下,土壤中的水分和空气的比例是经常变动的,两者往往成反比,(如图 1-2)。

### 第一节 土壤矿物质

土壤矿物质主要是岩石风化的产物。一般情况下土壤矿物质约占土壤固相物质重量的 90%,甚至 95% 以上。它们构成了土壤的骨骼,是土壤的主要成分,对土壤的性质、结构和功能影响甚大。

#### 一、土壤矿物质的迁移转化过程

土壤矿物质来源于岩石,所以常把岩石称为形成土壤的母岩(或母质)。岩石的风化过程即土壤矿物质的形成和转化过程,也就是原生矿物(包括次生矿物)的分解过程和粘土矿物的形成过程。

## (一) 矿物质的分解过程

矿物质的分解过程是指原生矿物分解为更简单的矿物质的过程，其中也包括次生矿物的进一步分解。

### 1. 原生矿物

原生矿物是指土壤中那些在物理风化过程中产生的未改变化学成分和结晶构造的造岩矿物，如石英、长石、云母、辉石、角闪石和橄榄石等，一般属于土壤矿物质的粗质部分。因为它们颗粒粗大，所以它们的比表面面积(单位重量的土壤总表面面积，常以平方米/克表示)很小，其在土壤物理化学过程中的作用是较次要的。只有通过化学风化解后，才能缓慢地不断地释放并供应植物生长所需要的矿质养分。

由于各原生矿物抗风化作用的稳定程度和母岩或母质的成因类型不同，土壤中原生矿物的组成也不同。原生矿物是土壤中各种化学元素的最初来源，它们在土壤中含量的多寡随成土母质种类、风化作用强度、土壤发育时间等因素的不同而有所差异(表 1-1)。

表 1-1 土壤原生矿物的抗风化能力及其化学成分

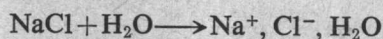
| 稳 定 度 | 原 生 矿 物 | 常 量 元 素            | 微 量 元 素                               |
|-------|---------|--------------------|---------------------------------------|
| 易风化   | 橄榄石     | Mg, Fe, Si         | Ni, Co, Mn, Li, Zn, Cu, Mo            |
|       | 角闪石     | Mg, Fe, Ca, Al, Si | Ni, Co, Mn, Li, Sc, V, Zn, Cu, Ga     |
|       | 辉石      | Ca, Mg, Al, Si     | Ni, Co, Mn, Li, Sc, V, Pb, Cu, Ga     |
|       | 黑云母     | K, Mg, Fe, Al, Si  | Rb, Ba, Ni, Co, Sc, Li, Mn, V, Zn, Cu |
|       | 钙长石     | Ca, Al, Si         | Sr, Cu, Ga, Mo                        |
| 较稳定   | 长石      | Na, Al, Si         | Cu, Ga                                |
|       | 钠长石     | Na, Al, Si         | Cu, Ga                                |
|       | 石榴石     | Ca, Mg, Fe, Al, Si | Mn, Cr, Ga                            |
|       | 正长石     | K, Al, Si          | Ra, Ba, Sr, Cu, Ga                    |
|       | 白云母     | K, Al, Si          | F, Rb, Sr, Ga, V, Ba                  |
|       | 钛铁矿     | Fe, Ti             | Co, Ni, Cr, V                         |
|       | 磁铁矿     | Fe,                | Zn, Co, Ni, Cr, V                     |
|       | 电气石     | Ca, Mg, Fe, Al, Si | Li, Ga                                |
|       | 锆石      | Si                 | Zn, Hg                                |
| 极稳定   | 石英      | Si                 |                                       |

### 2. 矿物质的分解

(1) 物理崩解：主要是由于外界温度的变化，引起岩块矿物之间以及岩块表面与内部之间的温度差异，致使大的岩块崩解为较小的碎屑状，或更细小的矿物质。物理崩解为空气和水分的通透和蓄存创造了条件，从而大大加速了化学分解的进程。

(2) 化学分解：主要指水对于矿物质的溶解、水化和水解等作用。

溶解作用：如固体可溶性盐类被水溶解变为溶液中的离子。

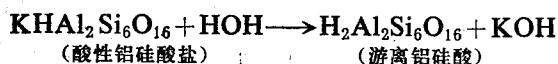
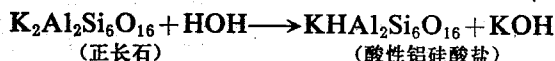


水化作用：固体矿物化合物与水化合，改变了原矿物质的结构，而变为易松散的矿物质的作用，它有利于矿物质的进一步分解。如：

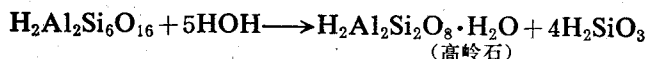


**水解作用：**是水解离出的  $H^+$  对矿物的分解作用。它是化学分解中的主要作用，可使矿物质彻底分解。在水解过程中根据其分解顺序可分为几个分段。以正长石为例：

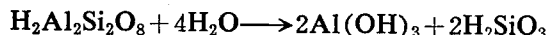
- 1) 脱盐基作用:  $H^+$  交换出矿物中的盐基离子形成可溶盐类而被淋溶。



- 2) 脱硅作用: 矿物中硅以游离硅酸形式被析出, 并开始淋溶。



- 3) 富铝化作用: 矿物被彻底分解, 硅酸继续淋溶, 而氢氧化铝富集。



总之,土壤矿物质的分解过程是遵循着一定的顺序进行的,并表现出一定的阶段性。不同阶段分解作用的性质和产物都是不同的。但是上述各个分解阶段实际上是很难截然分清的,而且往往是同时进行的。

### 3. 矿物质分解过程的强度及其量度指标

(1) 影响强度的因素：矿物质分解过程的强度决定于两个因素，其一是矿物的化学成分及其性质；其二是环境因素。在环境因素中，水、热和酸性条件是影响化学分解的主要因素。一般随湿度、温度和酸度的增加，化学分解的强度和速度也随之增强。所以随水热条件、酸性条件的变化，矿物质分解过程也具有地带性差异。在湿、热而酸性的地带分解过程最强，在干旱的荒漠地带或冷湿的北极地带，主要为物理崩解，化学分解都很微弱。这些差异，实际上就是矿物质分解阶段在地表空间上的表现。

氧化还原条件是影响分解强度的局部因素,主要影响含有变价元素(如 Fe, Mn 等)矿物的分解。铁、锰在氧化环境中是惰性元素,而在还原环境中则是可移动或弱移动的元素。

(2) 量度指标: 一般来说土壤矿物质的分解程度愈高, 矿物质中的化学元素的淋溶作用也愈强。据此, 许多土壤学者设计了很多公式, 用以说明土体中某些化学元素淋溶的程度。这些数值我们可做土壤矿物质分解强度或阶段性的量度指标。

硅铝铁率( $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$  或  $\text{SiO}_2/(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)$ ): 土体或粘粒部分的  $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$  分子比值的大小, 称硅铝铁率。

为求得硅铝铁率, 首先应分别按下列公式求出  $\text{SiO}_2$  及  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  等的克分子含量。

$$A. \text{ SiO}_2 \text{ 的克分子含量} = \frac{\text{SiO}_2 \text{ 的重量含量}}{\text{SiO}_2 \text{ 的克分子量}(60)}$$

$$B. \text{ Al}_2\text{O}_3 \text{ 的克分子含量} = \frac{\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ 的重量含量}}{\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ 的克分子量}(102)}$$

$$C. \text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ 的克分子含量} = \frac{\text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ 的重量含量}}{\text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ 的克分子量}(160)}$$