

教育部职业教育与成人教育司推荐教材
五年制高等职业技术学校风景园林专业教学用书

土壤肥料学

主 编 夏冬明
副主编 顾美萍 曹金留 唐晓英
主 审 唐祥宁

上海交通大学出版社

前 言

土壤肥料学是高等职业技术学院园林园艺专业的一门专业基础课程。土壤肥料学应以数学、物理、化学和植物学为先修课,为学习园林植物栽培及以后从事相关的工作奠定基础。

本教材是根据教育部《关于制定五年高等职业教育教学计划的原则意见》、《五年制高职专门课程教材编写的原则意见与要求》和农林类高职高专人才培养目标与规格的要求编写的。在选材和编写中力求依据社会岗位需求目标,突出职业教育教材的特色,做到基本概念解释清楚,基本理论简明扼要,以必需、够用为度,注重联系实践,强化培养学生的应用能力。在选材和编写中,从基础到技能,再到综合应用,从易到难,由浅入深,循序渐进,加强实践应用环节,体现了职业教育的针对性、实践性和应用性。同时,教材注重知识的先进性,信息量大,学习指导性强,每章配有思考题,书末专列一章介绍实验实训,以巩固课堂理论,训练基本技能,为教师教学和学生自学提供了参考之便。

本书由夏冬明任主编,顾美萍、曹金留任副主编。具体编写分工为:夏冬明编写了绪论、第1章、第6章、第7章和第11章,实验9至19,实训1和实训3;曹金留编写了第2章至第5章;顾美萍编写了第8章、第9章、第10章和第12章,实验1至实验8、实验20、实验21和实训2。全书由夏冬明统稿、编绘图片。

本教材在编写过程中,参阅了一些相关的教材和著作,借鉴或引用了相关资料和图片,谨在此对相关的作者表示感谢!

教材编写中得到了江苏农林职业技术学院、上海市园林学校的大力支持,在此特向上述单位表示衷心的感谢!

唐祥宁教授审阅了本书,并提出了宝贵的建议,谨在此表示感谢!

限于编者的业务水平和实践经验,书中难免有不足之处,敬请广大读者、同行及前辈给予批评指正。

编 者
2007年3月

目 录

绪论	1
0.1 土壤和土壤肥力	1
0.2 土壤肥料和园林生产	2
0.3 土壤肥料科学发展概况	3
思考题	4
1 土壤固相组成	5
1.1 土壤矿物质	5
1.2 土壤生物	15
1.3 土壤有机质	17
思考题	23
2 土壤物理性质	24
2.1 土壤孔隙性	24
2.2 土壤结构性	28
2.3 土壤耕性	32
思考题	35
3 土壤化学性质	36
3.1 土壤胶体	36
3.2 土壤的保肥性与供肥性	40
3.3 土壤酸碱性与缓冲性	47
3.4 土壤其他化学性质	53
思考题	57
4 土壤肥力因素	59
4.1 土壤水分	59





4.2	土壤空气	66
4.3	土壤热量	67
4.4	土壤养分	72
	思考题	74
5	土壤资源	75
5.1	土壤形成	75
5.2	土壤分类与分布	77
5.3	我国主要土壤资源	78
	思考题	82
6	设施栽培土壤管理	83
6.1	设施栽培土壤的特性与管理	83
6.2	无土栽培	85
6.3	盆栽培养土	92
6.4	土壤消毒	95
	思考题	96
7	城市园林土壤管理	98
7.1	城市园林土壤概述	98
7.2	城市园林土壤改良	99
7.3	城市园林土壤污染与防治	105
	思考题	106
8	植物营养和合理施肥	107
8.1	植物营养	107
8.2	植物对养分的吸收	112
8.3	合理施肥	114
	思考题	120
9	化学肥料	121
9.1	概述	121
9.2	土壤氮素与氮肥	121
9.3	土壤磷素与磷肥	129

9.4	土壤钾素与钾肥	134
9.5	其他化学肥料	136
9.6	复合肥料	141
9.7	肥料的混合和管理	146
	思考题	148
10	有机肥料	150
10.1	有机肥料概况	150
10.2	粪尿肥	152
10.3	堆肥和沤肥	156
10.4	绿肥	160
10.5	其他有机肥料	164
	思考题	167
11	生物肥料	169
11.1	菌根菌肥	169
11.2	固氮菌肥	170
11.3	抗生素菌肥	171
11.4	磷、钾细菌肥及复合菌肥	172
	思考题	172
12	园林植物施肥技术	174
12.1	花卉施肥	174
12.2	树木施肥	179
12.3	草坪施肥	181
12.4	营养诊断	183
	思考题	186
13	实验与实训	187
13.1	实验实训要求	187
13.2	实验部分	187
	实验1 土壤样品的采集和制备	187
	实验2 土壤含水量的测定	189
	实验3 土壤质地的测定	191



实验 4	土壤有机质含量的测定	195
实验 5	土壤容重的测定和土壤孔隙度的计算	197
实验 6	土壤酸碱度的测定	198
实验 7	盆栽培养土的配制	201
实验 8	土壤 EC 值的测定	202
实验 9	无土栽培营养液的配制与调节	203
实验 10	植物营养缺素症的观察	204
实验 11	土壤碱解氮含量的测定	204
实验 12	土壤全氮含量的测定	206
实验 13	土壤速效磷含量的测定	208
实验 14	土壤速效钾含量的测定	210
实验 15	化学肥料的定性鉴定	212
实验 16	碳酸氢铵和尿素含氮量的测定	214
实验 17	过磷酸钙中有效磷和游离酸的测定	216
实验 18	盆栽肥料试验	218
实验 19	堆肥和沤肥的积制	220
实验 20	花卉施肥	221
实验 21	树木施肥	222
13.3	实训部分	223
实训 1	土壤剖面观察及土体构造评价	223
实训 2	园林土壤调查	226
实训 3	肥料三要素用量试验	229
参考文献		232



绪论

0.1 土壤和土壤肥力

土壤是指地球陆地上能够生长绿色植物的疏松表层。“陆地表层”指出了土壤的位置,“疏松”表明了土壤的物理状态,以区别于坚硬的岩石,“能够生长绿色植物”是土壤的本质,说明作为土壤能为植物的生长提供其所需要的各种生活因子。随着科学的发展,对水体资源的开发利用,把浅水域底的疏松层也纳入土壤的范畴。

土壤具有肥力,是土壤最基本的特征。土壤肥力是指土壤在植物生长发育过程中,能够同时不断地供应和协调植物所需要的水分、养分、空气、热量和其他环境条件的能力。这种能力是土壤的物理、化学和生物性质的综合反映。肥沃的土壤能够充分、全面、持续地供给植物所需的各种生活因素,而且能调节和抗拒各种不良自然条件的影响,还能调节各肥力因素之间存在的矛盾,以达到适应和满足植物生长的要求。因此,通常把水分、养分、空气、热量称为土壤的四大肥力因素,它们相互联系、相互制约、综合作用,共同构成土壤肥力。这些肥力因素在植物生长过程中,能够最大限度满足植物的需求时,才是土壤肥力的最高表现(图 0.1)。

土壤肥力根据其产生的原因不同,可分为自然肥力和人为肥力。自然肥力是指在自然条件下逐渐形成和发展起来的肥力。纯粹的人为肥力是指在人为的施肥、灌溉、耕作等条件下形成的肥力。在耕作土壤上,既有自然肥力,又有人为肥力。人为肥力具有特殊的意义,为满足人类各种需要,在植物生产中,采用各种措施,给植物创造较佳的肥力条件,使土壤能够稳、匀、足、适地满足植物生长发育,也就是土壤培肥。土壤肥力因受环境条件和土壤耕作、施肥和管理水平等的限制,只有一部分在生产中表现出来,这部分表现出来的肥力称为“有效肥力”,又称为“经济肥力”。另一部分没有直接反映出来的肥力叫“潜在肥力”。有效肥力和潜在肥力是相互联系的,可以相互转化,采取适宜的土壤耕作管理措施,改造土壤的环境条件,可促进潜在肥力转化为有效肥力。

土壤肥力和土壤生产力是两个不同的概念,但它们是有关联的。土壤生产力是指土壤生产植物产品的能力,可以用产量来衡量。土壤肥力则是土壤本身的属性,是土壤生产力的基础,而不是它的全部。植物产量的高低是由土壤条件和大气、光照、温度、降雨等环境因素共同



图 0.1 植物生活条件

决定的。高产的土壤必定是肥沃的,而肥沃的土壤不一定高产,所以,要提高土壤生产力,既要重视土壤肥力的提高,也要重视土壤与环境间的相互关系。

0.2 土壤肥料和园林生产

土壤是园林植物生产的基础,是人类最基本的生产资料,也是最有价值的自然资源。地球上的植物赖以生长的生态环境中,土壤是不可缺少的重要物质基础。土壤是植物生长的天然基地,为植物的生存提供了场所和空间;还能提供植物生长发育所需要的水分、养分、空气和热量等生活要素。当前,虽然可以在温室、大棚等设施中进行无土栽培,但大规模的园林植物生产、城市园林景观等都离不开土壤。

由于各地所处的地理位置不同,气候条件差异很大,所以形成的土壤类型也极其复杂和多样,不同的土壤,其质地、物理化学性质、肥力水平等不同,为种类繁多的植物,提供了丰富的土壤资源。

园林植物种类繁多,生态习性千差万别,对土壤要求各不相同:有些植物适应瘠薄的土壤(如樟子松、落叶松、马尾松、刺槐等);有的需要生长在肥沃的土壤上(如杨树、榆树、白蜡等);有的要求高燥、排水良好的土壤条件(如雪松、樟子松等);有的能在多湿条件下生长良好(如柳树、水杉、落叶松等);多数植物喜欢中性土壤条件,但也有的喜欢酸性条件(如杜鹃、山茶、兰花);有的在石灰岩发育的偏碱性土壤上也能生长良好(如菊花、牡丹、石榴等);也有的能在盐碱土上正常生长(如泡桐、怪柳、臭椿等)。所以,在园林生产中坚持“适地种植”的原则,才能满足园林植物对土壤条件的要求,达到预期的生产目的。当然,有时也要采取改土或换土等措施来适应园林植物的特殊要求。

肥料是植物的“粮食”。在城市园林生态系统中,自然条件逐渐消失,各种物质的封闭式循环已不多见。园林植物从土壤中吸收养分,一次性或多次性地以枯枝落叶等植物残落物的形式回归土壤,通过土壤微生物对这些有机残体的分解作用,释放出养分再次为植物所吸收,周而复始,正常循环,植物得到营养物质而正常生存。但是,事实上是城市园林系统割断了这种循环,枯枝落叶、地被植物残体多因防火、卫生等原因被清除。要想保持并提高土壤肥力,使园林植物旺盛生长,必须补充营养物质,这就是园林植物施肥的重要理论依据。肥料是能够为植物直接或间接供给养分的物质。施肥的目的是为植物生长提供所需要的养分,改良土壤性状,提高土壤肥力,改善植物产品品质及提高产量。根据肥料的性质和特点,可将肥料分为化学肥料、有机肥料和生物肥料三大类。化学肥料又称无机肥料,是指用化学方法制成或矿石加工而成的肥料,如碳酸氢铵、尿素、过磷酸钙等能为植物直接供给某些营养元素、培肥地力、提高产量;有机肥料又称农家肥料,是指含有大量有机物质的肥料,如堆沤肥、绿肥、粪尿肥等能为植物供给各种营养元素和增加土壤有机质,具有改良土壤的作用;生物肥料是指利用土壤中有益微生物制成的肥料,它是一种间接肥料,如菌根菌肥、根瘤菌肥、放线菌肥等通过肥料中微生物的活动,能改善植物营养条件或分泌激素刺激植物生长或抑制有害微生物等。

土壤肥料学是研究植物营养、土壤及肥料三方面的一门科学。合理、科学地利用土壤、管理土壤、施用肥料,根据园林植物的要求,适时、适度地调节土壤肥力因素和其他土壤条件,不仅能使植物健壮生长,而且能使土壤不断肥沃起来。土壤施肥和管理不当,有可能对植物造成毒害或使土壤结构破坏,甚至使土壤受到污染,发生退化等。因此,园林工作者需要土壤肥料



学方面的基本知识,从而养护好园林植物,因地制宜地进行园林植物的配植,以及园林植物与土壤的适宜搭配,高效合理地施用肥料,确保土壤养分的平衡供应,才能保证园林生产的持续发展,提高土壤肥力,改善环境质量。

0.3 土壤肥料学发展概况

我国是一个历史悠久的农业大国,劳动人民在农业生产的长期实践中,积累了丰富的认土、评土、用土、改土和积肥、用肥等方面的经验。

早在 2000 年前的战国时代,我国劳动人民就根据土壤性质、肥力水平,对各类土壤进行了分类分级。如《禹贡》、《管子·地员篇》等书就记载了土壤分类、土壤性状、土壤肥瘦、土壤生产力等问题。这是目前所知的最早的结合生产的土壤分类和肥力评价的记载。公元前 3 世纪,在《周礼》中对土壤含义的记载是“万物自生焉则曰土,以人所耕而树艺焉则曰壤”,即自然植被生长的土地称为“土”,而耕种的土地叫“壤”,这是对土壤概念的最早的解释。后来,《吕氏春秋》说到了不同土壤的耕种方法。后魏《齐民要术》一书中就有关于旱田耕作和利用绿肥肥田的记载。元、明、清以来,对于农业生产的技术措施,进一步有了明确的分类和更详细的归纳总结,如《农桑辑要》、《农书》、《农政全书》等。

19 世纪中叶,以德国化学家李比希(J. V. Liebig, 1803~1873)为代表的农业化学派,提出了“植物矿质营养学说”,认为植物的营养主要依赖于土壤中的矿质成分以及有机质分解后产生的矿物质,只有施用矿质肥料,把植物吸收的矿质养分归还给土壤,才能维持土壤肥力。这种观点对维持土壤养分的平衡有着积极的意义,同时也推动了化肥的广泛使用和土壤科学的发展。但是,李比希的学说片面地认为矿质养分是土壤肥力的唯一因素,忽视了施用有机肥、种植绿肥和合理耕作等培肥养地措施以及生物因素对提高土壤肥力的积极作用。

同一时期,以俄罗斯学者道库恰耶夫(Dokuchaev, 1846~1903)为代表的土壤发生学派,运用土壤发生学的观点来研究土壤,认为土壤是在母质、气候、生物、地形和时间五大自然成土因素共同作用下形成的。

20 世纪 30 年代,前苏联土壤学家威廉斯继承和发展了土壤发生学的观点,创立了土壤形成、土壤肥力及土壤结构学说,指出土壤的本质特性是土壤肥力,土壤形成是物质的生物小循环和地质大循环统一的结果,在土壤形成中,生物因素起着主导作用。认为“土壤是地球陆地上能够生长植物收获物的疏松表层”,“土壤肥力是土壤在植物生活的全部过程中,同时而不断地供给植物以最大限度的有效养分及水分的能力”。

新中国成立以来,我国的土壤肥料科学进入了一个崭新的阶段。在 1958 年和 1979 年进行了全国土壤普查,编绘了农业土壤图、土壤肥力概图、土壤改良概图、土壤利用概图和农业土壤志,在查清土壤资源、普及土壤科学、培养土壤肥料工作人员等方面取得了很多成果。1957 年开展了全国肥料试验网工作,在全国 150 多个试验点上获得的结果表明,我国农田土壤有 80% 缺氮,50% 左右缺磷,30% 缺钾,为化肥生产和合理施肥提供了科学依据。80 年代开始推广配方施肥以来,收到了明显的经济效益、生态效益和社会效益,使我国的施肥技术从定性到定量、从感性判断到仪器测定、从单一肥料到各种营养元素的配合,有力地推动了施肥技术的提高。



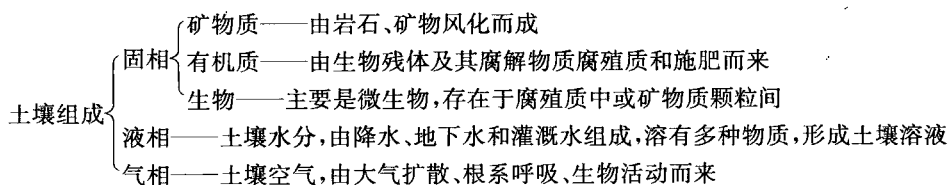
▶▶ **思考题**

1. 什么是土壤、土壤肥力和土壤生产力？土壤肥力和土壤生产力有什么不同？
2. 自然肥力与人为肥力、有效肥力与潜在肥力有什么区别？
3. 什么叫肥料？肥料有什么作用？举例说明肥料的种类？
4. 土壤肥料在园林生产中有什么意义？



1 土壤固相组成

土壤是由固相、液相和气相三相物质组成的疏松多孔体系。固相包括矿物质、有机质和活的生物体，液相和气相存在于固体颗粒间的孔隙中(图 1.1)。其基本物质组成如下：



一般来说,土壤矿物质约占固相部分重量的 95%以上,有机质只占 5%以下,生物量很小,但作用很重要,固相物质之间的孔隙充满着水和空气。土壤水分和空气一般是互为消长的关系,水多气少,水少气多,水与气的比例变化主要受水分变化的制约。

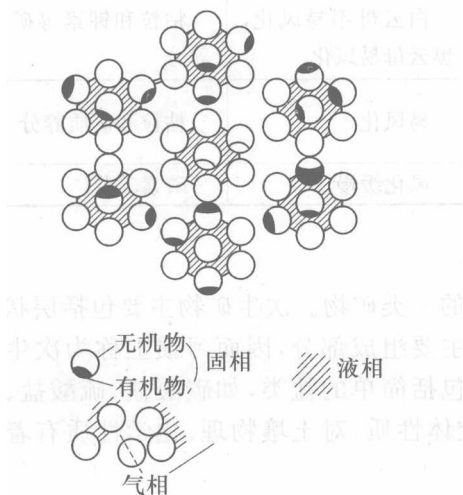


图 1.1 土壤三相物质组成状态

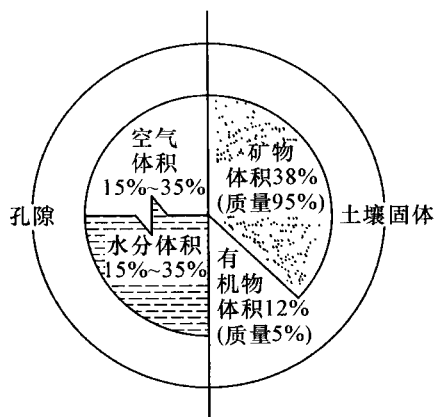


图 1.2 土壤三相分布

土壤中固、液、气三相物质的容积比例,因土壤的性质和环境条件而异。疏松肥沃的表土是:固体和孔隙各占一半,在孔隙中,水分与空气各占一半左右。(图 1.2)

1.1 土壤矿物质

土壤矿物质是指土壤中所有无机物质的总和。土壤矿物质是土壤的主要组成部分,构成土壤的骨架,为植物生长提供机械支持。矿物质也是土壤养分最初和最主要的来源之一。



1.1.1 土壤的矿物组成

土壤矿物质按来源可分为原生矿物和次生矿物两类。

1.1.1.1 原生矿物

原生矿物是指那些在岩浆岩中原来就有,且在风化过程中化学结构和成分没有改变的矿物。原生矿物主要存在于粒径较大的土壤砂粒和粉砂粒中。土壤中的原生矿物主要是石英和原生铝硅酸盐类。原生铝硅酸盐矿物有长石、云母、辉石、角闪石等。不同的矿物抗风化能力不同,一般顺序是:石英>白云母>长石>黑云母>角闪石>辉石。容易风化的矿物,释放矿质养分较多;而不易风化的矿物,释放矿质养分较少(表 1.1)。所以,原生矿物的风化不但构成土壤颗粒的组成部分,而且是土壤最初的矿质养分来源。

表 1.1 主要原生矿物的组成及风化特点

矿物名称	化学组成	风化特点	分解产物
石英	SiO_2	不易风化	砂粒的主要来源
长石类	正长石 KAlSi_3O_8	抗风化能力低于石英,其中正长石风化较难	风化后形成粘土矿物,是粘粒和钾素的来源
	钠长石 $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$		
	钙长石 $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$		
云母类	白云母 $\text{KAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	白云母不易风化,	粘粒和钾素等矿质养分
	黑云母 $\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH}, \text{F})_2$	黑云母易风化	
角闪石	$\text{Ca}_2\text{Na}(\text{Mg}, \text{Fe})_4(\text{Al}, \text{Fe}) \cdot (\text{Si}, \text{Al})_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	易风化	粘粒和矿质养分
辉石	$\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6$		
磷灰石	$\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$	风化缓慢	磷素养分

1.1.1.2 次生矿物

次生矿物是指原生矿物在风化过程中重新形成的一类矿物。次生矿物主要包括层状铝硅酸盐和铁、铝、硅含水氧化物,它们是土壤粘粒的主要组成部分,因而习惯上称为次生粘土矿物,简称为粘粒矿物或粘土矿物。次生矿物还包括简单的盐类,如碳酸盐、硫酸盐、氯化物等。粘土矿物抗风化能力强,颗粒细小,具有胶体性质,对土壤物理、化学性质有着重要的影响。

1. 层状铝硅酸盐类矿物

层状铝硅酸盐矿物主要包括高岭石、蒙脱石和伊利石三大类,其中,高岭石类主要分布在我国南方强度风化的土壤中,伊利石和蒙脱石类主要分布在我国北方中、弱度风化的土壤中。这些矿物主要是薄片状的小结晶颗粒,每一片状颗粒由许多晶层构成,而每个晶层又是由一定的晶片叠合而成。晶片有硅氧片和水铝片两种。

硅氧四面体和硅氧片:硅氧四面体是由 1 个硅原子和 4 个氧原子构成(图 1.3)。多个硅氧四面体在同一平面上通过共用氧相互连接在一起,成为具有六角环网状的硅氧片(图 1.4)。

铝氧八面体和水铝片:铝氧八面体是由 6 个氧原子围绕 1 个铝原子构成(图 1.5)。许多铝氧八面体通过共用氧原子相互连接成片,成为水铝片(图 1.6)。



在自然界,组成铝硅酸盐矿物晶层的硅氧四面体中的硅和铝氧八面体中的铝,可以被其他大小相近而且电性符号相同的离子所替代,其晶格外形不变,只改变其化学组成,这种现象称为同晶置换(或同晶替代)。如果互换的2个离子不等价,晶层内部正负电荷必然产生不平衡,从而使晶层带电。土壤中的层状铝硅酸盐矿物的同晶置换,以 Al^{3+} 代 Si^{4+} ,以 Mg^{2+} 代 Al^{3+} 最为普遍,结果使整个晶层带负电。这就是粘土矿物带负电的主要原因之一。

(1) 高岭石类(1:1型粘土矿物) 此类矿物包括高岭石、迪恺石、珍珠石和埃洛石等,以高岭石为代表。晶层是由一层硅氧片和一层水铝片相叠而成,故称为1:1型粘土矿物(图1.7)。高岭石类的晶层一面全是OH,另一面全是O,晶层间通过氢键联结,使晶层间距离固定,晶层厚度0.72 nm,膨胀度小于5%,因而水分子和养分很难进入晶层之间。晶层内的硅氧片和铝氧片中没有或极少同晶替代,所以吸附阳离子的能力远不如蒙脱石类矿物。

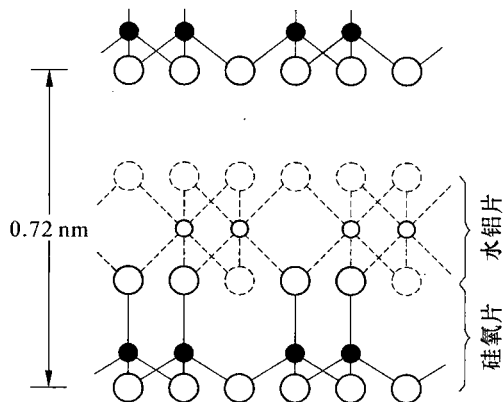


图 1.7 高岭石的结构示意

(2) 蒙脱石类(2:1型胀缩型矿物) 此类矿物包括蒙脱石、绿脱石、拜来石等,以蒙脱石为代表。晶层是由两层硅氧片中间夹一层水铝片相叠而成,故称为2:1型粘土矿物(图1.8)。由于蒙脱石类的晶层上下两面都是氧原子,通过氧键联结力很弱,水分子和养分离子容易进入晶层之间,使晶体膨胀,膨胀度90%~100%,所以吸湿能力强。晶层厚度视含水量不同而胀缩,一般在0.96~2.14 nm之间。晶层内普遍存在同晶替代,同时替代主要发生于铝氧片中,使这类矿物带有负电荷,具有较强的吸附阳离子的能力,保肥力强。

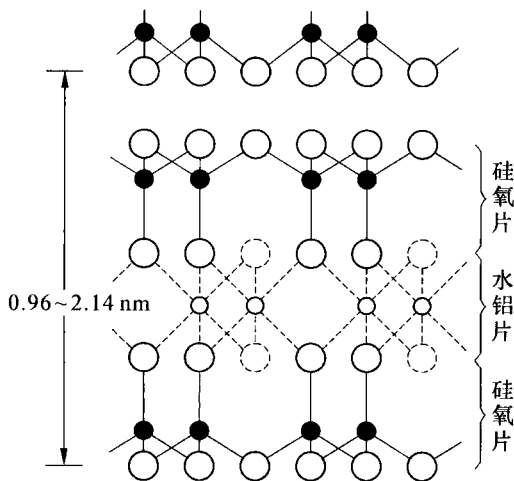


图 1.8 蒙脱石的结构示意图

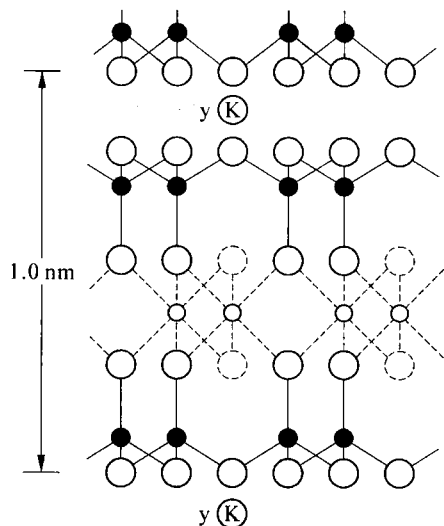


图 1.9 伊利石的结构示意图

(3) 伊利石类(2:1型非胀缩型矿物) 此类矿物又称为水云母类,包括水白云母、水黑云母、伊利石,以伊利石为代表。晶层叠合与蒙脱石一样,也是2:1型,伊利石晶层间吸附有钾离子,故含伊利石多的土壤含钾丰富(图1.9)。由于吸附在伊利石晶层间的钾离子,实际上是



半陷在硅氧片的六角形晶穴内,他同时受相邻两晶层负电荷的吸附,从而产生了键联的效果。所以,伊利石虽然与蒙脱石的晶层构造相似,但由于其晶层间的吸引力较大,所以吸水膨胀与干燥收缩性能要小于蒙脱石,膨胀度约为 25%,晶层厚度 1.0 nm。伊利石晶层内也普遍存在同晶替代,主要发生于硅氧片中,产生的负电荷大部分由层间固定的 K、Ca、Mg、H 等离子平衡着,只有少数负电荷对外表现出来,吸附阳离子的能力介于高岭石类和蒙脱石类之间。

这 3 种矿物的主要性质比较见(表 1.2)。

表 1.2 3 种层状铝硅酸盐矿物的性质比较

性 质	高 岭 石	伊 利 石	蒙 脱 石
结构类型	1:1 型	2:1 型	2:1 型
比表面/($\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$)	5~20	100~120	700~800
粘结性、粘着性、可塑性	弱	中	强
层间吸力	强	较强	弱
胀缩度/%	5	25	90~100
吸水性	小	中	大
阳离子交换量/[$\text{cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$]	1~10	20~40	80~150
保水保肥力	弱	中	强

2. 氧化物粘土矿物

氧化物粘土矿物主要包括水化程度不等的铁、铝的氧化物及硅的水化氧化物。它们是一类风化程度较高的粘土矿物,在我国南方强度风化的土壤中居多。其中有晶质的,如水赤铁矿($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$)、水铝石($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$)等;也有非晶质的(即无定型的),如不同水化度的 $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 等。氧化物粘土矿物不仅存在于粘粒中,也可以粘附在大的土粒表面,具有很强的胶结作用,把分散的土粒团聚在一起,形成一定的土壤结构。

1.1.2 土壤粒级

岩石矿物通过风化作用形成各种大小不等的矿物质土粒,大小不同的土粒表现出来的理化性质差异很大。

1.1.2.1 土粒分级

将土粒按粒径的大小和性质的不同划分成若干等级,称为土壤粒级。同一粒级范围内的土粒,其成分和性质基本一致,而不同粒级之间则有明显的差异。一般土壤粒级划分为石砾、砂粒、粉砂粒(粉粒)和粘粒 4 个基本粒级。具体分级标准,在不同分类方案中稍有差异,目前多采用国际制和俄罗斯的卡庆斯基制两种粒级分类标准(表 1.3)。

表 1.3 土粒分级标准

国 际 制		俄罗斯卡庆斯基制	
粒级名称	粒径/mm	粒级名称	粒径/mm
石 砾	>2	石 块	>3
		石 砾	3~1

(续表)

国际制			俄罗斯卡庆斯基制				
粒级名称		粒径/mm	粒级名称		粒径/mm		
砂粒	粗砂粒	2~0.2	物理性砂粒 (>0.01 mm)	砂粒	粗砂粒	1~0.5	
	细砂粒	0.2~0.02			中砂粒	0.5~0.25	
粉砂粒		0.02~0.002			细砂粒	0.25~0.05	
				物理性粘粒 (<0.01 mm)	粉粒	粗粉粒	0.05~0.01
						中粉粒	0.01~0.005
细粉粒	0.005~0.001						
粘粒	<0.002			粘粒	粗粘粒	0.001~0.0005	
					细粘粒	0.0005~0.0001	
					胶粒	<0.0001	

在我国,生产上使用较多的是俄罗斯的卡庆斯基制。它的特点是把粗砂粒以下的粒级简化为两个粒级,即粒径 >0.01 mm的土粒称为物理性砂粒; <0.01 mm土粒称为物理性粘粒。大大简化了粒级分类和质地分类。

1.1.2.2 各粒级土粒的矿物组成和化学组成

各级土粒是岩石和矿物的风化产物,因受风化程度深浅不同、各种矿物抵抗风化的强弱不同等影响,大小不同的土粒,其矿物组成是有差别的。一般来说,土粒越大,所含的原生矿物越多,随着土粒由大变小,原生矿物的含量逐渐变少,而次生矿物的含量逐渐增加。从(图 1.10)可以看到,砂粒和粉粒主要是由各种原生矿物组成,其中以石英最多,其次是原生硅酸盐矿物(长石、云母、角闪石和辉石等);而粘粒主要是由各种次生矿物组成,又以次生层状铝硅酸盐类矿物(高岭石、蒙脱石、伊利石)为主。各级土粒矿物组成的差异,决定了化学组成的不同(表 1.4)。

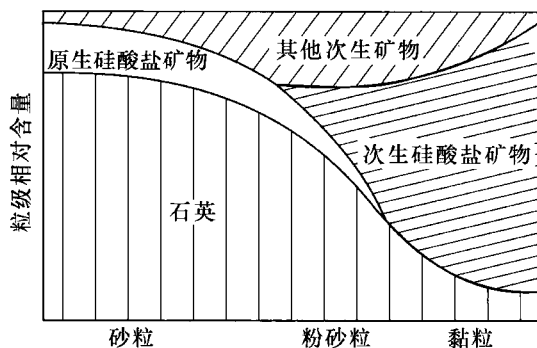


图 1.10 各粒级矿物组成
(引自金为民《土壤肥料》2001年)

表 1.4 各级土粒的化学组成

粒级名称	粒径/mm	化学组成%						
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅
砂粒	1~0.2	93.6	1.6	1.2	0.04	0.6	0.8	0.05
	0.2~0.04	94.0	2.0	1.2	0.5	0.1	1.5	0.1
粉粒	0.04~0.01	89.4	5.1	1.5	0.8	0.3	2.3	0.2
	0.01~0.002	74.2	13.2	5.1	1.6	0.3	4.2	0.1
粘粒	<0.002	53.2	21.2	13.2	1.6	1.0	4.9	0.4

随着土粒的由大变小, SiO₂ 含量逐渐减少, 而 Al₂O₃、Fe₂O₃、CaO、MgO、K₂O、P₂O₅ 等

的含量增加。由于铁、钙、镁、钾、磷等是植物生长必需的营养元素,所以,粒级越小的土粒中养分含量越高。

在粘土矿物中,还应注意与土壤肥力有密切关系的硅铝铁率。硅铝铁率是指土壤粘粒中 SiO_2 与 R_2O_3 ($\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) 的分子比。粘土矿物不同,其硅铝铁率也不同,如高岭石为 2,蒙脱石为 4,伊利石为 3~4。因此,根据硅铝铁率大体可判断出粘土矿物的组成特点,从而说明土壤的保肥能力。如硅铝铁率大,说明蒙脱石和伊利石较多,阳离子交换量大,保肥能力强;反之,表示高岭石较多,阳离子交换量较小,保肥能力较弱。另外,硅铝铁率能反映土壤成土过程的特征。如果土壤的硅铝铁率显著小于母质,说明风化作用和成土作用强烈,反之则弱。

计算硅铝铁率时,应按下列公式进行:

$$\text{硅铝铁率} = \frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3} = \frac{A}{B+C};$$

其中, A: SiO_2 的摩尔数 = $\frac{\text{SiO}_2 \text{ 的质量含量}(\%)}{\text{SiO}_2 \text{ 的摩尔质量}} = \frac{\text{SiO}_2 \text{ 的质量含量}(\%)}{60}$;

B: Al_2O_3 的摩尔数 = $\frac{\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ 的质量含量}(\%)}{\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ 的摩尔质量}} = \frac{\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ 的质量含量}(\%)}{102}$;

C: Fe_2O_3 的摩尔数 = $\frac{\text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ 的质量含量}(\%)}{\text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ 的摩尔质量}} = \frac{\text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ 的质量含量}(\%)}{160}$ 。

1.1.2.3 各粒级土粒的主要特性

1. 砂粒

砂粒的主要来源是原生矿物,主要矿物是石英。粒间孔隙大,通气透水性强,毛管性能微弱,保水保肥性差,养分含量低。无粘结性、粘着性和可塑性,多呈散碎状态,无湿胀干缩现象。温度变幅大,易急剧升温 and 降温。

2. 粘粒

粘粒中以层状铝硅酸盐和氧化物等次生粘土矿物为主。粒间孔隙细小,通气透水性差,毛管性能很强,保水保肥性强,养分含量高。比表面(指单位质量物体的总表面积)大,粘结性、粘着性和可塑性强,多粘结成片,湿胀干缩明显。温度变幅小,不易升温 and 降温。

3. 粉粒

大部分为原生矿物。颗粒大小介于砂粒和粘粒之间。粒间孔隙较细小,通气透水性不强,毛管性能明显,保水保肥性较强,养分含量较多。有微弱的粘结性、粘着性和可塑性,雨后或灌溉后易于板结,湿胀干缩性微弱。

1.1.3 土壤质地

自然界的土壤都是由不同粒级的土粒组成的,任何一种土壤都不可能只有单一的粒级。土壤中各粒级土粒的配合比例,或各粒级土粒在土壤重量中所占的百分率的组合称为土壤质地(或称土壤的机械组成)。土壤质地是土壤的重要物理性质之一,对土壤的水分、养分、空气、热量、耕性和生产性能有重要的影响。相同质地的土壤,其矿物土粒组成相近,表现出的各种

