

农业干部培训教材

土壤肥料

农牧渔业部干部培训班 编
浙江农业大学班

上海科学技术出版社

农业干部培训教材

土 壤 肥 料

农牧渔业部干部培训班 编
浙江农业大学班



上海科学技术出版社

土壤肥料

农业干部培训教材
土壤肥料

农业干部培训教材

土壤肥料

农牧渔业部干部培训班 浙江农业大学班 编

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所发行 松江科技印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 6 字数 127,000

1985 年 5 月第 1 版 1985 年 5 月第 1 次印刷

印数: 1—20,600

统一书号: 16119·846 定价: 0.95 元

前 言

这套《农业干部培训教材》包括植物和植物生理、农业气象、土壤肥料、植物保护、农作物遗传育种、作物栽培和畜牧兽医共七种，是为农牧渔业部委托举办的江苏、浙江和上海两省一市县级以上农业领导干部培训班编写的。从一九七九年九月以来，我们已使用了四年共八期。在此期间，我们曾几次组织有关教师到各地调查，收集资料，并广泛听取了历次学员的意见，在此基础上，作了多次修改，以期能较好地反映两省一市的农业生产实际。为满足各地农业干部培训的需要，今由上海科学技术出版社出版。

这套教材以讲授各学科的基本理论和基础知识为主，并结合南方当前农业生产的实际，阐述一些主要的技术措施。在讲授时，既可按照学科的系统性顺序进行，又可根据生产的环节，重新组织各课体系，讲授当前生产上需要的科学技术；既解决目前的需要，又照顾了长远的需要。每讲的内容既有相对的独立性，又与其他各讲组成一个有机的整体；文字精练，图文并茂，方便自学。每讲之后还附有复习思考题。

本教材主编陈锡臣，副主编王兆骞、陈世才。

各分册的编写人员：

植物和植物生理	钱 熙	梁竹青
农 业 气 象	乐锦蟾	
土 壤 肥 料	童永忠	马国瑞
植 物 保 护	陈 琇	陈鹤生

农作物遗传育种

夏英武

作物栽培

王兆骞

丁元树

丁守仁

沈惠聪

贾仁清

畜牧兽医

盛叔本

方德罗

参加本教材审编的有：俞震豫、申宗坦、葛起新等；参加编写工作的还有王人潮、董明远、王华仁等。

这套教材尽管作了多次修改，但由于我们水平有限，难免有不妥之处，甚至有错误的地方，敬请读者提出批评和指正。

农牧渔业部干部培训班浙江农业大学班

一九八四年三月

目 录

第一讲 土壤和肥力的概念及其与农业生产的关系..... 1

一、土壤和肥力的概念..... 1

(一)土壤的概念..... 1

(二)土壤肥力的含义..... 2

二、土壤是怎样形成的..... 3

(一)岩石经过风化作用变成母质..... 3

(二)母质经过生物作用才形成土壤..... 6

三、土壤肥力的物质基础..... 8

(一)土壤矿物质..... 9

(二)土壤有机质..... 10

复习思考题..... 12

第二讲 土壤的肥力因素..... 14

一、土壤水分..... 14

(一)土壤的储水量和持水力..... 14

(二)土壤水的有效量和有效度..... 15

(三)土壤水的类型和移动..... 18

二、土壤养分..... 19

(一)土壤营养元素的含量..... 20

(二)土壤营养元素的形态..... 21

(三)土壤营养元素的转化..... 22

三、土壤空气..... 24

(一)土壤空气的含量和组成..... 25

(二)土壤通气性..... 26

(三)土壤通气性的调节..... 28

四、土壤温度	29
(一)土壤温度的作用和变化	29
(二)土壤的热特性	30
(三)土壤温度的调节	32
五、土壤肥力因素的相互关系	33
(一)土壤水分与空气的相互关系	33
(二)土壤热与土壤水、气的相互关系	34
(三)土壤热、水、气与土壤养分的相互关系	34
复习思考题	35
第三讲 土壤的基本性质	37
一、土壤的孔性	37
(一)土壤孔隙的数量	37
(二)土壤大小孔隙的分配和分布	38
二、土壤质地	39
(一)土粒的大小	40
(二)土粒的一般形状和性质	41
(三)土壤质地类别	42
(四)土壤质地和肥力的关系	43
(五)不同质地土壤的利用和改良	43
三、土壤结构性	45
(一)土壤团粒结构	45
(二)非团粒结构	47
四、土壤的吸收性	48
(一)土壤阳离子交换作用及其特征	48
(二)土壤阳离子交换量	50
(三)土壤的盐基饱和度	52
(四)交换性阳离子的有效度	53
五、土壤酸碱性	54
(一)土壤酸的来源和酸度类型	54

58	(二)土壤碱度	58
58	(三)缓冲性	58
59	(四)土壤酸碱度对土壤肥力和植物生长的影响	59
61	六、氧化还原性	61
61	(一)土壤中氧化还原电位的产生	61
63	(二)影响土壤氧化还原电位的因素	63
63	(三)Eh 值在判断土壤肥力上的意义	63
64	复习思考题	64
65	第四讲 土壤类型及其利用和改良	65
65	一、我国土壤分布的规律性	65
65	(一)土壤分布的地带性	65
65	(二)我国的地带性土壤	65
66	(三)我国的水平土壤带	66
67	(四)我国的垂直土壤带	67
68	二、江、浙、沪地区的土壤及其改良	68
68	(一)地理概况	68
70	(二)丘陵和平原土壤的特点	70
72	(三)丘陵山地土壤	72
75	(四)平原土壤	75
76	(五)土壤改良问题	76
79	三、水稻土	79
79	(一)水稻土的剖面形态	79
82	(二)水稻土的特性及其意义	82
84	(三)水稻土的分类	84
86	(四)肥沃水稻土的特征和培育	86
89	复习思考题	89
90	第五讲 土壤普查	90
90	一、土壤普查的意义	90
90	二、我国的两次全国性土壤普查	90

85	三、土壤普查的方法和內容	92
86	(一)组织准备	93
86	(二)野外勘测	93
10	(三)土壤标本的分析和普查总结	95
18	四、土壤普查成果的应用	96
88	五、应用航空相片测制土壤图简介	97
88	复习思考题	98
	第六讲 作物营养与施肥	99
88	一、作物必需的营养元素	99
88	二、作物对养分的吸收	101
88	三、作物的营养特点	102
88	四、环境条件对作物吸收养料的影响	104
88	复习思考题	103
	第七讲 化学肥料	109
88	一、氮肥	109
88	二、磷肥	120
07	三、钾肥	126
87	四、微量元素肥料	130
87	五、复合肥料	134
87	六、石灰、石膏等肥料	135
87	复习思考题	139
	第八讲 有机肥料	140
88	一、概述	140
18	(一)有机肥料在农业生产中的作用	140
88	(二)有机肥料的腐熟原理	141
88	二、家畜粪尿及厩肥	142
00	三、人粪尿	146
00	四、绿肥	149
00	五、土杂肥	160

六、微生物肥料	165
复习思考题	167
第九讲 肥料的保管、混合和鉴定	163
一、肥料的保管	168
二、肥料的混合	170
三、常用化肥的鉴定	174
(一)外观识别	175
(二)溶解性	175
(三)与碱性物混合后的反应	175
(四)加热或燃烧	175
复习思考题	176
附录 1. 常用肥料成分表	177
2. 主要绿肥作物养分含量	180

则曰土。以人所耕种而艺植则曰壤。这两句话的意思是：凡是有自然植物生长的地方，就可以称它为“土”。它相当于现代的“自然土壤”的概念；而所谓“壤”，是指经过人类垦殖和合理耕作过的土壤，它相当于现代的“农业土壤”的概念，它的生产性能和肥力水平都高于“土”。

我国现代的土壤一词的含义就是根据“土”和“壤”两字的原始意义发展起来的。“土”和“壤”两字联用就把自然土壤和农业土壤的概念都包括在内了。

近代土壤学对土壤下的定义是怎样呢？土壤学界普遍承认和应用苏联土壤学家威廉士所下的定义：“土壤是在地球陆地上能够产生植物收获的疏松表层”。这个定义既说明了

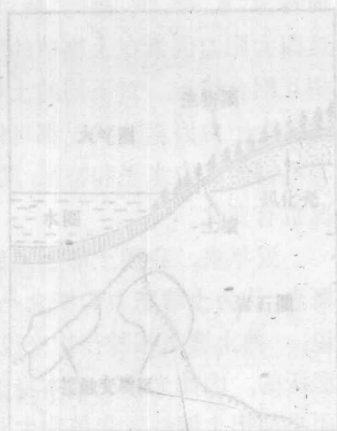


图 1-1 土壤在自然界的位置

第一讲 土壤和肥力的概念及其与农业生产的关系

一、土壤和肥力的概念

(一) 土壤的概念

什么是土壤?“土”和“壤”的原始涵义是什么?两千多年前的《周礼》一书,就已对此作了回答。它写道:“万物自生焉则曰土,以人所耕而树艺焉则曰壤”。这两句话的意思是:凡是有自然植物生长的地方,就可以称它为“土”。它相当于现代的“自然土壤”的概念。而所谓“壤”,是指经过人类垦殖和合理耕作过的土壤,它相当于现代的“农业土壤”的概念;它的生产性能和肥力水平都高于“土”。我国现代的土壤一词的含义就是根据“土”和“壤”两字的原始意义发展起来的。“土”和“壤”两字联用就把自然土壤和农业土壤的概念都包括在内了。

近代土壤学对土壤下的定义是怎样的呢?土壤学界普遍承认和应用苏联土壤学家威廉士所下的定义:“土壤是在地球陆地上能够产生植物收获的疏松表层”。这个定义既说明了



图 1-1 土壤在自然界的位置

土壤在地球上的位置和物理状态，又指出了土壤最重要的不同于其它自然体的特性在于产生植物收获。关于土壤的这一含义是同我国古代的土壤概念相一致的。所以，土壤概念与植物生长概念是紧密联系在一起。那么土壤为什么能够产生植物收获的呢？这是因为土壤具有一种独特的能力，即肥力。土壤具有肥力这个属性被称为土壤的质的特性。

(二)土壤肥力的含义

什么是土壤肥力呢？关于肥力的含义也是随着生产和科学的发展而逐步发展和完整起来的。很早以前，西方学者传统地把土壤供应养料的能力看作是肥力。这显然是不全面的。养分只是肥力的一个因素，它不能代表土壤肥力的全部含义。那么怎样全面地来理解土壤肥力呢？我国多数土壤学者认为：肥力是土壤的本质，它的含义是指“土壤供应和调节植物所需要的水分、养分、空气和热量的能力”。我们从这里可以知道，土壤肥力包括了水分、养分、空气和热量等四个因素，简称为“水，肥，气，热”。所以土壤的肥力水平和特征，取决于这四大肥力因素在土壤中的“质”和“量”，取决于它们之间的相互配合情况。对不同的土壤，或同一土壤在不同的季节里，这四个肥力因素的状况都可能不同，于是就出现了不同土壤有不同的肥力水平和特征；同一土壤在不同季节里，其肥力状况也有变化。

近年来，我国土壤生态研究者曾对土壤肥力提出了新的概念，认为土壤肥力的概念是相对的，具有生态性质。这就是说，一种土壤对某种作物来说是瘠薄的，而对另一种作物却是肥沃的。因此光凭土壤本身性质还不足以说明土壤的肥瘦，而必须把土壤性质和植物生长及其环境条件三方面联系起来，才能说明土壤肥力。据此，土壤生态学者认为土壤肥力就

是土壤内在的能够为植物转化的物质和能量。土壤肥力的生态学观点对于我们正确地评价和合理地利用土壤资源，很有启发意义。

从理论上讲，肥力都应当表现在生产上，并产生经济效果。但实际上，由于受环境条件和技术水平的限制，能在生产上表现出来的，仅是其中的一部分。也就是说，还有一部分肥力暂时不产生经济效果。据此，我们就可把土壤肥力区分为两个部分，把直接产生经济效果的肥力称为“有效肥力”，而把不能直接产生经济效果的肥力称为“潜在肥力”。有效肥力和潜在肥力两者是不能截然分开的，因为它们在一定的条件下，可以相互转化。在农业生产实践中，许多耕作管理措施，都是为了促进潜在肥力向有效肥力转化，使土壤肥力在生产中发挥更大的作用。

二、土壤是怎样形成的

当地球上还未出现生命的时候，在地球表面到处是坚硬的岩石，土壤并不存在。坚硬的岩石变成疏松有肥力的土壤要经过长期而深刻的变化，这种变化在理论上说可分为二个阶段：即团结成块的岩石经过风化，变成疏松的矿物质母质的阶段，以及母质经过包括生物在内的多种因素的作用而形成土壤的阶段。

(一)岩石经过风化作用变成母质

当地壳中的岩石矿物暴露或抬升到地表，它们就会在物理和化学因素的影响下逐渐发生变化。结果使成块的岩石矿物变成松散的碎屑，这个过程称为风化过程，这个作用称为风化作用。一般认为引起岩石矿物风化的作用有以下二种：

1. 物理的风化作用 物理风化的主要动力是温度。温度引起岩石破坏的原因有二方面：第一，岩石是热的不良导体，在白天，岩石表面的温度升高得快，膨胀得迅速，而内部温度升高得慢，膨胀得少，内外部不同程度的膨胀，便使岩石表面发生细小的裂隙。在晚间温度降低，表层岩石迅速冷却，收缩很快，而内部岩石慢慢冷却收缩得慢，这样就使岩石发生另一种方向的开裂。表层岩石在温度长期交互变化作用下，就渐渐地粉碎而剥落了，这种现象叫层状剥落(图 1-2)。这一现象在冷热变化较大的山区，特别是在岩石的表层，是很普遍的。第二，岩石是由多种矿物所构成的，而各种矿物热胀冷缩的程度却不相同，这样，就在岩石内部各种矿物之间发生了差异，从而加速了岩石的崩解。



图 1-2 温度变化引起岩石胀缩不均而崩解过程示意图

物理风化的动力还有水的结冰作用，风挟带尘沙的磨蚀作用，流水挟带泥沙的摩擦和冲击作用等。在物理风化动力作用下，整体状的岩石就产生了大小不同、棱角明显度不等的岩石碎屑，包括石块、砾石、砂子。岩石的这种变化只是体积和形状上的改变，化学成分则基本上没有改变。但是从整体上看，岩石碎屑和原来的整块岩石则有所不同。这主要表现在对水和空气的关系上。水和空气能在物理风化后的岩屑中流通，这样就为岩石、矿物进

一步接受化学风化创造了条件。但是岩屑虽可透水，却不能保水；或者严格地讲，岩石物理风化所产生的碎屑物质中保留水份，不但量少，而且很不稳定，不能保证植物良好生长。

2. 化学的风化作用 化学风化的主要动力是水。应该说，多数矿物是很难溶解于水的，特别是那些在岩石中占优势的矿物，如长石、云母、石英等。但是这些矿物毕竟或多或少地溶解于水，绝对不溶解是没有的。举例来讲，石英在常温下几乎不溶于水，但在热水中，它的溶解度可达万分之一；又如云母，它在水中的溶解度可以达到三十四万分之一。

水之所以能够损坏难溶解的矿物，而使之溶化于水，主要是由于水有两种功能：水是一种“极性分子”。就是说，水分子本身显示着正、负电性不平衡的两极，其中一个极显示较强的正电性；另一极显示较强的负电性（故称极性分子）。当极性水分子同矿物晶格表面的铝或硅离子相接触时，就不可避免地被吸持，并造成水分子中的一些氢离子被排斥，使之与矿物晶格上的氧离子相接合，形成了氢氧基；另一方面，原来的水分子排斥氢离子以后变成了氢氧离子，与铝或硅离子相接合。其结果，矿物晶格裸露面上的铝和硅，被氢氧离子所包围，而使这种矿物发生了“水化”，改变了原来的化学性质，因而使矿物受到损坏，逐渐变为可溶于水的成分。所以，“水化作用”是水促使难溶性矿物发生破坏和溶解的一个重要作用。水的另一重要作用叫“水解作用”。这就是水分子能离解出氢离子，而同矿物晶格上的钾离子交换，这样，既改变了矿物的化学组成，又使溶液的pH升高，从而逐渐使难溶性矿物破坏。总之，水对于矿物的分解破坏作用，应当从水分子的极化现象和解离作用两方面去理解。岩石、矿物的这种破坏不仅是形状大小的改变，而且产生化学组成的改变，故称为化学风化。

当然，自然界的水大多是不纯净的，它经常含有二氧化碳。含有二氧化碳的水具有较强的溶解力。例如石灰石是难溶性矿物，一般只有万分之一到十万分之几的溶解度，但在含有二氧化碳的水中，其溶解度会成十倍地提高。在石灰岩地区石灰岩溶洞的普遍出现，就是这个道理。

化学风化的动力除了水以外，还有氧化作用，这里就不论述了。

化学风化的结果，不但使风化物质的颗粒变得更细小，而且使岩石矿物的成分发生了变化，随之而来的物理学性质及物理化学性质也发生了巨大变化。例如，化学风化体的透水性和保水性大大地提高了，并对从岩石矿物中释放出来的可溶性植物养分，也有一定的保蓄能力，但还是不很稳定的。所以风化作用产物还不具备土壤质的特性，它还不是土壤，而只能叫做“母质”。

岩石风化的产物——母质，有的就在原来的风化地点堆积起来，称为残积母质，这在平缓的山地上可以见到。但大部分风化产物在自然力（重力、流水、风等）的作用下，经过搬运，远离了原来的风化点，在其它地方沉积下来，这称为运积母质。这些运积母质又可根据它们搬运的动力和沉积的方式不同，而分成以下几种：由重力或流水作用而在山麓堆积的称为坡积母质或叫坡积体；由河流泛滥，沉积在河道两侧的叫冲积体；由湖水泛滥沉积在湖泊四周的叫湖积体；由海水涨潮回流而在浅海区沉积下来的叫浅海沉积体；由大风吹送沉积下来的叫风积体等等。认别不同类型的母质对野外鉴别土壤是很有用处的。

（二）母质经过生物作用才形成土壤

岩石变成母质，仅仅是形成土壤的第一步，只有在生物的

积极作用下，成土母质才能变成具有肥力的土壤。成土母质中的养分是非常分散而不是富集的，养分的种类也是很不完全的，而且都容易随水流失，同时在养料成分上，植物最需要的氮素养分几乎没有。只有当母质中出现了微生物和绿色植物时，土壤的形成才算真正开始。最初在母质上出现的生物，是一种不需要有机物质作能源的，只要有水份、空气和一些矿质养料便能生活的“自营细菌”；随后生长的是地衣和苔鲜等低等植物；最后才出现了高等植物。高等植物，特别是绿色植物出现后，土壤中的生物的积累作用就越来越大，得到了实质性的加强。其重要结果是：首先，植物能够通过强大的根系，选择吸收它所需要的各种矿物质养料，把存在于风化体或母质中非常分散的可溶性养分，相对地集中起来，而组成自己的身体，使养分以有机质的形态保存在土壤中。其次，植物很需要而母质中又几乎没有的氮素养分，能经过多种固氮微生物的生命活动，把空气中游离的氮素，变为这些微生物的有机成分，形成了氮素化合物，因而使原来缺乏氮素化合物的母质，逐渐有了氮素养料。第三，存在于土体内的生物死亡后，它们的残体经过微生物的分解作用，一部分成为后来植物所需要的矿质养分，一部分重新组合成一种特殊的物质——腐殖质，即生物合成的高分子化合物。腐殖质在肥力发展方面有很大作用，因为一方面它能把植物营养保蓄起来，而免于淋洗损失，另一方面以其胶体性能改变着母质的物理性质及物理化学性质，使不易聚合而易分散的母质颗粒较好地团聚起来，形成大小适宜的土壤团粒结构。总之，土体内出现了微生物、低等植物和土壤动物，地面有天然植被之后，生物就发挥了积极的作用，使成土母质的肥力性质得到不断完善，最后发展成为各种类型的土壤。