

中等专业学校教材

土壤与农作

陕西省水利学校主编



水利电力出版社



前 言

本书系根据1978年水利电力部制定的中等专业学校教材编写规划，编写的通用教材。

本书以辩证唯物主义和历史唯物主义为指导思想，研究土壤肥力变化规律，作物生育特性与外界环境条件及栽培措施三者之间的关系。《土壤与农作》是一门密切联系生产实际的课程，为此在编写过程中，我们力求做到：既要加强基础理论，又要理论联系实际；既要加强基本知识的阐述，又要注意基本技能的培养。

我国幅员辽阔，各地自然条件不同，土壤与作物栽培技术也有很大差异。为了满足各地区教学上的需要，本书对低产田(土)的改良与水稻、小麦、玉米和棉花栽培等五章，根据我国南方与北方的不同特点分别作了阐述，教师在讲授时，可根据当地的实际需要进行取舍。

本书由陕西省水利学校曹境云同志主编(绪论、第一章至第九章)，扬州水利学校许闻广同志参加编写(第十章至第十三章)。陕西省水利学校崔腾明同志参加了部分章节的修改。

本书由山东省水利学校高庭和、李连清、范宽斌、姜玉美、田明华、郁椿阳等同志主审。山东农学院仲跻秀、金留福，山东省水利科学研究所刘有昌、张新华，山东省水稻研究所邓超凡，山东省泰安地区农科所章康保，辽宁省水利学校段佩瑜，内蒙古水电学校王锦兰参加审稿并提出了宝贵意见。在审编过程中，得到了山东省水利学校的大力支持和热情帮助，编者谨此致谢。

希望广大师生及本书读者对本书中的缺点给以批评指正。

编 者

1979年3月

绪 论

建国以来，在党中央和毛泽东同志的正确领导下，胜利地完成了农业所有制方面的社会主义改造，发展农村生产力，兴办社会主义大农业，贯彻执行“八字宪法”（土、肥、水、种、密、保、管、工），实行科学种田，农业生产得到了一定的发展。我国以不到世界百分之七的耕地，养活了超过世界五分之一的人口，这是一个了不起的成就，正是在这个基础上，我们才把一个贫穷落后的半殖民地、半封建的旧中国，逐步建设成了社会主义新中国。但是，也必须看到，目前我们的国家还很穷，技术还很落后，特别是林彪、“四人帮”的干扰破坏，使我国农业的发展远远没有达到预期的目标，与世界先进水平相比差距较大。

农业是国民经济的基础。在我们向四个现代化全面进军的新的历史条件下，一定要更好地执行以农业为基础的方针，尽快地把农业搞上去，使农业适应我国当前各项建设事业高速发展的需要。

农田基本建设是实现农业现代化的一项根本措施。农田基本建设是以建设旱涝保收，高产稳产田为目标，以改土治水为中心，实行山、水、田、林、路综合治理；涉及面广，要组织水利、农林、工业、交通、财贸、物资等部门参加。农田水利工作者的任务是：不仅要完成农田水利工程的勘测、规划、设计和施工，同时还要从事土壤改良、灌溉管理等工作。也就是既治水，又改土；既为大搞农田基本建设贡献力量，又为实行八字宪法，提高科学种田水平，积极发挥自己的职能作用，以更好地为农业生产服务。农田水利工作者在实际工作中必然会遇到土壤与农作方面的许多问题，因此，必须掌握这方面的基础知识，用现代科学技术武装自己，以适应实际工作的需要，更好地为实现四个现代化作出贡献。

根据农田水利工作的需要和专业的要求，本课程在土壤方面主要讲授土壤的物质基础、物理、化学特性，掌握土壤肥力变化的一般规律以及低产土壤的改良和利用；农作物方面，主要讲授水稻、小麦、棉花、玉米四种作物的生长发育规律与栽培技术等基本知识。

土壤与农作是一门内容丰富而又密切联系生产实际的科学，是以农业科学领域中许多科学（如农业气象学、植物学、植物生理学、土壤学、作物栽培学等）作为理论基础和技术基础。在学习中需要运用“对立统一”，“外因与内因”，“共性与个性”等辩证观点，揭露土壤与水分、作物与水分以及各种农业措施与水分之间的相互关系，掌握提高土壤肥力和加速高产稳产农田的培育的基本知识。从而为学习农田水利等专业课程以及将来从事实际工作打好基础。

目 录

前 言

绪 论

第一篇 土 壤

第一章 土壤矿物质	2
第一节 土壤矿物组成和化学组成	2
第二节 土壤颗粒分级	3
第三节 土壤质地分类	4
第二章 土壤有机质	8
第一节 土壤有机质的类型及成分	8
第二节 土壤有机质的转化	9
第三节 土壤有机质对于土壤肥力的作用	12
第四节 耕作土壤有机质含量的保持和调节	13
第三章 土壤养分与土壤的保肥性能	14
第一节 土壤养分	14
第二节 土壤的吸收性能	18
第三节 物理化学吸收	19
第四章 土壤酸碱反应	25
第一节 土壤溶液	25
第二节 土壤酸碱反应	25
第三节 土壤的缓冲性能	29
第四节 土壤的氧化还原反应	29
第五章 土壤结构与一般物理性	30
第一节 土壤的比重与容重	30
第二节 土壤孔隙	31
第三节 土壤结构	33
第四节 土体构造	37
第六章 土壤水分、空气和热量状况	39
第一节 土壤水分的类型及性质	39
第二节 土壤含水量及土壤水分的有效性	42
第三节 土壤水分的运动与分布	48
第四节 土壤空气	55
第五节 土壤热量状况	56
第七章 高产土壤的培育	59
第一节 深耕改土	60
第二节 合理施肥	61

第三节	合理灌排	64
第四节	合理轮作	66
第八章	低产田(土)的改良	68
第一节	盐碱土的改良	68
第二节	冷浸田的改良	77
第三节	红壤的改良	80

第二篇 农 作

第九章	作物与水分	83
第一节	作物水分生理	83
第二节	作物需水规律与灌水指标	88
第十章	水稻	96
第一节	概述	96
第二节	水稻育秧	97
第三节	水稻本田栽培管理	101
第十一章	小麦	108
第一节	概述	108
第二节	小麦的阶段发育与生育时期	108
第三节	冬小麦栽培技术	114
第四节	春小麦栽培技术	118
第十二章	玉米	122
第一节	概述	122
第二节	玉米的生长发育与环境条件的关系	123
第三节	玉米的栽培技术	125
第十三章	棉花	130
第一节	概述	130
第二节	棉花的生育规律	132
第三节	棉花的栽培技术	134
第四节	棉花育苗移栽	139

第一篇 土 壤

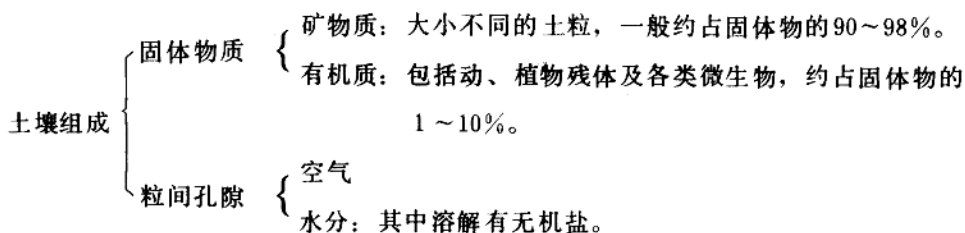
土壤是地球陆地表面能够生长植物的疏松表层，是作物生长发育的基地，它不仅起着支持和固定植物的作用，而且供给植物生命活动所必需的生活条件。土壤不是静止不变的，而是运动发展的；土壤也不是孤立的，而是和自然环境，人为活动密切联系的。因此土壤不只是自然形成的自然历史体，而且也是人类生产劳动的产物。

土壤之所以是植物生长发育的基地，成为农业生产的基础和最基本的生产资料，是因为它具有一种独特的性质——肥力。所谓土壤肥力，就是土壤在植物生长的各个时期及时供给和协调植物所必需的水、肥、气、热等生活条件的能力。肥力是土壤的本质特性。自然界中没有肥力的土壤是不存在的，所以土壤的概念和肥力的概念是分不开的，而作物产量的高低是土壤肥力高低的最终表现。

土壤肥力的发生与发展，受到很多因素的影响，根据其产生的原因不同分为自然肥力与人为肥力。自然肥力是指在自然因素（生物、母质、气候、地形、时间）综合影响下所产生和发展起来的肥力。未经人们垦殖而只具有自然肥力的土壤，称为自然土壤。人为肥力是指在人类活动的影响下所产生的和发展起来的肥力。具有人为肥力的土壤则为农业土壤。农业土壤虽然也不同程度的受到自然因素的影响，但更重要的是受人类的生产活动如耕作、施肥、灌溉、排水等的影响，所以农业土壤既具有自然肥力，又具有人为肥力。自然肥力与人为肥力的综合效应就成为农业生产中发挥重大经济意义的有效肥力（经济肥力）。土壤的有效肥力，是人类认识自然，改造自然劳动与智慧的结晶。马克思正确指出：“土壤是劳动的产物”。

作为农业土壤本质特性的经济肥力，已经不是一种自然特性，而是同社会生产关系和生产力密切联系着的。同时农业土壤的经济肥力是可以随着人类生产活动的发展而不断提高的。

土壤是由固体、液体、气体三类物质组成的。固体物质包括大小不同的矿物质土粒和有机质。液体指的是土壤水分，实际上是土壤溶液。空气存在于土壤水分占据以外的孔隙中。固体、液体、气体称为土壤的三相组成，是植物生长不可缺少的基本条件，是土壤肥力的物质基础。



第一章 土壤矿物质

矿物质是土壤的主要组成部分，它是岩石及矿物的风化产物，是组成土壤的“骨架”部分。是土壤矿质养分的主要来源，也是影响土壤的各种物理、化学性状的基本条件。

第一节 土壤矿物组成和化学组成

矿物是地壳中各种地质作用的天然产物，它具有一定的化学成分和内部构造，因而具有一定的物理和化学性质。矿物可以是一种元素组成的，如自然硫和金等；但绝大多数矿物是由几种元素化合而成，如石英、黄铜矿等。组成地壳的矿物大约有2500多种，但常见的不过40多种。

土壤中的矿物包括原生矿物和次生矿物。原生矿物是指在原生岩风化的过程中，遗留下来的没有改变成分和结构而又遭到机械破碎的矿物，主要有石英、长石、云母、角闪石、辉石、磷灰石、方解石、赤铁矿、褐铁矿等。其中石英最稳定，不进行化学分解，所以一般土壤的原生矿物中的石英含量很高，是土壤中砂粒的主要组成物质。长石较石英易风化，最后转变成各种次生粘土矿物，甚至可以彻底分解。其它原生矿物也容易风化，是植物营养元素钾、硫、镁、铁等的来源。

次生矿物是在风化过程和成土过程中经过化学变化新产生的一些原生岩中没有的新矿物，主要有硅土、次生硅酸盐或铝(铁)硅酸盐矿物、铁铝氧化物以及简单的矿物盐类。在这些次生矿物中，数量最多且与农业生产关系最为密切的是次生硅酸盐和铝(铁)硅酸盐矿物。其中又以高岭石类，伊利石类及蒙脱石类较为重要。它们的粒子微小，构造特殊，具有较高的抗风化能力和各种特性，如离子的吸收性能、多种物理机械特性等。因此它们与土壤肥力和土壤耕性等有很密切的关系。

土壤矿物质的化学组成对土壤的理化性质和土壤肥力等有很大影响。一般土壤中主要矿物的化学组成以二氧化硅 SiO_2 、三氧化铝 Al_2O_3 、三氧化二铁 Fe_2O_3 、氧化亚铁 FeO 、氧化钙 CaO 、氧化镁 MgO 、氧化钾 K_2O 、氧化钠 Na_2O 、五氧化二磷 P_2O_5 、氧化钛 TiO_2 等含量最大。其中O、Si、Al、Fe、Ca、Mg、Na、K、Ti、C等十大元素占土壤矿物质部分千重的99%以上，其它元素总共不过1%，作物最需要的养料元素如N、P、S等含量都很少。

表 1-1 土壤中矿物的主要化学元素平均含量(重量%)

元 素	含 量	元 素	含 量	元 素	含 量
O	49.00	Ca	1.37	P	8×10^{-2}
Si	33.00	Mg	0.60	N	1×10^{-2}
Al	7.13	K	1.36	Mn	8.5×10^{-2}
Na	0.63	Ti	4.6×10^{-1}	S	8.5×10^{-2}
Fe	3.80	C	2.00	Cl	1×10^{-2}

以上矿物中所含的磷、钾、钙、镁、硫和铁等元素皆为植物所必需的养料，经过溶解被植物吸收，是组成植物有机体的原料。所以土壤矿物质不仅是组成土壤的骨架部分，而且是植物养料的重要来源。

第二节 土壤颗粒分级

一、土壤颗粒分级

矿物岩石经过各种风化作用以后，形成大小不等的矿物质颗粒，称为土粒。由于土粒的大小很不一致，其性质和组成成分也不相同，为了研究方便，把土粒按着粒径的大小划分为若干等级，这些等级叫做粒级或粒组。粒级的分类标准较多，现将我国及国际制和苏联制的土壤颗粒分级标准分别介绍于下：

1. 我国土壤颗粒分级标准

表 1-2 我国土壤颗粒分级标准

颗粒名称		粒径 (毫米)
石块		>10
石砾	粗砾	10~3
	细砾	3~1
砂粒	粗砂粒	1~0.25
	细砂粒	0.25~0.05
粉粒	粗粉粒	0.05~0.01
	细粉粒	0.01~0.005
粘粒	粗粘粒	0.005~0.001
	细粘粒	<0.001

以上三种土壤颗粒分级方法所划分的粒组，又可归纳为三个基本粒级，即石砾与砂粒、粉砂粒和粘粒。

二、土壤各粒组的基本特性

土粒大小不同，其化学组成和物理性状也不同。

1. 石砾与砂粒

透水性强，毛管水上升很低，无可塑性，与粘着性，无湿胀干缩的性质，保水能力弱，在缺水的情况下呈单粒分散状态，但易通气，排水快。

2. 粉砂粒

透水性不太大，毛管水上升较高，略有可塑性，微具粘着性，没有显著的湿胀干缩性质，干燥时较紧密，不呈分散状态。

2. 国际制土壤颗粒分级标准

表 1-3 国际制土壤颗粒分级标准

粒组名称	粒径 (毫米)
石砾	>2
粗砂粒	2~0.2
细砂粒	0.2~0.02
粉砂粒	0.02~0.002
粘粒	<0.002

3. 苏联卡庆斯基土壤颗粒分级标准

表 1-4 苏联卡庆斯基土粒分级法 (1957)

机械成分名称	粒径 (毫米)	
石	>3	物理性砂粒
砾	3~1	
粗砂	1~0.5	
中砂	0.5~0.25	
细砂	0.25~0.05	
粗粉砂	0.05~0.01	物理性粘粒
中粉砂	0.01~0.005	
细粉砂	0.005~0.002	
粗粘粒	0.001~0.0005	
细粘粒	0.0005~0.0001	
胶粒	<0.0001	

3. 粘粒

透水性弱，毛管力强，可塑性与粘着性都强，具有强烈的湿涨干缩性质，蓄水力强，干燥时形成坚硬的土块。

表 1-5 不同粒径矿物质颗粒的化学组成 (%)

粒 级 等 级 (毫米)		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅
砂	1.0~0.2	93.6	1.6	1.2	0.4	0.6	0.8	0.05
	0.2~0.04	94.0	2.0	1.2	0.5	0.1	1.5	0.1
	0.04~0.01	89.4	5.0	1.5	0.8	0.3	2.3	0.2
粉 粒	0.01~0.002	74.2	13.2	5.1	1.6	0.3	4.2	0.1
粘 粒	<0.002	53.2	21.5	13.2	1.6	1.0	4.9	0.4

从上表数据可知，大小不同的矿物质颗粒具有不同的化学组成，颗粒愈大，SiO₂含量愈高，含其它成分愈少，颗粒细小的SiO₂含量减少，其它营养成分增多，特别是对作物来说重要的营养元素磷、钾增多，因此，一般细质的土壤较粗质土壤肥沃。

第三节 土壤质地分类

一、土壤质地的概念

任何一种土壤都是由大小不同粒级的土粒（砂粒、粉砂粒和粘粒）混合组成的。土壤不同，各粒组土粒的含量比例也不一样，表现出来的性质也不同，如松、紧、粘、散等。

土壤中各粒级的组合比例或各粒级所占的百分数叫做土壤质地，也就是土壤的砂粘程度，也称为土壤的机械组成。土壤质地是土壤的重要农业性状，是影响土壤肥力高低的重要因素之一。

二、土壤质地分类

根据土壤中所含各种粒组的百分数的多少，可将土壤分为各种不同质地的土壤。

土壤质地的命名，通常都以影响这一土壤质地性质最大的那个粒组来表示。但是，在决定土壤质地性质上产生最大影响的粒组，并不一定在数量上占多数。如以等量的粘粒和砂粒相比较，粘粒对土壤地质的影响，远远大于砂粒。

土壤质地的分类方法也很多，现将我国土壤质地分类法与国际制和苏联卡庆斯基土壤质地分类法介绍于下：

1. 我国土壤质地分类法

表 1-6 我国土壤质地分类表

质地组	质地名称	颗粒组成(粒径:毫米)(%)		
		砂粒	粗粉粒	粘粒
		1~0.05	0.05~0.01	<0.001
砂土	粗砂土	>70	—	
	细砂土	60~70		
	面砂土	50~60		
壤土	砂粉土	>20	>40	<30
	粉土	<20		
	粉壤土	>20	<40	
	粘壤土	<20		
	砂粘土	>50		
粘土	粉粘土	—		30~35
	壤粘土			35~40
	粘土			>40

2. 国际制土壤质地分类

表 1-7 国际制土壤质地分类表

质地名称		所含粒组的百分数范围		
类别	名称	砂粒 2~0.02 毫米	粉砂粒 0.02~0.002 毫米	粘粒 <0.002 毫米
砂土类	砂土及壤砂土	85~100	0~15	0~15
壤土类	砂壤土	55~85	0~45	0~15
	壤土	40~55	30~45	0~15
	粉砂质壤土	0~55	45~100	0~15
粘壤土类	砂质粘壤土	55~85	0~30	15~25
	粘壤土	30~55	20~45	15~25
	粉砂质粘壤土	0~40	45~85	15~25
粘土类	砂质粘土	55~75	0~20	25~45
	粉砂质粘土	0~30	45~75	25~45
	壤质粘土	10~55	0~45	25~45
	粘土	0~55	0~55	45~65
	重粘土	0~35	0~35	65~100

3. 苏联卡庆斯基土壤质地分类法

包括简明分类和详细分类两种。在实际应用中多用简明方法，这是一种双级分类法，按物理性粘粒及物理性砂粒的百分组成划分砂土类、壤土类及粘土类三类，然后再按性质在量上的差别把每类分 2~4 级，共分九级(见表1-8)。

三、不同质地土壤的农业生产特性

不同质地的土壤，砂粘程度不同，农业生产特性不同，它直接或间接地影响土壤中水、肥、气、热的调节和供应，现将不同质地土壤的肥力特点和农业生产特性分述于下：

1. 砂质土

砂质土颗粒粗，粒间孔隙大，比较疏松通气，透水性好，有机质容易分解，但蓄水能力小，保肥力差，含植物养料少。砂质土昼夜温差大，早春及白天土温易上升，能早种早收，群众称为热性土。

砂土易耕，适耕期长，播种后易出苗，但发小苗不发老苗，漏水漏肥不耐旱，施化肥时一次不能过多，否则容易造成烧苗、徒长或养分淋失。应掌握有机肥料要多施深施，速效肥料要少施勤施。

表 1-8

苏联卡庆斯基土壤质地分类表 (简明方案)

质 地 名 称		物理性粘粒 (<0.01毫米)		物理性砂粒 (>0.01毫米)	
		含 量 %		含 量 %	
		灰 化 土 类	草 原 土 及 红 黄 壤 类	灰 化 土 类	草 原 土 及 红 黄 壤 类
砂 土	松 砂 土	0~5	0~5	100~95	100~95
	紧 砂 土	5~10	5~10	95~90	95~90
壤 土	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
粘 土	轻 粘 土	50~70	60~75	50~30	40~25
	中 粘 土	70~80	75~85	30~20	25~15
	重 粘 土	>80	>85	<20	<15

2. 粘质土

粘土粒细，粒间孔隙小，通气透水不良，易旱易涝，有机质分解缓慢，保肥能力强，含植物营养比较丰富，肥劲稳而长，作物不易徒长或烧苗。粘土湿时粘，干时硬，耕作困难，适耕期很短，播种后不易出苗。粘土昼夜温差小，早春及白天土温上升慢，土性冷，群众称为“冷土”。作物前期生长慢，发老苗不发小苗。

3. 壤质土

砂粘适中，兼有砂质土和粘质土的优点，既通气透水，又能保肥保水，水气矛盾不突出，土性发暖。壤质土一般水、肥、气、热比较协调，耕作时爽犁易耕，土块容易散碎，耕性好，是农业上最好的一种土壤质地。

综上所述，可知土壤质地与土壤肥力和作物生长关系密切。但质地并非决定作物生长和土壤肥力的唯一因素。事实上，单纯依靠土壤质地表现出来的肥力特点，并不能满足作物高产稳产的需要，必须全面贯彻农业“八字宪法”，才能不断解决作物需要和土壤肥力之间的矛盾。

四、土壤质地的改良

土壤质地上的问题，如过粘、过砂，是可以采用一些措施进行改良的。我国劳动人民在生产实践中积累了丰富的改良土壤质地的经验。有以下几个方面：

1. 客土改良

在砂质土壤中掺粘土，在粘质土壤中掺砂土，是改良土壤砂粘性的有效办法。如大寨大队在农田基本建设中，结合平地在白砂土中，每亩掺红土（黑土）四百担，结合施有机

肥料，使谷子的产量几乎增加了一倍。群众说：“砂土掺泥，好得出奇”，“粘土加砂，好象女儿见了妈”，生动地说明了客土改良的作用。

2. 水利改良

我国群众在改良河滩地时，采用引洪漫淤，在砂滩中引含泥量大的河水（群众说水发红色时），漫地淤泥压砂，可以较大面积地改良土壤，有一年洪水三年肥的说法。

3. 耕作改良

群众在改良夹砂地时，采用深翻的办法，翻砂压泥，翻泥压砂，使砂泥掺混，土质趋于适中，肥力得到改善。

4. 施肥改良

深耕结合施用有机肥料和种植绿肥可以增加土壤有机质，减低土壤的粘结力，提高土壤的熟化程度，对改良粘土有良好的效果。对砂土也可以增加其养分和保肥力。

用砂土、炉渣垫圈，施于粘土；用粘土压粪施于砂性土壤，几年之后可以改良土壤的砂粘性。大寨大队在红粘土上每亩施 140 担灰渣肥，耕耙后再施秸秆肥，当年种植作物就获得了良好的效果。

五、土壤质地田间手测法

土壤质地是修建农田水利工程时必须掌握的资料。精确地确定土壤质地，须在室内进行机械分析。在田间需要快速了解土壤质地，就要凭手指的感觉和土体在一定湿度下的外形表现来进行鉴别。

表 1-9 田间鉴别土壤质地表

土壤质地	干 试 法	湿 试 法		
		搓 团 法	搓 条 法	搓 片 法
粗 砂 土	1. 粗粒明显可见 2. 干时为分散状态 3. 用手指压搓有砂粒棱角感	搓时不能成团	不能成条	不能成片
细 砂 土	1. 细砂粒肉眼可见 2. 其它同上	1. 可成团 2. 抛之即散	不能成条	不能成片
砂 壤 土	1. 干时可成团 2. 极易压碎	1. 可成团 2. 抛之不散	可搓成细指粗的土条再细即散	搓面很不平整
轻 壤 土	土块易压碎有如压断一根火柴棒之力	同 上	能搓成粗约 3 毫米的土条用手提起即断	搓面较平整
中 壤 土	土块较难用力压碎	同 上	能搓成 3 毫米粗的土条将土条弯曲成 3 厘米圆圈时即断	搓面平整 无反光
重 壤 土	其小团块带棱，难以用手压碎	同 上	能搓成 3 毫米以下的土条可弯成 2 厘米的圆圈压扁有裂纹	搓面平整 有弱的反光
粘 土	土块坚硬，且带尖锐之棱，一般不能用手压破	同 上	能搓成 3 毫米以下的土条压扁无裂纹易弯曲	搓面很平整 有强反光

注 用湿试法时土壤水分必须适当而湿润均匀，以不粘手为宜。

第二章 土壤有机质

土壤有机质是指土壤中的动植物残体以及它们分解、合成的产物。它在土壤中的含量并不多，一般耕层含量约在1~1.5%之间，耕层以下常在1%以下；水田比旱田略高，通常约在2%左右。

土壤有机质的数量虽少，但在土壤肥力上的意义却很大。它是土壤肥力重要的物质基础，也是评价土壤肥瘦的重要标志之一。群众常用“黑”“油”等来形容土壤肥力的高低，这种“黑”“油”都和土壤有机质有密切的关系。

第一节 土壤有机质的类型及成分

一、土壤有机质的类型

1. 新鲜的有机质

主要指土壤里动植物的残体，特别是植物残落在土壤上或土壤中的茎叶、枝杆、根系等，它们是土壤中多种有机物质的基本来源。

2. 半分解的有机质

由于土壤微生物的作用，有机质已经失去了原来的形态特征。

3. 腐殖质

是有机质经微生物分解后再合成的一种褐色或黑褐色的胶体物质。一般腐殖质的含量约占土壤有机质总量的85~90%，是土壤肥力的一个主要指标。

二、土壤有机质的成分

土壤有机质的主要成分是C、H、O和含氮化合物中的N、S以及灰分元素P、K、Ca、Mg、Fe等和其它微量元素。按其组成物质可以分为六类：

1. 单糖类和有机酸

如果糖、蔗糖、葡萄糖、草酸、柠檬酸等。它们皆能溶于水，易分解，故其在土壤中易被水淋洗，不易在土壤中累积。

2. 淀粉、纤维素和半纤维素

它们是多糖类，不溶于水，纤维素和半纤维素是植物有机体的主要部分，都能被微生物分解，是土壤微生物的重要能源和碳素来源。

3. 木质素

木本植物中含量最多，是一种复杂的化合物，难分解。

4. 单柠、树脂、脂肪、蜡质

组成比较复杂，不溶于水，化学分解和微生物分解较慢，比较稳定。

5. 含氮化合物

易为微生物分解。不同的蛋白质经水解后可以生成不同的氨基酸，氨基酸再被分解

出N，被植物和微生物利用。蛋白质除含N外，还含有S、P、C、H、O、Fe等元素，与植物营养关系很大。

6. 灰分物质

植物残体中灰分物质约占干物质重的5%左右，其成分除以上所列举的P、K等五种灰分元素外，还有Na、Si、Al、Mn及Zn、B、F等微量元素。

三、土壤微生物

土壤微生物是土壤中活的有机体，它们在土壤养分转化中特别是有机物质的转化中，起着极其重要的作用。它们的种类多、数量大，一克土中可达几千万个到几十亿个。肥沃的耕层土壤一亩地可有1000斤微生物活体。土壤微生物包括细菌、真菌、放线菌，此外土壤中还有各种原生动物，以及低等植物——藻类。细菌中靠分解有机物获得能量的腐生细菌，如氨化细菌、纤维分解细菌、自生固氮菌、硝化细菌、反硝化细菌、磷细菌、钾细菌等，对养分转化关系很大。还有长在植物体上的共生细菌，如豆科根瘤固氮菌。放线菌的作用与细菌类似，可以分解各种有机物。真菌也有分解有机物的能力，各种原生动物和藻类，它们分解有机物和无机物，也有一定作用，有的藻类还有固定氮素的能力。总之，土壤微生物的生命活动，促进了土壤有机质的转化。

土壤微生物对空气的要求是不同的，有些需要空气中的氧气，在空气流通的条件下生活，叫做好气性微生物。有些不需要空气中的氧气，在空气不流通，缺乏氧气的情况下生活，叫做嫌气性微生物。土壤中的真菌、放线菌大部分属于好气性微生物。细菌则有好气细菌和嫌气细菌两类。

第二节 土壤有机质的转化

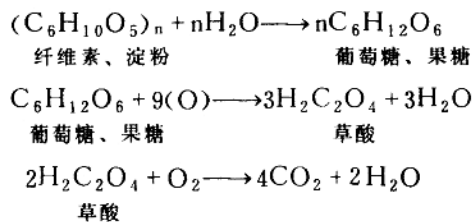
土壤有机质，在微生物作用下进行着各种化学、生物化学的分解、合成作用，引起有机质的转化，这些转化可以概括为两个主要方面：即有机质的矿质化和有机质的腐殖质化。

一、有机质的矿质化

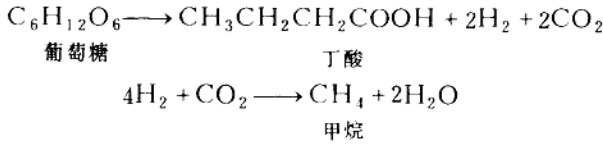
有机质的矿质化就是复杂的有机质经过微生物的一系列的分解作用，逐步变成简单的无机化合物的过程，称之为有机质的矿质化。在此过程中，由于有机质成分，所处的环境，微生物种类及其作用的不同，转化的速度和最终产物也都不相同。

1. 不含氮物质的转化

土壤中不含氮的有机物如淀粉、纤维素、果胶质等多糖物质，如果在通气良好，水分、温度适宜的情况下，在好气性微生物分泌出的酶的作用下，能逐渐分解，最后完全氧化成二氧化碳与水，并放出大量的热能，释放出各种养分。其过程可用下列方程式表示：



如果通气不良，在嫌气性微生物的作用下，分解缓慢、产生热量少，而且形成一些氢、甲烷等还原性物质，还可能有一些有机酸的积累。以单糖丁酸发酵为例：



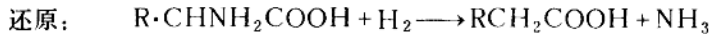
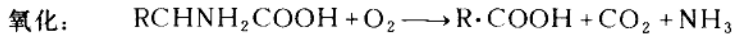
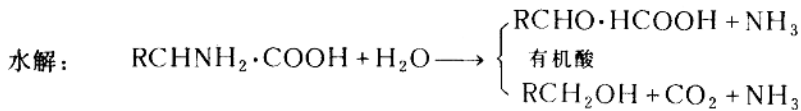
碳水化合物在土壤中分解，供给微生物碳源和能量，为形成腐殖质提供原料，二氧化碳扩散到近地面大气层中，供给植物光合作用所需要的碳素营养，土壤中的二氧化碳溶于水变成碳酸，有利于土壤矿物质养分的溶解和转化，植物根从土壤溶液中吸收一部分碳酸盐，补充碳素营养。在好气性分解下，才能达到这些目的。在通气不良的情况下，碳水化合物进行嫌气分解，产生有机酸和各种还原性物质，影响作物生长，特别是丁酸， H_2S 等对水稻影响较大，施用过多新鲜有机肥或绿肥翻耕过迟，都会因产生丁酸及还原物质影响秧苗生长，在土壤通气性差的情况下，大量新鲜有机物分解产生的二氧化碳，在土壤空气中积累至15~20%时，水稻、马铃薯均会死亡，大多数作物根系受到抑制。

2. 含氮物质的转化

土壤中含氮有机物，有蛋白质、腐殖质以及氨基酸、尿素、尿酸、马尿酸等，现以蛋白质为代表来说明其分解转化过程。

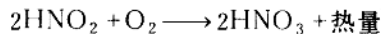
(1) 水解作用：蛋白质在许多微生物分泌的蛋白质水解酶的作用下，逐步分解成各种氨基酸。蛋白质 → 水解蛋白质 → 消化蛋白质 → 多胺酸 → 氨基酸。氨基酸作物一般不能吸收利用。

(2) 氨化作用：氨基酸又因为微生物酶的作用分解产生氨，溶解于土壤溶液形成铵盐，称为氨化作用。氨化作用可以通过以下几种途径进行。



只要土壤微生物活动旺盛，氨化作用能在多种条件下进行，是决定土壤氮素供应的主要因素。分解出来的氨溶解于土壤溶液成为铵盐后，可以直接被植物和微生物吸收利用，同时，被土壤胶体吸附，氨也可能挥发至大气中，还可在土壤中继续转化。

(3) 硝化作用：氨和铵盐并不能稳定存在于土壤中，当土壤通气良好时，在亚硝化细菌和硝化细菌的作用下，被氧化成为亚硝酸盐和硝酸盐，这一过程称之为硝化作用。硝化作用可分为两个阶段：一是氨氧化为亚硝酸，二是亚硝酸氧化为硝酸，都是在不同的细菌活动下形成，细菌利用氧化时产生的能量生活。



硝化作用是一种氧化作用，只有在通气良好的条件下，才能顺利进行，通过耕作、排水、创造和保持良好结构状况等都能促进通气以利于硝化作用。硝化作用产生的硝酸态氮，作

物容易吸收利用，但土壤吸收保存力弱，所以灌水、降雨都会造成流失。

另外，土壤施进大量未腐熟的有机肥，将抑制硝化作用的进行，因为微生物在分解含碳多而含氮少的有机物时，能量多而氮不足，要夺取硝化细菌所需要的氮建造身体和进行生命活动，没有剩余的氮进行硝化作用，造成暂时缺氮现象。一般微生物生命活动所需有机物的碳氮比为25:1，当有机物碳氮比大于25:1时，土壤就会产生有效态氮素的缺乏，在小于25:1时，开始累积氨态氮，达到20:1时，就可产生硝酸盐，10:1时，硝化作用旺盛。

(4) 反硝化作用：土壤中还存在着与硝化作用相反的过程，是在嫌气条件下由反硝化细菌引起的。反硝化作用把硝酸盐还原成亚硝酸甚至成为游离的氮素，而使氮素损失。



反硝化作用造成了土壤中氮素营养的损失，应当防止。在生产上通过排水和加强耕锄可以使土壤通气良好，以利硝化作用而抑制反硝化作用的进行。在水稻田施氮肥时应施铵态氮，以免反硝化作用损失氮素，同时也可以防止硝酸态氮素因不能被土壤保持而随水流失。

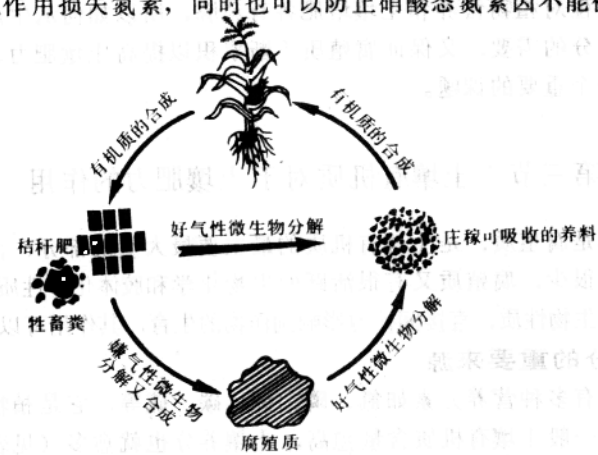


图 2-1 土壤有机质的分解合成示意图

二、土壤有机质的腐殖质化

土壤有机质在被分解的过程中，所产生的简单的分解产物，在微生物作用下，又重新合成，产生新的更为复杂的而且比较稳定的有机化合物——腐殖质。这就是腐殖质化过程，是累积养分的一种形式。腐殖质的数量、类型和性质对土壤肥力有很大的影响。

土壤腐殖质的形成过程是一个十分复杂的问题，一百多年来的研究工作，虽然已经取得很大的成就，但关于腐殖质的形成及其本性并没有完全搞清楚，不少问题尚待进一步研究。根据现代研究的成果，已知腐殖质的形成过程可分为两个阶段：

第一阶段是微生物将动植物残体分解成比较简单的有机化合物，一部分转化为CO₂、H₂S、NH₃等矿质化作用的最终产物。在这一阶段中形成了腐殖质的组成成分(结构单元)如芳香族化合物——多元酚和含氮化合物——氨基酸等。

第二阶段是在微生物的作用下，各组成部分合成(缩合作用)腐殖质。在这一阶段中，许多微生物群分泌的酚氧化酶，将多元酚氧化为醌，醌和含氮化合物合成腐殖质。

土壤腐殖质可分为两类主要化合物：

1. 胡敏酸

胡敏酸是一种棕黑色的高分子弱酸，是腐殖质中作用较大的一种化合物。它与一价阳离子 K^+ 、 Na^+ 、 NH_4^+ 形成的盐溶于水，与 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 等二、三价阳离子形成的盐不溶于水。

2. 富里酸

富里酸为黄色或淡棕色溶解性很弱的腐殖质酸，也是一种高分子化合物，其元素组成和分子结构都与胡敏酸相近，所不同的主要是缩合程度较低，分子较小，因而具有高度的分散性与流动性，它与一、二、三价阳离子发生作用，生成可溶性富里酸盐，凝聚作用差。

在土壤有机质的转化中，矿质化和腐殖质化是同时存在的，互相矛盾的两个过程。当矿质化过程占优势时，所分解的产物大多为植物可吸收利用的养料，但不易累积，容易流失。反之，当腐殖质化过程占优势时，有利于腐殖质的积累，但能供给植物吸收利用的养料少。由于这两种过程对植物营养和土壤培肥各有利弊，所以如何从生产上调节这两个过程，既保证作物对养分的需要，又保证腐殖质不断累积以提高土壤肥力，就成为农业生产实践和科学研究中一个重要的课题。

第三节 土壤有机质对于土壤肥力的作用

土壤有机质尤其是腐殖质，是土壤有机质的最主要最大量的部分，而一般有机质在土壤中分解很快，积累很少，腐殖质又有很活跃的生物化学和胶体化学性质，其含量和性质，全面地影响土壤理化生物性质，直接间接地影响到作物的生育，其作用可以概括为下列几点：

一、作物养分的重要来源

土壤有机质中含有多种营养元素如氮、磷、钾、碳、硫等，它是植物生长发育所需要的养料的主要来源。一般土壤有机质含量愈高，土壤养分也就愈多（见表2-1）。

表 2-1 土壤有机质含量对养分的关系

土壤有机质含量 (%)	养 分 含 量					
	全 量 (%)			速 效 (斤/亩)		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P	K
0.2~0.6	0.0~0.05	0.07~0.11	1.5~1.8	1.5~3	0.6~6	17~30
0.4~1.2	0.04~0.08	0.11~0.17	1.8~2.3	2~4	2~8	20~50
0.9~1.6	0.06~0.112	0.13~0.27	2.3~2.9	3~5.5	5~20	50~80

在评价土壤的肥力水平时，有机质的含量就成为一个重要的指标。同时，腐殖质比较稳定，分解缓慢，具有持续供应作物营养的特点。有机质在分解过程中所放出的 CO_2 ，是大气中 CO_2 的主要来源，为植物光合作用的进行提供了原料。有机质分解时产生的有机酸和碳酸，可以提高土壤矿物质的溶解度，增加磷、钾的有效性，碳酸还可以补充作物的碳素营养。