

高等農業学校二年制專修科

土壤肥料学

(試用本)

人民公社經營管理专业
农业干校行政班 适用

河南省農林厅教材編輯委员会編

河南人民出版社

16.14

8.9-2

高等農業學校二年制專修科

土壤肥料學

(試用本)

人民公社經營管理專業
農業干校行政班 適用

河南省農林廳教材編輯委員會編

※

河南人民出版社出版(鄭州市行政區經五路)
河南省書刊出版業營業許可証出字第一號
地方國營新鄉印刷廠印刷 河南省新華書店發行

※

豫總書號: 1407

787×1092 1/32 • 3 1/4 印張 • 96,000 字
1959年2月第1版 1959年8月第2次印刷

印數: 4,087—7,806冊

統一書號: K7105.212

定價(10) 0.34元



前 言

在党的建設社会主义总路綫的光輝照耀下，我省早已出現了工农业生产为中心的全面大跃进的新形势和已經掀起群众性的技术革命和文化革命的高潮，各地均先后开办了农业大学、中等农业技术学校、初級农校以及“紅专”学校。为适应这一新的革命形势的需要，我省农业教育工作必須从教学計划、教学大綱、教学内容、教学組織、教学方法等各方面进行根本的改革，才能保証貫徹实现党的“鼓足干劲、力爭上游、多快好省地建設社会主义的总路綫”，实现勤工俭学、勤俭办学、教育与生产相結合的教育方針，培养出又“紅”又“专”的技术队伍。

为此，我們于今年三月中旬組織了农业技术学校、农林干校的126名教职員分为14个专业小組到71个县（市）178个农业生产合作社，1307个生产单位进行了參觀和調查研究工作，總結出340个先进生产經驗和高額丰产典型，收集了3193种参考資料。現已編写出十六种专业教学計划、155种教学大綱和教科書，陸續出版，供各地教学試用。由于我們水平不高，時間短，和有关方面研究的不够。难免有不妥之处。望各地在試用中多多提出意見，并可隨着农业生产发展的需要加以修改。

河南省农林厅教材編輯委员会

1958年8月26日

目 录

第一篇 土壤学	(1)
第一章 土壤与土壤肥力	(1)
第一节 土壤与土壤肥力	(1)
第二节 土壤的組成成分	(5)
第二章 土壤的主要特性	(9)
第一节 土壤結構	(9)
第二节 土壤吸收性	(16)
第三节 土壤溶液	(19)
第四节 土壤的物理特性	(21)
第五节 土壤温度	(22)
第三章 土壤改良	(25)
第二篇 肥 科 学	(39)
第四章 施肥的基本原理	(39)
第五章 有机肥料与細菌肥料	(50)
第一节 有机肥料的种类及其通性	(50)
第二节 人粪尿	(51)
第三节 厩 肥	(58)
第四节 堆 肥	(71)
第五节 綠 肥	(74)
第六节 細菌肥料	(79)
第七节 其它肥料	(84)
第六章 无机肥料	(90)

第一篇 土壤学

第一章 土壤与土壤肥力

第一节 土壤与土壤肥力

党和政府关于我国农业生产方针政策 九年来，在党和政府的正确领导下，我国农业生产突飞猛进的向前发展。党在1956年1月向全国人民提出了“1956年—1967年全国农业发展纲要草案”。这是一个多快好省地发展社会主义农业的纲领。它不但给全国农业生产指出了一个新的伟大的奋斗目标，而且给整个社会主义建社事业指出了一个新的正确的发展方向。

祖国人民在党和政府的号召下，特别是目前的国际环境转变为东风压倒西风，而且将继续压倒西风。国内经过政治和思想战线上的斗争胜利。所有上述因素，都汇合成为社会主义建设事业中的伟大革命干劲。提出了15年赶上和超过英国的口号，鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义的口号，所有这些口号迅速的被几亿人口组成的劳动大军所掌握，成为极其伟大的物质力量。在劳动中，在工作中，形成建设社会主义的高潮。

在农业方面，最突出的跃进是农业社农民的兴修水利运动。从1957年10月到1958年4月，全国扩大了灌溉面积三亿五千万亩，比解放八年內增加的灌溉面积还多了一亿一千万亩。同时，又改造了低洼易涝地二亿多亩，改善了灌溉面积一亿四千万亩，控制了水土流失面积十六万平方公里。在同一时期，全国农民积肥约3100亿担，平均每亩可施肥18000多斤，按肥效计算比积肥成绩很好的1956年还多两倍以上。许多地方还大规模地进行改良土壤，平整土地工作。

我省和全国一样，在省委的正确领导下，贯彻了党中央的方针，1957年下半年，号召全省4800万人民，决心苦战三年，改变河南面貌，搞掉三顶愁帽子：灾区帽子，低产帽子，文盲帽子，立志大大提前实现全国农业发展纲要。经过了1957年苦战一冬，1958年大干一

春，终于取得了夏季总产量 223 亿斤的辉煌成就。创造了几千斤小麦高额丰产的惊人奇迹。压倒了美国，超出了国际水平。

中共河南省委于 1958 年 6 月初召开了第九次全体会议（扩大），传达贯彻党的“八大”二次会议决议。在会议过程中揭发批判了右倾机会主义份子潘复生反党反社会主义的言行，同时，会议讨论和部署了今后任务。

全会认为：在农业方面，我们的口号“苦战一年半，总产一千亿，每人双千斤”，从根本上解决粮食问题。当前主要任务是保证完成和超额完成秋季粮食产量 300 亿斤，并且争取明年更大丰收打下基础。为了完成这一战斗任务，秋季作物要抓好种植管理战胜自然灾害和收获。大搞水利，要求二年内彻底消灭水旱灾害。在山区和丘陵地区要搞水库和水土保持，平原河网化。大搞肥料和深翻土地，要求春前积肥五万亿斤。小麦每亩施肥三万斤，追肥二万斤。要求种麦前深翻土地八千万亩，明年全省耕地普遍翻一次，等等。这给我省人民指出了努力方向，特别对于土壤工作者也指出了今后利用和改良土壤的光荣任务。

土壤与农业生产的关系 我们知道地球上一切生命活动都需要能；人类也不例外。宇宙间能量最原始，最普遍，最经济而又最大的来源为日光，但人类不能直接的更好的去利用。必须将日光能转变为食料内潜在的化学能后始能利用起来。自然界完成这一项工作的只有植物，因其本身有叶绿素，通过光合作用，把太阳能贮藏在有机质中，而人们利用有机质，来满足生活工作需要的能量，因此，农业生产的最主要任务，就是如何使绿色植物有效的利用日光能而转变为潜在能。

根据以上所说，为了更好的利用日光能，在社会主义的农业生产中，必须组织由三个不可分割的环节——植物生产，动物生产及土壤管理——所组成的社会主义农业生产体系。

为什么在农业生产中植物生产一定要和动物生产配合起来呢？这是一般栽培植物中可以作为人类食料的或工业原料的，约为植物生产总量的四分之一，其余四分之三是叶茎根糠等。这些，在资本

主义社会里被称为废物。换句话说，植物光合作用产物的能量利用系数很低，约占29%的能量。虽能作为燃料用，但太不经济。在社会主义经济制度下，是不允许这样对于能量和生产的浪费，最好而又经济的办法，就是把它們作为饲料通过家畜的吸收和消化，使它們轉变为高贵的动物性的产品，如肉、乳、油等，并可以使它們轉化为生产服务的肥料和畜力。所以农业生产的第二个大环节就是动物生产。脱离了动物生产，植物生产就不可能充分的发挥它对能的供应效力。

那末，对于剩余能量（即占植物所固定下来总量的 $\frac{9}{16}$ 的一部分）的利用，应如何处理呢？这就需要配合农业生产的第三个环节，那就是土壤管理。通过土壤管理，把这些排泄出来的有机物质施入土壤中，滋养土壤中微生物，通过微生物的生命活动，有机质矿物质化，增加了土壤中植物可給性的营养物质，同时有机质的腐植质化，形成了腐植质，因而促进了土壤结构，提高土壤肥力。栽培植物繼續不断的得到丰收。

基于上述理由，所以我们說：农业生产是由三个不可分割的环节綜合組成，任何孤立片面的经营都是不正确的。我們今天的农业生产，即是本着这个原則，全面的推动着社会主义农业大生产。

从土壤学的角度来看，土壤管理在整个农业生产中占着头等重要的地位，因为土壤与植物生产的关系是血肉不可分离的关系。植物生活中所需的因素有：（1）日光，（2）温度，（3）空气，（4）水分、和（5）养料。这五个因子中，光和热发原于星球間的空间，均来自宇宙（太阳）、称为宇宙因子。水分和养料，植物主要取之于土壤，称为土壤因子。至于空气呢？它可以一半属于土壤因子，另一半属于宇宙因子。上述的植物生活条件的分析，我們就能理解到通过土壤管理，是如何来控制植物生活中所必需的水分、空气和养料三大因子。因此我們学习土壤，就是为了更好的去管理土壤，提高农业生产。

土壤与土壤肥力的概念 要了解土壤的本质，首先明确土壤的定义。关于土壤的定义，学者們所說的很不一致。唯有馬列主义思想武装的学者，才能够真正的認識到什么是土壤。苏联伟大的土壤学家威廉斯，給予土壤下了比較明确的定义：“土壤是能够产生植物

收获的地球陆地的疏松表层”。土壤为何能够产生植物收获呢？这是因为它具有一种独特的性质——肥力。土壤肥力是代表着土壤的本质，没有肥力就不能是土壤。威廉斯在指出土壤的定义后，接着又指出：“土壤的概念和土壤肥力的概念是分不开的。肥力是土壤极其重要的性质，是土壤的特征，不管其量的表现程度如何”。可见肥力是土壤的最基本的特征了。

肥力是什么呢？威廉斯也接着指出，所谓土壤肥力即指“土壤在植物生活的全部过程中，同时而且不间断地供给植物以最大量的有效养料及水分的能力”。

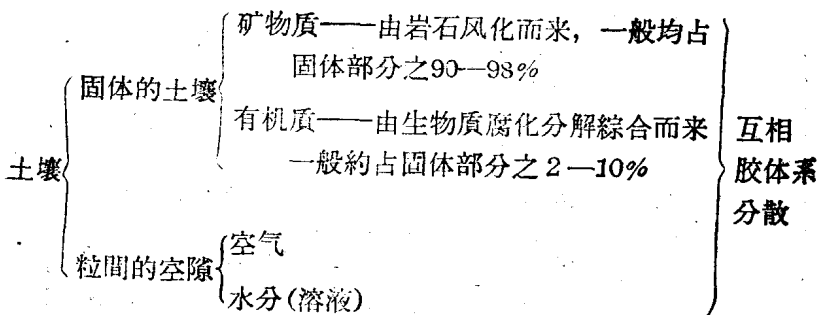
土壤肥力有自然肥力，人为肥力和有效肥力的分别。土壤自然肥力是在一定的自然因子联合作用下所产生和发展出来的肥力。它是成土过程中的自然产物，只有在未开垦的处女地上才能保存着完整的自然肥力，已经过人类开垦而且被利用过的一般耕种田地，则自然肥力就渐次改变。另外产生了一种新的肥力，称为人为肥力。这是人类的劳动产物。今天我们所耕作的土壤，都是兼有这种自然肥力和人为肥力的。这两种肥力并存于土壤中，两者综合效应，称为有效肥力。而有效肥力的衡量标准就是产量。因此我们也可以理解到土壤肥力与社会经济制度是有着密切关系的，伟大的革命导师马克思曾经说过：“……肥力虽然是土壤的客观特性，但经济上它又常常和农业化学和机械学之发展过程有显著的关系，因之也因这些科学的发展程度而变化。”但不同的社会制度下，经济活动方式不一样，对土地的劳动性也有差别，资本主义社会制度限制土壤管理，因而不可能产生高度的土壤有效肥力。社会主义制度表现了它的优越性，农业科学无限制的发展，人民群众发挥了高度的革命干劲和智慧，亩产几千斤粮食，标志着我们的土壤有效肥力高度的发展。验证了威廉斯所说“没有不良的土地只有不良的耕作方法”的格言是十分正确的，同时彻底粉碎了，所谓我省“人多地少，地瘠民贫”的“生产悲观论”。

土壤肥力的发生过程 土壤肥力是在母质的基础上通过生物学的小循环而发展出来的。但母质不是土壤。岩石的风化产物称之为

母质。而母质是一些大大小小的矿物质粒子,虽然有了透水性,但保蓄水份性能不大,这只能标志着土壤肥力第一因素的发展,为进一步形成土壤,发展完整的肥力创造条件。但肥力的第二个因素——养料,在母质中只能得到释放,养料常受水的淋洗作用而损失,并且母质中几乎没有氮素,因此,母质是不肥沃的。但在母质的基础上,由于植物对养料的选择吸收性,和巨大的根系作用,从母质中吸收着它们所必需的养料,组成了有机体。这样便把养料固定下来,保存于土壤中。当有机质被微生物的活动作用而又分解出来一些养料,供给下一代植物的吸收。如此的周而复始,土壤母质的植物养料,不致彼水淋洗而流失,必然的渐渐集中在母质的表层中,使表层的肥力渐渐的使母质成为土壤。经人类的劳动在土壤上进行耕作施肥灌溉等生产措施,因而更加发展了土壤肥力,提高了土壤肥力。

第二节 土壤的组成成分

土壤虽是一种自然体,但它又不同于一般生物,它比一般生物更复杂,因为土壤里不仅有生物,而且有非生物的成分。这些生物与非生物体,在土壤里紧密地交互联系着,成为一个有机的复杂的整体,即具有生物的特性,也具有非生物的特性。具体的说来,一种土壤所含的成分如下:



以上所列四种成分,分别讨论如下。

土粒的分级及土壤质地的分类 土粒即是由风化作用生成的各种大小不等的矿物质的颗粒。矿物质的单粒,可依其直径的大小,来分成若干等级。这些等级,称为粒组。单粒的分组标准,各国所采用者

很不相同,我国常用的分級标准,为三級土粒。即砂粒,粉砂和粘粒。凡直径在 2—0.02 毫米之間称为砂粒; 0.02—0.002 毫米为粉砂; 小于 0.002毫米的称之为粘粒。但这三个粒組的基本特性有显著区别。

砂粒:主要是一些原生矿物。它們的外形一般多角,主要成分为結晶的 SO_2 或称石英,一般缺乏矿物质养料,无可塑性,也无粘結力,通常是碎散状态。因其粒径粗,所以粒間空隙大,通气易,排水快,因之蓄水亦难,易于干旱。

粘粒:属于次生矿物。大部分粘粒成片状,遇水表现出可塑性,有高度的粘着性及粘結力。因其粒径极細小,有显著毛細管現象,通气难,持水力强,并且有胶体特性。

粉粒:其特性介乎于砂粒与粘粒之間。

以上三个粒組所表現各有各的特性,因此对土壤就表現不同的性质。自然界里,任何一种母质或土壤都不可能純由一种粒組所組成。因之在实际应用上,为了区别土壤含有各級土粒的比例数量,并給予适当的質地分类,划分不同質地的土壤。各国質地分类标准也不一致,按照苏联卡庆斯基的土壤質地分类制列表如下

表(1) 苏联卡庆斯土壤質地分类制

質地名称		物理性粘粒(0.01毫米)含量%		物理性砂粒(0.01毫米)含量%	
		生草灰化土	草原土	生草灰化土	草原土
砂土类	(1) 輕砂土	0—5	0—5	100—95	100—95
	(2) 細砂土	5—10	5—10	95—90	95—90
	(3) 壤砂土	10—20	10—20	90—80	90—80
壤土类	(4) 砂質壤土	20—90	20—30	80—70	80—70
	(5) 壤土	30—40	30—45	70—60	70—55
	(6) 粘質壤土	40—50	45—60	60—50	55—40
粘土类	(7) 輕粘土	50—70	60—70	50—30	40—30
	(8) 中粘土	70—80	70—80	30—20	30—20
	(9) 重粘土	80以上	80以上	20以下	20以下

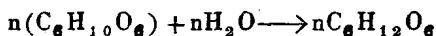
母质的質地对土壤性质的影响很大。質地的基本类别不外三种,即砂質土、壤質土和粘質土,这三类的基本特性,可由其各构成粒

組的性质推断之。砂质土一般比重大，排水好，通风易，但蓄水能力差，养料也容易流失。因此在农业利用上須要多施有机肥料，改良土壤结构，加强保水保肥的能力。粘质土，一般通气不良，养料较丰富，因含胶体物质较多，故保肥力亦强。但湿时粘重，干时较硬，耕作较为困难，改良这种土壤也要从增加有机质含量，促进团粒结构着手。而壤质土则介乎粘质土和沙质土之间，在农业生产上，是比较理想的土壤。

土壤有机质 土壤有机物质的来源在植物方面主要是由森林植物的枯枝落叶，草原植物的根、茎、叶；栽培作物的叶、残株及根系。而它们所遗留给土壤的有机质数量和部位不同。如森林植物主要遗落在土壤表面，数量比较多，而栽培植物，因地上部收获，主要遗留在土壤内部，在数量上也不少于森林植物。

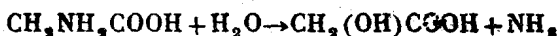
其次，动物昆虫及微生物的遗体，也是土壤有机质的来源；尤其是微生物的数量更惊人。土壤微生物中主要有：细菌、真菌、放线菌和藻类。其中细菌最多，每克土可含有几百万至几千万个。它们在土壤中的作用是很大的。首先土壤微生物能分解土壤中的有机物质，在分解过程中一方面形成一些矿物质，如硫磷氮钾等无机化合物。另一方面形成腐植质。这样，通过微生物的生命活动，从有机质中释放出来，植物所需要的营养物质；同时形成了腐植质，而腐植可以促进土壤结构的发展，因之提高了土壤肥力。

土壤微生物分解有机质主要依靠分泌酶的作用。最普通的酶是一种水解酶，它借着水解酶作用引起复杂的化合物变成简单的化合物。碳水化合物中如淀粉，含氮有机化合物中如蛋白质都能受到这种作用：



淀粉

葡萄糖

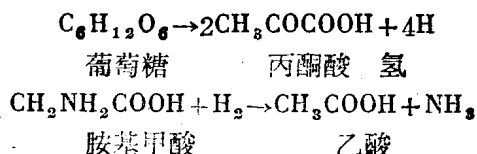
蛋白质 $\xrightarrow{\text{水解}}$ 氨基酸

氨基甲酸

羟基醋酸

发酵酶所引起所谓发酵反应，这种反应是在嫌气条件下的微生物

物分解作用。例如：



此外，土壤微生物中，还有一种能够固定空气中的氮素的细菌，我们称之为固氮菌。它把氮气固定之后，除了本身需要之外，还可以有一部分供给植物吸收利用，固氮菌死亡后其有机遗体又被另一些微生物分解，分解出氮素给予土壤，增加土壤中氮素的含量。总之，土壤中的有机物质的存在，决定了土壤肥力的发展。一般土壤含有有机质量不高，为了提高农作物产量，必须多施有机肥料，通过微生物的活动之后，便丰富了土壤植物营养物质，农作物才有足够的养料吸收利用。这样，就能获得高额的产量。

土壤空气，水分和养料 土壤水分。是从地表进入到土壤中的水有：雨水，雪水等。这些水在土壤中以不同的形态存在着，因此形成了不同性质的水。从种类上可分为：气态水和固态水。在固态水中又分为：束缚水和自由水。而束缚水一般植物不能吸收，如果土壤中水分仅含有束缚水则植物因缺水而开始永久凋萎时，土壤中的含水百分数称为土壤的凋萎系数。土壤中的自由水包括毛细管上升水和重力水。这两种水对植物来说是可以吸收利用的，因之又称为土壤有效水。

土壤有效水的含量多少，与土壤性质关系很大。一般物理性质良好的土壤，透水性和保水性很强，相对的蒸发能力较弱。这样，土壤水分条件比物理性差的土壤要好得多。因此在农业生产过程中，通过耕作施有机肥以及灌溉等措施。可以改良土壤物理性质。提高土壤含水量，保证农业生产用水。

土壤水和空气在土壤中通常是矛盾存在的。水分多时空气少，空气多时水分少。只有在团粒结构或物理性质较好的土壤中，水和空气才能同时存在。土壤空气的组成成分，一般来说，与大气中的空气成分有些区别。土壤空气中比大气中含 CO_2 多，氧气较少。这样对

于植物生育影响很大。因为植物根系在吸收作用中，需要更多的氧气，所以土壤空气必须经常与大气交换。使新鲜空气进入土壤中，含 CO_2 多的土壤空气排出，这样有利于地下根系的呼吸，又有利于地面植物枝叶对 CO_2 的要求。在农业生产中一般采用耕作和排水的方法，来调节土壤空气。

土壤中养料根据存在形态可分为两大类：一类是有机物质形态，它虽含有养料，但植物不能利用。只有在通气良好的条件下，经过微生物的好气分解，形成可溶性的矿物质盐类，这样才能有利于植物的吸收。另一类是无机养料，其中一部分是植物可给态的，如氨态氮，磷酸和钾元素离子等；但另一部分是不溶性矿物类型。总的来看土壤中养料情况，不管在质和量的方面，都不会满足植物需要的，因此必须通过施肥增加土壤植物营养的数量，同时改进耕作方法，提高土壤中养料的有效性。

第二章 土壤的主要特性

第一节 土壤结构

土壤结构性的概念 一种土壤单凭质地的特性，不能够保证有高度的土壤肥力，因为由质地所带来的物理性质，不能全部解决土壤中水分、空气与养料的问题。

在上一章中已经讨论过土壤肥力的概念，从肥力的本质我们了解到主要问题在于：如何不断的满足植物在整个生活过程中，对于有效水分及养料的最大需要量呢？根据生产实践经验，证明了只有良好的土壤结构，才能提供上面所说的能力，它把土壤中水和空气的矛盾统一起来，并恰当地解决土壤对植物养料的供应问题，所以它是土壤肥力的基础。

什么叫做土壤结构性呢？所谓土壤结构性，简单来说即是土壤分散成单粒或凝聚成结构体（复粒）的性质。而所谓结构体则是指土粒的互相胶结及排列情况。结构体有大小及形状的不同。

不同的土壤，常有不同的结构特性，因之也表现出不同的肥力，自然，这并不是等于说：相同结构的土壤，一定会有完全相同的肥力，

或者說：不同肥力的土壤，一定是由于它們之間結構不一致的緣故。如果作这样的理解，那就錯了。因为土壤結構并不能代替肥力，它只是影响肥力的最主要因子而已。威廉斯把土壤的結構看做是肥力的基础，但并不是說土壤結構即是肥力因子的全部。

土壤結構的主要类型 土壤結構是土壤形成作用的重要外在表現之一，它不仅指出一些重要土壤肥力因素的情况，而且也能在一定程度上綜合地反映出土壤形成过程的一些特征。因之認識和研究土壤結構性在土壤学上是一个重要的課題，富有发生学上的以及农业生产实践上的意义。

在自然界間的各种土壤，其土粒与土粒間的粘結和排列关系各有所不同，其主要类型有：

1. **单位結構**：土粒成单粒状态，彼此之間并无胶結关系而各自独立，所以就意义上講，单粒結構实际上也就等于无結構，砂粒缺乏粘性所以砂土中如果缺乏有机質或其他胶結物質，常是单粒結構。我們常常以散砂的名称来代表无結構，无組織的物体，其原因即在于此，但单粒結構并不仅仅出現于砂土里，有的土壤含粘粒很多也可能是单粒結構。例如在鈉离子饱和的城土表层里，土粒也是高度分散的。这也是城土构造上的特点。呈单粒結構的粘土常常湿时泥濘板滯，混成一团，但干时又能結成大块坚实难碎，这种大块，并不即等于土壤有結構，因为遇水又即分散成单粒。

2. **塊狀結構** 土粒胶結成块，遇水不化，大小通常在一厘米以上者。块状結構中之小者形似核粒，算为核状結構；大者算为土块結構，酸性粘重土而缺乏有机質者，易于生这一种結構，特別是在底土层中比較容易生成。

3. **柱狀結構** 单粒胶結成柱状。这一种結構常常是在半干旱地帶的底土层中出現，在城性較强的城土底层，这种結構很为特殊，所以在土类識別时，我們常以此作为一种重要形态項目来区别。

4. **稜狀結構** 情形与柱状結構相仿，只是柱面交角較显著而已。这一种結構也是底土結構的一种，特別是半干旱区粘重的底土中，常常有这种結構出現。

5. **片狀結構** 結構的橫軸大於縱軸，在淋溶作用較盛的灰壤的A₂層常有出現。有時在鹽城土的表土層，也會看到片狀結構。

6. **團粒結構** 單粒膠結而成團，形狀大體成球形，直徑約為1—10毫米（如小米到蚕豆那般大小）。這種結構是各種結構中最理想的一種。有時0.05毫米以上的復粒稱為小團粒，它們常是構成大團粒的單位。象這樣微細的團粒，其結構不是肉眼所能看到的，因之我們也叫它們小結構。小結構是構成大結構的單位。

在以上六種結構形式中，塊狀、柱狀、稜狀、片狀，主要是底土的結構形式，單粒和團粒主要是表土的結構形式。前兩者對於各種土類的形態特征檢定時，比較注意；後者在研究土壤肥力時，常常作為問題的中心來考慮，在討論肥力問題時，一般把土壤分為有結構及無結構的兩種。所謂有結構的土壤，即指團粒發達的土壤；而無結構的土壤，即指非團粒結構的土壤。

團粒結構與土壤肥力的關係 一個有團粒結構的土壤對植物能同時提供足夠的水分、養料和空氣。所以威廉斯說團粒結構是土壤肥力的基礎。為了更好地說明團粒結構在農業實踐上的意義，我們應先了解一下在團粒結構的土壤里的孔隙狀況。團粒是由大小不等單粒（這中間包括砂、粉砂、粘粒、有機質等）膠結而成。團粒的內部是由單核所構成的小孔，是毛細管孔，也是蓄水孔，所以在團粒結構里，土壤有比較大的蓄水力。除此而外，在團粒結構的土壤里，另有另外一種孔隙，那就是團粒外部，即團粒與團粒之間的孔隙，它比較大，~~為~~非毛細管孔，下易保蓄水分，而常常充滿着空氣，所以在團粒結構的土壤里，又同時不會產生空氣不足的現象。團粒結構的形成既然主要是由於有機膠體的存在，而有機膠體是養料的貯藏庫。所以在團粒的內部和外部都有比較豐富的有機質及養料的來源，從這裡我們已經可以看到一個團粒結構的土壤肥力不同於單粒結構的土壤肥力的基本原因。

以下我們再就水分、空氣、養料、耕作各方面來說明團粒結構對土壤肥力的關係，以及它在農業實踐上的意義。

土壤結構與水分的關係：非團粒結構的土壤——非團粒結構的

土壤，孔度不大，所以它的透水性不好，水分下渗很慢，并且在沒团粒结构的土壤里，每个小的土粒，都是单独存在着，所以粒与粒之間，只存在着微細的毛細管孔（除砂土外，一般直径都在 0.1 毫米以下）。下雨的时候，雨水只能借着毛細管的作用，渗到土壤里面，而水分在毛細管孔里移动的速率，本来就很緩慢，等到下层土壤受湿后，上下层之間毛細管张力差异漸漸减少，因之水分的移动速率也就更小。所以一个无结构的土壤吸收雨水的能力是很薄弱的，大量雨水倾注在地面上，常常因来不及为土壤吸收，而在土壤表面形成无数水流，造成冲刷。如此，大量雨水，不仅不能全部保蓄在土壤中，并且还冲失了可貴的表土，严重地損害了肥力。

冬天的情况更坏，因那时土中水分达到最高量，所有粒間孔隙，都充滿了水，而冬天的积雪，又使靠近地面部分的毛細管里的水都凝成了冰。当水結冰的时候，其邻近水气压减少，而下层的湿润土壤因温度較高，故仍有較大的气压。因之下层的水气不断向上扩散，就在表面冰块附近不断凝結，使冰块不断扩大和加厚，冰块出現在所有的毛細管孔內，連成片，这样就在沒有冻结的土壤和大气之間，增添了一层不透的冰层，把所有毛細管都塞住。在冰层未融化前，什么水量都不可能透过，所以无构造的土壤在冬天所容納的雨水量就更少了。春季积雪融化的时候，大量雪水常常遭到同样的命运，无法进入土壤内部而从土壤表面流失。据威廉士的研究，有些地方一年的降水量，一半是雨，一半雪，如果这些地方的土壤沒有团粒结构，那末每年所能容納的水量，常常在总降水量的 15% 以下。

非团粒结构的土壤，一方面不能容納雨量的全部，另一方面却蒸发得特別大。晴天当地面水分蒸发后，上层土內的水分就通过毛細管不断上升，上升到了表面又即蒸发。如此表面愈干燥，上下层之間毛細管张力差异就愈大，而水分向上移动之速率也愈大。結果，土壤所容納的仅有的 15% 的降水量，还没有停留多久，又却蒸发掉了，土壤因之容易遭受缺水的威胁，肥力不能稳定。

团粒结构的土壤——有团粒结构的土壤，有两种不同性质的孔隙，除具备了一般非团粒结构土壤所通有的毛細管孔（直径在 0.1 毫

米以下), 还具兼直径約在 1——10 毫米之間的非毛細管孔。它的透水速率不受毛細管移动法則的限制, 而受地心引力及靜水压大小的影响, 因之較非团粒結構的土壤, 大大地增加。透水的速率既然增加了, 那末它所容納的雨量自然也增加了。

有团粒結構的土壤, 其表面的起伏程度, 比碎散成单粒状态者为大, 因之其表面的流水所受到的阻力也較大。阻力大, 水流速减小, 这样不但增加了水分向土中渗透的时间, 也減低了它对土壤的冲刷力。

冬季, 由于土壤水只充滿于团粒內部毛細管孔隙, 所以冰块只出现在团粒的内部, 而团粒与团粒之間的非毛細管孔隙則仍可暢通空气, 下层土壤水气仍可通过这些孔隙間大气扩散。这样, 在团粒結構的土壤內, 虽在严冬, 也不致于形成不渗透的冰层, 而雨水仍可通过非毛細管孔滲入土內。春天所融化的雪水, 也同样地可以大量滲入土里, 据威廉斯研究, 有团粒体的土壤, 每年約可滲入 85% 以上的雨量。

雨水进入团粒結構的土壤內, 首先被毛細管引力吸入到表层团粒的内部, 等到团粒内部的毛細管孔都饱和了水分以后, 多余的水分就順着团粒与团粒之間的非毛細管孔, 滲入下层。下层是植物根部呼吸作用最活跃的一层, 大量水分被植物吸收, 多余的再向下渗透而达底层。底层的土壤常常是无結構的, 透水性很差, 水分就停留在那里, 形成地下水。地下水是按照地形的倾斜面沿着耕作层 (有团粒的一层) 的下面那层 (无团粒的一层) 的表面流动的, 当它流动时受到土壤的阻力是巨大的, 因之流动极慢, 当根层水分被植物吸收消耗完了时, 这地下水就一方面通过气体分子的扩散作用, 另一方面又通过毛細管作用而上升到根层, 以供植物的需要。

当团粒結構土壤中的水分开始蒸发时, 最先損失的为靠近地表的团粒表面上的水分, 漸漸地团粒内部的水分通过毛細管也向表面集中, 再由表面向外蒸发, 这样在土壤表层就形成了一层疏松干燥的保护层。土团与土团的接触点本来就很少, 当各团粒脫水干燥时, 体积縮小, 結果上层土团与下层土团接触点就更少, 这样上层土团中