

# 土壤肥料学

陈忠焕主编

东南大学出版社

江苏省中等农业学校试用教材  
农业广播电视学校

# 土壤肥料学

(农学、植保、园艺、蚕桑、林茶等专业用)

陈忠焕 主编

东南大学出版社

(苏)新登字第012号

### 内 容 提 要

本书根据1991年新修订的《江苏省中等农业学校土壤肥料学教学大纲》编写而成。

全书以土壤肥力的发生发展为主线,在阐明土壤各种肥力属性的基础上,突出土壤基础肥力的培养、肥源新途径的开发、配方施肥的方法原理以及本省主要中低产土壤改良应用技术。教材内容紧密结合江苏农业生产实际,反映江苏省土壤肥料科学的新成果,具有较强的科学性、系统性和针对性。文字深入浅出,图文并茂,通俗易懂。

本书主要作为中等农业学校、农业广播电视学校农学、园艺等专业的教材,也可作为农业大专院校学生的课外读物和县乡村农业技术人员的自学用书。

## 土 壤 肥 料 学

陈忠焕 主编

---

东南大学出版社出版发行

南京四牌楼2号

淮安市文教印刷厂印刷

开本787×1092 1/16毫米 印张18.375 字数447千字

1992年4月第1版 1992年4月第1次印刷

印数: 1—5800册

---

ISBN 7-81023-593-1

S·16

定价: 5.90元

责任编辑

王小然

## 前 言

为适应江苏省农业教育发展的需要，江苏省农林厅科教处组织编写了这本《土壤肥料学》，既作为中等农业学校和农业广播学校的试用教材，也可用于县、乡、村农业技术干部的自学用书。

全书以土壤肥力的发生发展为主线，突出土壤基础肥力的培养，肥源新途径的开发和配方施肥的手段，以及全省主要低产土壤改良等应用技术。教材内容紧密结合江苏省农业生产实际，具有较强的实用性和针对性。教材附有基本技能训练和考核细则，初步形成了与理论教学相平行的实践性教学体系，培养学生在掌握一定的理论基础上，具有较强的实践能力。

教材的编写工作是1990年5月省农林厅科教处在南通农校召开的七所农校土壤肥料学教材研讨会上确定的。根据中央农业部颁大纲精神，结合江苏农业生产实际，拟定了江苏省中等农业学校《土壤肥料学》教学大纲，1991年1月在淮阴农校召开了编写分工会议，同年9月在苏州农校召开了审定会。

本书的编审工作，由省农林厅科教处马荣棠主持，冯祖华具体负责。在编写过程中得到江苏省土肥站和有关市、县土肥站的大力支持。省土肥站周传槐和省农林厅科教处冯祖华两位教授级高级农艺师、苏州农校彭家栋副教授和苏州市土肥站陆心源高级农艺师审阅了本教材并提出了宝贵意见。特邀徐州市土肥站杨建海农艺师编写“配方施肥”和“电子计算机在配方施肥中的应用”，淮阴农校潘锦春老师和苏州农校富次筠老师协助整理部分资料，淮阴农校张仁泰老师帮助加工制图，在此一并表示衷心感谢。

教材编写时，虽然注意把基础理论学习和能力培养放在同等重要的位置，力求反映土壤肥料学的新水平，但由于编者水平有限，偏颇和错误仍在所难免，恳请各位老师通过教学实践，提出改进意见，以便再版时修改补充，使之日臻完善。

《土壤肥料学》教材编写组

1991年11月

## 《土壤肥料学》编写组名单

主 编 陈忠焕

副主编 马君强

编写者 (以姓氏笔划为序)

王化本 马君强 汪阿莲 陈忠焕 单建明

恽彩章 秦兆球 曹金留 杨建海

# 目 录

绪论	( 1 )
一、土壤的概念	( 1 )
二、土壤肥力的概念	( 1 )
三、土壤在农业生产中的地位和作用	( 2 )
四、作物施肥的必要性	( 2 )
五、土壤肥料工作的重要性	( 3 )
第一章 土壤的形成与肥力的发生发展	( 5 )
第一节 土壤的形成和发育过程	( 5 )
一、土壤形成因素	( 5 )
二、成土母质及其类型	( 8 )
三、主要成土过程	( 9 )
四、耕作土壤的熟化	( 11 )
五、土壤的基本物质组成	( 11 )
第二节 土壤矿物质	( 12 )
一、土壤矿物质的组成	( 12 )
二、土壤矿物质的风化过程	( 15 )
三、土壤粒级及土壤质地	( 16 )
第三节 土壤有机质	( 21 )
一、土壤有机质的概念、分布、来源和组成	( 21 )
二、土壤有机质的转化	( 24 )
三、土壤生物在有机质转化中的作用	( 26 )
四、影响土壤有机质转化的因素	( 26 )
五、土壤腐殖质	( 27 )
六、土壤有机质的作用和调节	( 29 )
第四节 土壤剖面	( 31 )
一、土层与土体	( 31 )
二、土壤剖面特征	( 32 )
第二章 土壤基本性质与土壤肥力	( 34 )
第一节 土壤孔性	( 34 )
一、土壤比重、容重和孔隙度	( 34 )
二、土壤孔隙类型	( 35 )
三、土壤松紧度与作物根系生长	( 36 )
第二节 土壤结构性	( 36 )
一、土壤结构类型	( 36 )
二、土壤结构的形成与培育	( 38 )

第三节 土壤持水性	(40)
一、土壤含水量的表示方法	(41)
二、土壤持水性与土壤水分类型	(42)
三、土壤水分对作物的有效性	(44)
四、土壤水分的能量概念	(46)
五、土壤水分与耕性	(47)
第四节 土壤通气性	(49)
一、土壤空气组成的特点	(49)
二、土壤空气的更新	(49)
三、土壤通气性	(50)
四、土壤氧化还原性	(50)
五、土壤通气性与土壤肥力及作物生长	(50)
第五节 土壤热性质	(50)
一、土壤热量的来源与平衡	(51)
二、影响土壤温度的因素	(51)
三、土温对作物的影响及其调节	(52)
第六节 土壤保肥性与供肥性	(53)
一、土壤胶体的概念	(53)
二、土壤保肥性	(54)
三、土壤供肥性	(58)
第七节 土壤酸碱性	(60)
一、土壤酸碱性的表示方法	(60)
二、土壤酸碱性的产生和种类	(61)
三、土壤酸碱性对作物生长和土壤性质的影响	(62)
四、土壤缓冲性能	(63)
第八节 土壤性质的调节	(64)
一、土壤肥力因素的相互关系	(64)
二、土壤性质与肥力因素的调节	(65)
第三章 作物营养原理	(69)
第一节 作物营养与施肥	(69)
一、作物体的元素组成	(69)
二、作物必需的营养元素	(70)
三、主要营养元素的生理作用与缺素症状	(71)
四、施肥的理论基础	(74)
第二节 作物对养分的吸收	(79)
一、土壤中的养分	(79)
二、根部对养分的吸收	(80)
三、叶部对养分的吸收	(83)
四、影响作物吸收养分的因素	(84)
第三节 作物营养的关键时期	(86)

一、作物营养的阶段性和连续性	(86)
二、作物营养临界期	(87)
三、作物营养的强度营养期	(87)
第四节 土壤养分的消耗与调节	(88)
一、土壤养分平衡	(88)
二、土壤养分的消耗与调节	(89)
<b>第四章 土壤养分与化学肥料</b>	(91)
第一节 土壤氮素与氮肥	(91)
一、土壤供氮状况	(91)
二、氮肥的种类、性质与施用	(94)
三、提高氮肥利用率的途径	(104)
第二节 土壤磷素与磷肥	(107)
一、土壤供磷状况	(107)
二、常用磷肥的种类、性质及施用	(111)
三、提高磷肥利用率的途径	(117)
第三节 土壤钾素与钾肥	(121)
一、土壤供钾状况	(121)
二、常用钾肥的种类、性质与施用	(124)
三、钾肥的有效施用	(126)
第四节 复合肥料、微量元素肥料和其它肥料	(128)
一、复合肥料	(128)
二、微量元素肥料	(131)
三、硅肥与稀土肥料	(137)
<b>第五章 有机肥料与土壤培肥</b>	(142)
第一节 有机肥料的作用	(142)
第二节 粪尿肥和厩肥	(144)
一、家畜粪尿、厩肥的成分和性质	(144)
二、厩肥的堆积方法	(146)
三、人粪尿的成分、性质与肥料价值	(146)
四、人粪尿的贮存与卫生处理	(147)
五、粪尿肥、厩肥的肥效和施用技术	(149)
第三节 秸秆肥和泥杂肥	(149)
一、秸秆肥	(150)
二、泥肥	(158)
三、城市垃圾	(160)
四、沼气池肥	(161)
五、饼肥和其他杂肥	(162)
第四节 绿肥	(164)
一、绿肥在农业生产中的作用	(164)
二、江苏省绿肥作物的种类和栽培技术要点	(165)



三、经济绿肥的开发	(170)
四、水生绿肥的养殖利用	(170)
五、绿肥的利用	(171)
<b>第六章 合理施肥</b>	(175)
<b>第一节 肥料的合理管理与施用</b>	(175)
一、肥料的合理管理	(175)
二、肥料的合理施用	(177)
<b>第二节 配方施肥</b>	(178)
一、配方施肥的定义和依据	(179)
二、配方施肥的基本方法及示例	(179)
三、配方施肥的实施	(187)
<b>第三节 大田作物施肥</b>	(187)
一、水稻施肥	(187)
二、小麦施肥	(189)
三、棉花施肥	(191)
四、油菜施肥	(193)
<b>第四节 蔬菜施肥</b>	(194)
一、蔬菜作物吸收养分的特点	(194)
二、蔬菜对土壤条件的要求	(195)
三、蔬菜施肥特点	(196)
四、几类蔬菜作物的施肥	(197)
<b>第五节 果树施肥</b>	(199)
一、果树对土壤条件的要求	(199)
二、果树的营养特点	(200)
三、几种果树施肥	(201)
<b>第六节 茶树施肥</b>	(206)
一、茶树对土壤条件的要求	(206)
二、茶树施肥	(207)
<b>第七节 桑树施肥</b>	(208)
<b>第七章 江苏省主要土壤类型及其利用改良与保护</b>	(210)
<b>第一节 土壤分类与分布</b>	(210)
一、土壤分类	(210)
二、土壤分布	(216)
<b>第二节 低山丘陵区土壤</b>	(220)
一、淮北东部低山丘陵白菜化棕壤	(220)
二、淮北西部岗地的褐土	(223)
三、淮南低山丘陵黄棕壤和岗地黄褐土	(224)
四、宜溧南部低山丘陵的棕红壤	(225)
五、跨地带的岩性土	(226)

<b>第三节 冲积平原区土壤</b> .....	( 227 )
一、潮土.....	( 227 )
二、砂姜黑土.....	( 231 )
<b>第四节 滨海盐土</b> .....	( 236 )
一、滨海盐土的形成.....	( 236 )
二、滨海盐土的特征.....	( 238 )
三、滨海盐土的低产原因.....	( 239 )
四、滨海盐土の利用改良.....	( 241 )
<b>第五节 水稻土</b> .....	( 246 )
一、水稻土的形态特征.....	( 246 )
二、水稻土的物理特性.....	( 247 )
三、水稻土的化学特性.....	( 248 )
四、水稻土中养分物质转化的特点.....	( 249 )
五、江苏省各农业区主要水稻土.....	( 251 )
六、高产稳产水稻土的培育.....	( 255 )
<b>第六节 江苏省土壤资源的合理利用与保护</b> .....	( 259 )
一、土壤资源利用现状.....	( 259 )
二、土壤资源利用中存在的主要问题及其对策.....	( 259 )
<b>附录</b> .....	( 264 )
I、电子计算机在配方施肥中的应用.....	( 264 )
II、花碱土の利用改良.....	( 272 )
III、苏北沿海堤外滩涂盐土的开发利用和改良.....	( 277 )

# 绪 论

## 一、土壤的概念

“土壤”，人们对它并不陌生，但要科学地认识和合理地利用它，则要付出艰辛的努力。土壤是人类劳动的对象和产物，是人类赖以生存发展所必须的生产资料，人类对土壤及其特性的认识，是随着社会的发展和科学技术的提高逐步深化的。早在3、4千年以前，我国劳动人民已经把土壤按颜色、质地、水分状况和生产能力进行分类，实行因土种植。3千多年前对土壤的含义已作了明确的描述，如在《周礼》中指出，“万物自生焉则曰土，以人所耕而树艺焉则曰壤”，这就是说，凡是有自然植被生长的土地叫“土”，即未经人们耕种过的林草地；而经过人们垦种过的叫做“壤”，也就是我们说的“耕作土壤”。在公元1世纪的东汉年间的《说文解字》中写有：“土者，地之吐生物者也。壤，柔土也”。“吐生物”是说明土壤的本质，表明它具有肥力，能长出各种各样的植物来；“柔”是土壤物理性状良好，为肥沃耕作土壤的标志。

20世纪30年代，苏联土壤学家威廉斯根据近代科学知识给土壤下了一个定义：“**土壤是地球陆地上能够生产植物收获物的疏松表层**”。“陆地表层”说明土壤的位置，“疏松”是其物理状态，以区别于坚硬不透水气的岩石，“能够生产植物收获物”是它的本质—肥力。光秃秃的岩石，没有肥力，不能长庄稼，所以不能叫土壤。说明土壤的概念和肥力的概念是不可分割的。

昌盛的文化，总是在肥沃的大地上发展起来的。尼罗河、印度河、我国的长江和黄河流域的土壤，都是文化繁荣之乡。但是不合理地利用土壤，却会产生土壤的盐渍化、沙漠化、沼泽化、水土流失、土壤污染、肥力退化等后果。为了人类的生存繁衍和兴旺发达，必需注重研究土壤及其肥力性质。

## 二、土壤肥力的概念

认识土壤，不能仅看外观，要研究其最本质的特征—肥力。

什么是土壤肥力，国内外学者长期存在着不同的理解。有的学者往往把土壤养料供应的能力看做是肥力，这显然是片面的。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，威廉斯认为：“土壤肥力就是土壤在植物生活的全过程中，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”。从这个定义看起来，肥力因素至少包括有效养分和水分。这个观点在当时为大多数土壤学家所公认。但是科学是不断发展的，科学实验和生产实践的无数事实证明，植物生育的土壤因素不仅是养分和水，诸如温度、通气状况等也直接影响植物生育和产量的提高。因此，现代土壤工作者提出了更完整更明确的概念：“**土壤肥力是土壤在植物生长发育的全过程中，能够同时地不断地供应和协调植物需要的水分、养分、空气、热量和其他生活条件的能力**”。这种能力是土壤的物理、化学和生物性质的综合反映，是土壤的本质特性。所谓协调是指土壤中各种肥力因素不是孤立的，而是相互联系和相互制约的。土壤肥力因素综合作用于作物，各种因素是同等重要、不可代替的。良好的作物生长不仅要求诸肥力因素同时存在，而且必须处于相互协调的状态。所以一般认为水、肥、气、热是土壤的四大肥力因素。它们之间互相联系，互相制

约，综合地起作用，构成了土壤肥力。

土壤肥力分为**自然肥力**和**人为肥力**。前者是自然成土过程中形成的肥力，后者是人工耕作熟化过程中发展起来的肥力。林草地土壤仅仅具有自然肥力，而耕作土壤则兼具自然肥力和人为肥力。土壤肥力因素受环境条件和土壤耕作、施肥管理水平等的限制，只有一部分在生产中表现出来，这部分肥力称为“**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做“**潜在肥力**”。潜在肥力和有效肥力互相联系，相互转化，没有截然的界限。潜在肥力是有效肥力的“后备”，有的土壤潜在肥力高，而有效肥力不高，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。

土壤生产力是指：“**在特定的管理制度下，土壤能生产某种或某系列作物的能力**”，生产力是可以用品产量来衡量。也就是说土壤的生产力是由土壤本身的肥力属性和发挥肥力作用的外界条件以及农业技术措施所决定的。人为的耕作栽培等土壤管理措施，对形成和发挥土壤肥力有重要作用。所以，进行农田基本建设，改造土壤环境是发挥土壤肥力，提高土壤生产力的重要措施。

### 三、土壤在农业生产中的地位和作用

**农业生产的过程是物质和能量的转化过程**。从这个关系看，农业生产包括农林业生产、畜牧业生产和土壤管理三个不可分割的环节。其相互关系很明显，植物是牲畜的粮食，植物和牲畜又是人类的粮食，肥料则是植物的粮食。农林业是畜牧业的基础，畜牧业又能促进农林业的发展，这就是以土壤为基础的物质和能量充分利用、循环、转化，相互推动不断提高的过程，也体现了农林牧相互关联、相互促进的辩证关系。营养元素通过土壤如此不断循环和提高，才能使农业生产绵延不绝和获得丰收。

土壤所以能作为农业生产的基础，是因为它对植物的生育具有独特的作用：

1. **贮藏和供给养分** 土壤对于自身组成物质中的养分及作为肥料施入的养分，有调节的功能。养分在土中一部分以原态被作物吸收，一部分可被土粒吸附保存备用。

2. **贮存和供给水分** 水分在土壤中具有给作物运送养分和氧气的作用，并能调节地温，保障作物和微生物的生存。土壤是一个多孔体，小孔隙在降雨时能贮存水分，大孔隙又能将多余的水分排除掉，保证植物有适宜的水分供应。

3. **保护根系的正常生长** 良好的土壤不仅对硫化氢、农药有一定的降解作用，而且对局部酸碱变化也有一定的缓冲能力，使土壤性质不致发生大的变化，从而起到保护作物根系正常生长的作用。

4. **微小生物栖息的场所** 土壤是微小生物栖息的场所，一亩地耕层土壤中可有几十kg至几百kg活的微生物，土壤越肥，微生物的繁殖速度越快，数量愈多。土壤微生物对土壤中物质的转化，植物营养的供给和土壤肥力的不断提高，都有重要的影响，它的存在是土壤具有生物活性的主要原因，也是地球上物质循环的中枢。

土壤不仅是农业生产的基础，而且是整个地球生态系统不可缺少的重要组分。在自然界中，土壤处于整个生态系统中物质能量运动的中心环节。所以土壤管理得当，保持生态平衡，土壤就能越种越肥。

### 四、作物施肥的必要性

如前所述，土壤具有自然肥力，包含着植物生长需要的各种营养元素。但是，大多贮存在不溶解的矿物和有机质中的养分，对植物是无效的。通过矿物的风化和有机质的分

解，营养元素虽可以逐渐释放出来，成为作物能吸收的有效状态，但其种类和数量都不一定能满足所有作物的要求，而且我国不同地区农田土壤养分有很大的差别。根据《中国土壤》一书的资料，我国土壤氮(N)、磷(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)、钾(K<sub>2</sub>O)的总贮量在以下范围：全氮为150~300kg/亩\*，全磷为150~225kg/亩，全钾为2250~3750kg/亩。即使这些养分全部是对作物有效的，如按1985年我国粮食产量的平均水平(232kg/亩)计算，在完全不施肥的情况下，我国土壤养分也将在如表1所示的年限内消耗殆尽。研究结果估计，在完全不施肥的情况下实际可以利用的有效养分能够维持的期限更短，氮为20~40年，磷为10~20年，钾为80~130年。这说明，土地完全不施肥料，土壤养分的耗竭可在几十年内出现。因此，必须用施肥的方法来调节。实践证明，我国多年来农业生产的提高与增

表1 我国农田土壤养分消耗极限

养 分		有效率(%)	年消耗量(kg/公顷**)	消耗极限年(年)
全 量	氮	100	70	30~60
	磷	100	70	60~90
	钾	100	70	380~650
有 效 部 分	氮	60	70	20~40
	磷	20	35	10~20
	钾	20	70	80~130

引自《中国土地退化防治研究》，中国科学技术出版社，1990年10月。

施肥料密切相关，那里肥料用的充分而合理，那里的增产幅度就大。联合国粮农组织分析世界粮食增产原因时也认为，有50%是增施化肥的结果。所以，作物施肥就成为土壤管理的核心之一。

### 五、土壤肥料工作的重要性

建国以来，我国劳动人民在土壤利用、改良、培肥等方面采取很多措施，积累了丰富的经验。农业产量不断提高，在仅占世界7%的土地上解决了占世界人口22%人的温饱问题，这是举世公认的成就。但是，由于我国目前每年净增1600万人口，而耕地每年净减700多万亩，人地矛盾很突出，超负荷的土地利用和不适当的土壤管理，使现有很大一部分农林牧地土壤在不同程度上发生以下退化现象。

**土壤侵蚀** 我国的森林覆盖率据1990年统计仅为12.98%，植被覆盖率低和植被不断破坏造成了日益严重的土壤侵蚀。水土流失使耕层变薄，土体受到破坏，利用面积减少，同时土壤养分亦随水流失。长江、黄河每年输沙量为20亿吨，全国每年流失的土壤超过50亿吨，约占世界总流失量的1/5，分别相当于毁坏沃土600万亩和1600万亩，相当于全

\* 1市亩 = 666.66m<sup>2</sup>

\*\* 1公顷 = 10<sup>4</sup>m<sup>2</sup>

国耕地削去了10mm厚的土层,损失的氮、磷、钾养分,相当于4000多万吨化肥的养分含量。土壤侵蚀破坏了生态环境,甚至造成突发性灾害,威胁人类的生存。有人形象地指出,中国的水土流失不是“微血管破裂”,而是“大动脉出血”,江河中流的不仅是泥沙,而是中华民族的“血液”。土壤侵蚀一直被人们称为“宁静的危机”和“蠕变灾难”,它是我国土地退化的首要问题。

**土壤性质恶化** 由于人为的不合理耕作、管理和其它活动,致使土壤化学性质和物理性质恶化,引起次生盐渍化、土壤养分的丧失、潜育化、沼泽化、土壤结构破坏等等。近些年来许多地方有机肥与无机肥及氮、磷、钾的比例均有失调,使土壤肥力下降,后劲不足,不能适应高产要求。江苏里下河地区1984~1988年监测结果,平均土壤有机质从2.07%下降到1.86%,速效钾从 $138\text{mgkg}^{-1}$ \*下降到 $84.7\text{mgkg}^{-1}$ ,土壤基础产量\*\*下降9.1%;太湖地区,据对无锡县4317个土壤剖面统计,1959年耕层厚度平均18.5cm,到1980年厚度只有12.2cm,而犁底层厚度从10cm增至15~20cm,成为影响通气透水和根系伸展的障碍层次,和当地农业生产出现徘徊的原因之一。

**土壤污染** 由于工业“三废”(即废气、废液、废渣)的排放,农药的大量使用,化学氮肥的过量施用等等原因,致使大面积土壤污染,严重影响土壤微生物活动,影响作物根系的正常生长,也因而影响作物产品质量的提高,由此影响着人们的身体健康和人类自身的发展。

**侵占耕地** 由于各种主客观原因,我国耕地逐年减少,使人们赖以生存的良好田越来越少,如江苏省1949~1988年40年来,耕地减少1500万亩左右,每年约以30万亩的速度递减,全省人均耕地面积从2.36亩下降到1.06亩。如不加节制长此发展下去,后果是不堪设想的。

违背自然规律和经济规律的上述种种作法之所以会重复发生,部分原因是不少人不理解土壤在农业生态系统中的重要作用,不懂得土壤和肥料的特点,滥耕、滥用,不考虑它对人类的未来将会发生多大影响。国内外许多有远见的专家都强烈发出呼吁,要珍惜和保护每一寸土地。要用经济的、行政的和法律的手段来保证人类赖以生存的耕地的数量和质量。应在全国范围开展全国土壤观念教育,使大家明确我国人多地少、耕地资源十分紧缺,应十分珍惜和合理利用每寸土地,建立健全土地法规,实施《耕地土壤肥力保养条例》,加强法制,做到一切有法可依,有章可循。

依靠科技进步,运用综合措施,改造中低产田,提高耕地生产力。努力做到农林牧副渔统筹兼顾,全面发展,山水田林路合理布局,综合治理。逐步建成适合我国国情的现代化农业生产体系,使土壤能够永远地提供人类更多的生物产量,满足社会发展的需要,这是土壤肥料工作者的光荣职责。

## 复习思考题

1. 什么叫土壤和土壤肥力
2. 区别自然肥力与人为肥力;有效肥力与潜在肥力;土壤基础肥力与土壤生产力的概念。
3. 试述土壤在农业生产中的地位 and 作用。
4. 试述对学好土壤肥科学,建设高产稳产农田的认识。

\* $138\text{mgkg}^{-1}$ 过去称为138ppm

\*\* 土壤基础产量:指在一定自然条件下,不施用任何肥料,仅通过一般常规管理条件下,土壤的生产能力,用产量水平表示。

# 第一章 土壤的形成与肥力的发生发展

江苏省位于我国东部，地处长江、淮河、沂河、沭河的下游，主要由黄淮平原和长江三角洲构成。

江苏耕种历史悠久，农业生产条件较好，作物产量较高，全省的粮、棉总产以及提供给国家的商品粮都属全国较前行列。在土壤的形成和发育上，深受自然和人为成土因素的影响，表现为类型较多，性质各异。了解土壤的形成、类型、分布和性质及其与自然和人为成土因素之间的关系，对于进一步合理利用土壤资源和进行改土培肥具有重要意义。

## 第一节 土壤的形成和发育过程

土壤是由岩石变化发展而来的，土壤与岩石（包括岩石的碎屑）的根本区别是具有肥力。土壤的形成及肥力的产生是风化作用与成土作用同时、同地进行的结果。这是一个漫长的从量变到质变的过程。岩石经过风化，逐渐破碎变成了风化产物，它获得了初步的通透性和微弱的保蓄性，开始可以积存少量的水分和养料，为寄居的低等植物（包括微生物）创造了生活条件。这样，风化产物就变成了成土母质（简称母质）。以后又通过生物的作用，使母质逐渐积累有机质、氮素和其它营养元素，并能保存一定数量的水分，初步具备了肥力特性，它为高等绿色植物的生活创造了条件。出现高等绿色植物以后，成土过程更加深刻地进行，使原来的成土母质最终获得肥力特性，于是母质就演化成土壤了。这个在母质上发生发展肥力的过程就是土壤的形成过程。凡是影响或作用于土壤发生和发育过程的自然因素称为成土因素。早在19世纪末，俄国土壤学家B·B·道库哈耶夫就正确地指出：土壤既是地理景观的一部分，又是地理景观的一面镜子，这面镜子清晰地反映出水分、热量、空气、动植物对于母质长时间综合作用的结果。后来他又进一步提出母质、气候、生物、地形和时间是土壤形成的主要因素，创立了土壤形成因素学说，奠定了土壤发生学的理论基础。由于自然因素的综合作用所形成的土壤称为林草地土壤。由自然因素和人类生产活动共同作用下形成的土壤称为耕作土壤。

为了阐明土壤形成因素学说，现将各成土因素的作用，简述如下。

### 一、土壤形成因素

#### （一）母质

形成土壤最初或最原始的物质称母质。它来源于岩石的风化物，也可以是原先的土壤。母质对土壤形成的主要作用是：一方面它是土壤固相矿物质部分的基本组成材料，是植物矿质营养元素的最初来源；另一方面它能深刻地影响土壤的特性。

母质的矿物与化学组成及颗粒粗细首先影响土壤的形成，进而影响土壤的质地、养分种类和含量，pH值和其它理化性状。如在相同条件下，发育在砂岩和石灰岩上的土壤，两者的质地、pH值差异很大，其主要原因就是母质的不同。砂岩含难风化的、颗粒较大的石英矿物多，盐基成分少，故形成的土壤质地粗，pH值低，各种矿质养分少。而石灰岩富含钙离子与泥质沉积物，故形成的土壤质地细、pH值高，各种矿质养分丰富（表1-1）。

表1-1

江苏南部不同母质上发育的土壤性质比较

地点	母岩	土壤性质					质地 (卡庆斯基制)
		层次及深度 (cm)	pH 值	颗粒组成 (%)			
				<0.05 mm	<0.01 mm	<0.001 mm	
溧阳县 乌龙山 顶部	砂岩	0~10	6.2	53	31	16	中壤土
		10~26	5.4	51	33	13	中壤土
		26~50	5.0	47	31	15	中壤土
震泽龟山 顶部	石灰岩	0~9	8.2	36	64	43	轻粘土
		9~40	8.3	86	74	42	轻粘土
		40~49	8.3	88	68	50	轻粘土
		49~70	8.0	87	80	71	轻粘土

引自江苏省农业厅《苏南土壤调查报告》

## (二) 气候

气候是指某个地区的占主导地位的大气状况。气候要素提供风化和成土过程所必要的水热条件。

大气的温度、湿度对土壤的形成及其发展有着多方面的影响。首先水热条件对土壤物质的转化、移动(包括淋洗、浓缩、化学反应、分散、集中等)有着强烈的影响。一般温度越高、湿度越大、土壤中物质的转化移动越快。反之,则越慢。其次气候因素对生物也有积极的影响,一是影响生物的类型,特别是植被的类型,动植物的生态;二是影响生物的生长发育速度,由于生物类群和活性再作用于土壤,在不同热量、降水量及干湿度的地理地带,其天然植被互不相同,土壤中物质转化,移动特性不同,就形成不同的土壤类型;再次,气候条件不同还影响土壤发育的速率和方向,进而影响土壤的属性。例如:江苏省黄褐土带从北至南降水量增加导致了土壤的淋溶强度的增加,黄褐土的某些属性亦呈现有规律的变化(图1-1)。

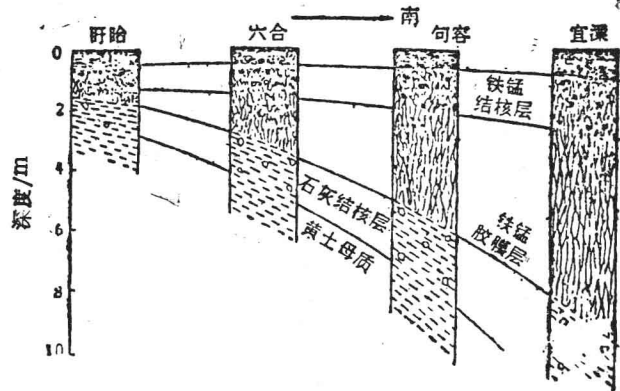


图1-1 黄褐土带下蜀黄土风化壳及其上土壤南北变化示意图

## (三) 生物

生物的种类虽然很多,但对土壤形成影响最大的是绿色植物、微生物和定居在土中的小型动物。

生物是土壤发生发展过程中最活跃的因素,其在土壤形成过程中的作用,既有独立性,又有从属性。由于生物的作用,才能把分散在岩石、大气和水中的养分积累在土壤中,才能进行有机质的转化和积累作用。它对土壤的发生和肥力特性具有独特的创新作用,致使母质变成土壤。所以说生物是土壤形成的主导者。



微生物对土壤形成的作用是多方面的，固氮微生物能吸收利用大气中的分子态氮（ $N_2$ ），转化成为母质中没有的含氮有机物，使母质有了氮素物质；微生物在土壤中进行无机物与有机物，有机物与有机物和无机物与无机物之间的转化、释放和集中养分，创造特殊的有机质——腐殖质，促进团粒结构的形成；此外，在搅动和疏松土壤等方面也有重要作用，从而推动土壤肥力的进一步发展。

植物营养元素最初都是封闭在坚硬的岩石中的。当岩石暴露于陆地表面，处于与其形成时的不同条件下，就会发生各种风化过程，封闭在岩石矿物中的各种营养元素就不断地释放出来，经过水的淋洗，随江河进入海洋，沉积于海底。海底的沉积岩，在漫长的地质年代里，又可因地壳运动等原因，而被隆升为陆地，封闭于沉积岩中的营养元素再度在陆地上被风化而释放，风化的产物再流入海洋。这种由封闭到释放、长时间、大范围的循环往复和永无休止的运动，称为物质的地质大循环。地质大循环为植物吸收同化营养元素提供了可能性，为推动土壤形成和发展提供了前提。在绿色植物对有机物的合成和微生物对有机质的分解过程中，通过植物对养分的选择吸收和富集作用，植物营养元素不断地被生物吸收固定和释放，使有限的营养元素得到无限循环利用。这个过程称为物质的生物小循环。这一循环的结果使植物营养元素经常保持在土体中，并且得到不断积累。生物小循环与地质大循环相比，所需时间短、范围小，是一个生物学过程，而后者是一个地质学的过程。物质大小循环是互相矛盾又是互相联系制约的。大小循环在肥力发展上的矛盾统一，使土壤肥力得到了很大的发展和提高，所以说肥力的发生发展是土壤形成过程的实质。

总之，母质通过各种生物的活动，一方面创造、积累和分解了有机质，矿质养分和氮素含量不断增加，使养料在生命界得以无限循环；另一方面由于有机质的作用具备和发展了许多与母质不同的理化性质，使母质最终获得了肥力特性，由此而演化为土壤。

#### （四）地形

地形是指地表的起伏状态及其外貌。地形对土壤形成发育的影响主要有两个方面。一方面它影响同一地理地带的水、热再分配，以加快或延缓气候对土壤形成的作用；另一方面它影响土壤（或母质）中物质的再分配。所以由于地形的影响，改变了气候与生物的效应，从而影响土壤的发育。

#### （五）时间

各成土因素综合作用对土壤的影响，都因时间因素的增长而加强。一般成土时间越久，土壤发育的程度越深，土壤层次分化就愈明显，土壤与母质的性质差异就越大。在同一气候带下，不同母质来源发育的土壤性质越相似。时间因素不仅在土壤个体发育上表现其重要意义，在土壤系统发育上，即土壤类型的转化或土壤发育阶段上都有特别重要的意义。人类对土壤进行定向培育和改良所采取的措施对土壤演变的影响也是日积月累的，因此，欲培肥土壤必须长期采取适合的耕作和施肥措施，才能达到目的。

人类的生产活动也直接或间接地影响土壤形成发育的速度和方向，它可使土壤肥力发展到更高的熟化阶段。随着现代科学技术的不断发展和普遍应用，人为因素对土壤肥力发展的影响必将日益广泛和深刻。

前面分别讨论了各成土因素对土壤形成的作用，值得注意的是：各成土因素之间也是相互影响、相互作用的，并综合作用于土壤的形成和演变，使土壤的发生条件更趋于多样化、复杂化，从而使土壤之间产生了某些重要属性的分异，形成了各式各样的土壤。