

高等院校资源与环境系列精品课程建设教材

土壤肥料学

刘春生 主编



中国农业大学出版社

高等院校资源与环境系列精品课程建设教材

土壤肥料学

刘春生 主编

(农学 园艺 林学 园林 茶学 植保 气象等专业用)

中国农业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

土壤肥料学/刘春生主编. —北京:中国农业大学出版社,2006.7

ISBN 7-81117-031-0

(高等院校资源与环境系列精品课程建设教材)

I. 土… II. 刘… III. 土壤学:肥料学 IV. S158

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 043513 号

书 名 土壤肥料学

作 者 刘春生 主编

策划编辑 孙 勇

责任编辑 田树君

封面设计 郑 川

责任校对 陈 莹 王晓凤

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路 2 号

邮政编码 100094

电 话 发行部 010-62731190,2620

读者服务部 010-62732336

编辑部 010-62732617,2618

出 版 部 010-62733440

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

E-mail caup @ public. bta. net. cn

经 销 新华书店

印 刷 北京时代华都印刷有限公司

版 次 2006 年 7 月第 1 版 2006 年 7 月第 1 次印刷

规 格 787×1 092 16 开本 18.25 印张 450 千字

印 数 1~3 000

定 价 24.00 元

图书如有质量问题本社发行部负责调换

主 编 刘春生(山东农业大学)

副主编 (按姓氏笔画顺序排列)

卢维盛(华南农业大学)

叶优良(河南农业大学)

田霄鸿(西北农林科技大学)

李惠卓(河北农业大学)

编 委 (按姓氏笔画顺序排列)

卢维盛(华南农业大学)

叶优良(河南农业大学)

田霄鸿(西北农林科技大学)

石孝均(西南大学)

刘春生(山东农业大学)

吴建富(江西农业大学)

宋付朋(山东农业大学)

李惠卓(河北农业大学)

李絮花(山东农业大学)

杨守祥(山东农业大学)

陈宝成(山东农业大学)

周 焱(贵州大学)

钱晓晴(扬州大学)

高 强(吉林农业大学)

樊文华(山西农业大学)

颜 丽(沈阳农业大学)

主 审 王文祥

前 言

“土壤肥科学”是全国高等院校农林学类各专业的一门必修专业基础课,新一轮的培养方案和课程教学大纲的修订对该课程的教学学时压缩很多,现有的《土壤肥科学》教材容量大,教材价格的虚高影响了学生购书的积极性,而土壤肥料科学研究的快速发展也要求对教材的内容进行调整和增补,因而,我们从2004年开始组织全国12所高等院校长期从事土壤肥料教学的骨干教师,讨论并编写一本内容与新一轮培养方案修订后的教学大纲相配套的《土壤肥科学》新教材。2005年2月在北京召开了教学大纲讨论会,在此基础上进行了分工编写。各章的编写分工为:绪论和第七章的第四节由颜丽编写,第二章和第三章由李惠卓编写,第一章和第六章由卢维盛编写,第四章由宋付朋编写,第五章由吴建富编写,第七章的1~3节由樊文华编写,第八章由陈宝成编写,第九章由田霄鸿编写,第十章由叶优良编写,第十一章由周焱和叶优良编写,第十二章由钱晓晴编写,第十三章由李絮花和刘春生编写,第十四章由石孝均编写,第十五章由高强编写,第十六章由刘春生编写,第十七章由杨守祥编写。

初稿完成后主编和副主编轮流进行了审阅和修订,最后由主编进行统稿和定稿。本教材编写的过程中突出实用性,既注重了传统土壤肥料学内容的编写,又补充了最新的研究成果和发展动态内容,使该教材更适合新的培养大纲和教学计划的需要。在教材的编写过程中,史衍玺、张民、聂俊华和诸葛玉平等4位教授给予了很大的关心和支持,并提出了许多宝贵建议,王文祥教授对本书的编写进行了审查把关,编者对此表示深深的谢意。为编好该教材,本书引用了大量的国内外重要文献资料,限于篇幅,有些未能列出,在此一并表示感谢。

由于编者的学识有限,书中难免有错误和不妥之处,真诚地欢迎各位同仁和使用本教材的老师和同学们给予批评指正。

编 者

2006年5月

目 录

绪论	(1)
第一节 土壤肥料在农林业生产及陆地生态环境中的地位和作用	(1)
第二节 土壤和肥料的基本概念	(4)
第三节 土壤肥科学的发展概况及面临任务	(5)
第一章 土壤矿物质	(8)
第一节 成土矿物和岩石	(8)
第二节 风化作用与母质的形成	(14)
第三节 土壤粒级	(16)
第四节 土壤质地	(19)
第二章 土壤有机质	(24)
第一节 土壤有机质的来源与组成	(24)
第二节 土壤有机质的转化	(26)
第三节 土壤腐殖质	(29)
第四节 土壤有机质的作用	(32)
第五节 土壤有机质的动态平衡及影响因素	(34)
第三章 土壤孔性、结构性和耕性	(39)
第一节 土壤孔性	(39)
第二节 土壤结构性	(43)
第三节 土壤的物理机械性和耕性	(49)
第四章 土壤水分	(54)
第一节 土壤水分的形态与能态	(54)
第二节 土壤水分的运动	(61)
第三节 土壤水分的有效性	(66)
第五章 土壤空气和热量	(73)
第一节 土壤空气	(73)
第二节 土壤热量状况	(76)
第六章 土壤胶体、酸碱及氧化还原特性	(83)
第一节 土壤胶体	(83)
第二节 土壤对阳离子的吸附与交换	(87)
第三节 土壤对阴离子的吸附与交换	(90)
第四节 土壤酸碱性	(91)
第五节 土壤的缓冲性	(97)

第六节 土壤的氧化还原反应·····	(99)
第七章 土壤的形成、分类和分布 ·····	(102)
第一节 土壤形成因素·····	(102)
第二节 土壤形成过程·····	(110)
第三节 土壤分类和分布·····	(118)
第四节 我国部分土类的分布和主要性质·····	(126)
第八章 土壤的培肥及其保护·····	(131)
第一节 土壤的培肥·····	(131)
第二节 土壤的侵蚀及防治·····	(134)
第三节 土壤的污染及其防治·····	(138)
第九章 植物营养与施肥原理·····	(147)
第一节 植物的营养成分·····	(147)
第二节 植物对养分的吸收·····	(148)
第三节 植物的根外营养·····	(162)
第十章 氮肥·····	(166)
第一节 氮的营养作用·····	(166)
第二节 氮肥的种类、性质和施用 ·····	(170)
第三节 氮肥的合理施用·····	(179)
第十一章 磷肥·····	(183)
第一节 磷的营养作用·····	(183)
第二节 磷肥的种类、性质及施用 ·····	(187)
第三节 磷肥的合理分配和施用·····	(191)
第十二章 钾肥·····	(194)
第一节 钾的营养作用·····	(194)
第二节 钾肥的种类、性质及施用 ·····	(198)
第三节 钾肥的有效施用·····	(201)
第十三章 钙肥、镁肥及硫肥 ·····	(206)
第一节 钙肥·····	(206)
第二节 镁肥·····	(208)
第三节 硫肥·····	(210)
第十四章 微量元素肥料·····	(214)
第一节 硼肥·····	(214)
第二节 钼肥·····	(218)
第三节 锌肥·····	(221)
第四节 锰肥·····	(225)
第五节 铁肥·····	(228)
第六节 铜肥·····	(231)
第十五章 复混肥料·····	(235)
第一节 复混肥料的意义及其发展动向·····	(235)

第二节	复混肥料的主要种类、性质和施用	(236)
第三节	肥料的混合	(242)
第十六章	有机肥料	(245)
第一节	有机肥料概述	(245)
第二节	粪尿肥	(246)
第三节	堆肥、沤肥、沼气池肥和秸秆还田	(251)
第四节	绿肥	(255)
第五节	泥炭及腐殖酸肥料	(258)
第七节	微生物肥料	(261)
第十七章	施肥原理与技术	(264)
第一节	施肥原理	(264)
第二节	计量施肥	(267)
第三节	施肥技术	(280)

绪 论

第一节 土壤肥料在农林业生产及 陆地生态环境中的地位和作用

一、土壤肥料是农林业生产的基本生产资料

农林业生产的主要任务是进行绿色植物的生产。绿色植物可以通过光合作用制造有机物质,把太阳辐射能转变为化学能贮存起来,随后,把一部分植物产品作为食料和工业原料被人类所利用,进而促进动物生产(养殖业)。动物生产则是把一部分植物产品和残体作为喂养畜、禽、鱼类的饲料和饵料,以更充分地利用这些有机物质及其包含的化学能,进一步为人类提供动物性食品、工业原料、畜力和家畜粪尿。由此看来,无论是农业、林业还是牧业都必须依靠土壤资源完成生产,土壤资源管理实际上是农林业和牧业生产中的重要环节,通过土壤的施肥耕作管理,把未曾利用的动植物残体和人类粪尿归还土壤,变为植物可利用的养分,同时增加和更新土壤有机质,提高土壤肥力。群众说的“粮多、猪多,猪多、肥多,肥多、粮多”,正是对植物生产、动物生产和土壤管理三者辩证发展的形象化说明。

农林业生产的基本特点是生产出具有生命的生物有机体,其中最基本的任务是发展人类赖以生存的绿色植物的生产。土壤不仅是绿色植物扎根的立足之地,而且还能供给绿色植物生命活动所需的大部分生活要素。绿色植物的生活要素有日光(光能)、热量(热能)、空气(主要是氧气和二氧化碳)、水分和养料。光、热和空气主要来自太阳辐射能和大气,所以叫做“宇宙因素”;水分和养料主要是植物根系从土壤中吸取,所以叫做“土壤因素”。植物能立足自然界,能经受风雨的袭击而不倒伏,主要是由于根系伸展在土壤中,获得土壤的机械支撑之故。这一切都说明,在自然界植物的生长繁育必须以土壤为基地。一个良好的土壤应该使植物能吃得饱(养料供应充分)、喝得足(水分充分供应)、住得舒服(空气流通、温度适宜)、站得稳(根系伸展自由、机械支撑牢固)。

狭义的农业生产包括植物生产(种植业)和动物生产(养殖业)两部分。从能量和有机质来源看,植物生产是由植物通过光合作用,把太阳辐射能转变为有机质化学能,是动物及人类维持其生命活动所需能量和某些营养物质的唯一来源。动物生产则是对植物生产产品的进一步加工及增值,在更大程度上满足人类的需求。因此,人们把植物生产称为初级生产(也叫一级生产、基础生产),而把动物生产称为次级生产。从食物链的关系看,次级生产中又可分为若干级,如二级、三级等。每后一级的生产都以其前一级生产的有机物质作为其食料,整个动物界就是通过食物链的繁育、衍生而来的。由此可见,土壤不仅是植物生产的基地,也是动物生产

的基地。如果没有植物生产的繁茂,就不可能有动物生产和整个农业生产。

肥料是粮食的粮食,是保证土壤肥沃的基本物质资料。施肥是农林业生产中的重要环节,是培肥土壤、促进农林业生产的基本手段。没有肥料,没有合理施肥,自然界的土壤就得不到培肥,农林业生产就得不到兴旺发展。

二、土壤肥料是制定农林业技术措施的依据

在绿色植物栽培技术上至少有8个基本因素需要考虑,这就是“土、肥、水、种、密、保、工、管”,它们分别代表土壤和耕作管理、施肥、农地水分管理、品种选择及种子的种植密度、植物保护、田间工机具的使用及日常田间栽培管理等。

由8个字所概括的各项技术措施,各有其重要性。它们相互联系,相互制约,彼此不能替代。但土壤和肥料在这8个字中是基础。因为在采用各项技术措施时,都有一个因土制宜的原则问题。例如,为了充分发挥土壤资源的生产潜力,首先就应该在土壤普查的基础上,根据地区自然条件和土壤类型特征,注意保护或建立一个地区的合理的生态平衡,本着用地养地的原则,对一个区域的土壤作出因地制宜、合理利用的规划,实施因土耕作和种植。又如,在合理施肥时,对肥料的种类、用量、施肥时期和施肥方法的选择,不仅要根据作物的要求和季节气候的变化,还要考虑土壤的性质和肥力水平。酸性土与碱性土,砂土与黏土,肥土与瘦土,旱地与水田,它们的施肥制度和施肥技术均各不相同,要因土而异。在水利方面,从开辟水源、整理田块、配制沟渠水系、改造农田环境、进行农田基本建设开始,一直到田间灌排的调节和地下水位的控制,也都应有因地因土制宜的考虑。

在绿色植物栽培中,其他各项技术措施的采用,包括作物种类和品种的选择,密植程度的制定,农业机械和工具的运用,植物保护措施的实施以及栽培管理的改进,也都要结合考虑土壤的原来性质以及它们对土壤可能产生的影响,做到因土制宜。

总之,土壤与农业生产的各项措施都有关系。脱离土壤条件来谈农林业生产的技术措施,即使有了良种良法,也往往不能发挥高产效果,在总结和推广群众经验以及研究高产栽培技术时,必须有这种因土制宜的观点。

三、土壤是人类社会的重要自然资源

我国古籍《说文解字》中,对土壤的解说为“土者,吐也,吐生万物”。管子中则说:“有土斯有财。”至于“土壤孕育万物”,“土为万物之母”等的概念则不论中外都古已有之。马克思曾经说过“土壤是世代相传的,人类所不能出让的生存条件和再生产条件”(资本论,第三卷,1061页)。这句话的意思,就是说土壤作为资源,不同于其他资源,它在农业生产上发挥其资源作用是不应有时间的限制的。矿藏资源经过开采利用,总有枯竭之时,而土壤资源虽经开垦种植,只要“治之得宜,地力常新”。我们的土壤,现在又为我们的社会主义建设提供着丰富多彩的动植物产品,将来还要为我们子子孙孙的社会主义和共产主义事业的发展创造出更多的物质。但要使我们肥沃的土壤能传之万代,而不毁于一旦,我们必须深刻理解土壤作为资源的特殊意义,珍视它作为农业基本生产资料而具有再生产作用的特点,从而充分意识到自己的责任,把土壤看作是社会财富,它不仅属于国家,属于全体劳动人民,而且也属于子孙万代。任何人只有合理使用它、保养它和不断提高它肥力的义务,而没有任意破坏和污染它的权利。

在人类历史上,在人类利用土壤资源过程中,土壤资源遭到严重破坏的例子是很多的。由

此所造成的恶果,就世界范围来说,至少存在 5 大问题。第一是土壤侵蚀,第二是土壤的砂化(沙漠化),第三是土壤的盐碱化,第四是土壤的变质退化,第五是土壤的污染。这些问题在我国也都早有不同程度的存在。例如,黄土高原和南方红土丘陵地带的严重水土流失,东北、西北和内蒙古某些严重风蚀区的土壤砂化,华北平原地区农地的次生盐渍化,东北垦区黑土的变质退化以及各地工矿区附近土壤的严重污染,等等,这些都是早已众所周知的历史事实。解放以来,由于社会制度的改变,土壤资源的保护工作日益受到党和国家的重视,不少地方穷山恶水的旧面貌已经有了很大改变。但也应该指出:在土壤资源的开发和利用上,我们还存在很多不合理现象,不符合因地制宜、农林牧各得其所的原则。不少地区片面强调以粮为纲的农业生产,不根据土壤特点而盲目毁林开荒,不管土壤条件而滥垦草原,对肥沃原野只求眼前收获,而不注意维护其肥力,致使水土流失,风沙蔓延,土壤走向贫瘠化。其结果不但使土壤失去了其再生产的作用,而且还会使河道淤塞,尘砂飞扬,增加了灾害性气候的威胁。在这方面,旧中国所留给我们的灾难,对我们应是很好的教训,而近年来各地因地制宜地利用土壤资源,进行农田基本建设的经验和成就,则对我们又是很好的启发。

四、土壤是陆地生态系统的主要组成部分,是影响人类生存的重要环境要素

土壤是生态系统的重要组成部分。植物、动物和微生物加上它们生存的环境的集合体,称为生态系统。土壤是人类社会所处自然环境的一部分,是自然环境中的生物圈的重要组成部分。自然环境是指人类社会和生产活动所涉及的空间范围内各种自然因素的总和,其中包括大气、水、生物、土壤、岩石和矿产资源等。通常我们把自然环境划分为几个圈,即大气圈、水圈、土壤圈、岩石圈和生物圈。生物圈包括凡是有生物活动的地方,即整个水圈、土壤圈、大气圈和生物圈相互紧密交接的地带,是连接无机自然界和有机自然界的中心环节。

在一定条件下,就整个生态系统来说,由于各种生物群体之间的相互制约,使得生物与生物、生物与环境之间维持着某种相对稳定的状态,称为生态平衡。人类生活在自然环境中,并不断地对它进行干预和改造,使之有利于人类的生产和生活。同时,人们的生活也会有意或无意地破坏自然环境的生态平衡,给人类带来难以弥补的损失,如土壤污染、水土流失、土壤砂化等,会给人类带来灾害,甚至是毁灭性的。从环境科学要求出发,今后对土壤资源的利用,不但要考虑国民经济和农业生产发展的要求,还要考虑整个自然环境中的生态平衡问题。宜农则农,宜林则林,宜牧则牧,农、林、牧相结合。林是农的水源、肥源和农村能源,实行农、林结合;牧是农业的肥源,农是牧的饲料、饲草来源,以农养牧,以牧促农,实行农、牧结合;农区要种好作物,建设好商品粮基地,并发展林牧业,实行农、林、牧相结合。在农田土壤管理中,应着眼于防止土壤的污染,对林地的开发,特别要注意水土流失,促使生态系统不断地向有利于人类生存的方向转化。

在影响人类生存的 3 大环境要素中(大气、水、土壤),土壤是与食物链紧密相连的要素,在影响人类生存的所有环境要素中,土壤要素不论是它的危害程度,还是它的自身复杂程度都是排在第一位的。认识土壤资源在环境中的作用,不但可以让人们进一步珍惜土壤,更可以让人们有目的地利用和管理土壤。

第二节 土壤和肥料的基本概念

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”指其物理状态,区别于坚硬整块的岩石。土壤之所以“能够产生植物收获物”,主要由于土壤具有肥力。任何一种土壤都有一定的肥力,只是高低不同,所以,土壤的概念与土壤肥力的概念是分不开的,肥力是土壤的本质。但是,什么是土壤肥力,国内外学者长期存在着不同的认识。一般西方土壤学家传统地把土壤供应养分的能力称为土壤肥力。原苏联土壤学家威廉斯则认为,土壤肥力是“土壤在植物生活的全过程中,同时而又不断地供给植物以最大量的有效养分和水分的能力。”生产实践和科学实验表明,土壤养分和水分对评价土壤肥力水平是重要的,但不能全面反映土壤肥力状况。土壤肥力因素至少应包括水分、养分、空气和温度(水、肥、气、热)4个肥力因素。土壤中,只有诸肥力因素同时存在,而且处于相互协调状态,才能保证植物“吃饱、喝足、住得舒服”,从而获得丰收。所以,我国多数土壤科学工作者认为:土壤肥力就是土壤供给和调节植物生长发育所需要的水、肥、气、热等生活因素的能力。

土壤肥力和土壤生产力是两个不同的概念,而又互有联系的。土壤肥力是土壤本身的属性,而土壤生产力是指土壤生产植物产品的能力。植物产量的高低是由土壤和其环境共同决定的,因为土壤上生长的植物产量的高低,还要受大气、温度、降水、日照、地形、灌排条件以及有无污染环境因素的影响。高产的土壤,必定是肥沃的。但是,并不能因此而断定,肥沃的土壤一定高产。干旱地区有肥沃的土壤,但是在没有灌溉设施的经营管理制度下,对作物来说,这些土壤不可能是高产的。可见,土壤肥力是土壤生产力的基础,而不是土壤生产力的全部。区分土壤肥力和土壤生产力这两个不同概念,对土壤管理和生产具有重要意义,这使我们认识到,提高土壤生产力,即提高植物产量,既要研究土壤与其环境间的相互关系,也要重视土壤肥力的研究。

直接或间接供给作物所需养分,改善土壤性状,以提高作物产量和改善作物品质的物质,都可称为肥料。

肥料分化学肥料、有机肥料和微生物肥料3大类。化学肥料是指那些含有植物必需营养元素的无机化合物,它们大多是在工厂里用化学方法合成的,或采用天然矿物生产的,一般也叫做矿质肥料。有机肥料是指含有大量有机质和多种植物所需养分物质的改土肥田物质,它们大多是利用各种动物排泄物、植物残体或农业生产中的废弃物、天然杂草以及城乡生活垃圾等有机物经过简单的处理而成的,因原料绝大部分来自农村,有时也叫农家肥料。微生物肥料简称生物肥,是指含有大量微生物菌剂的微生物制剂,将它们施到土壤中,在适当的条件下进一步生长、繁殖,通过微生物的一系列生命活动,直接给作物提供某些营养元素、激素类物质和各种酶等。

目前,肥料的发展趋势是由低浓度向高浓度、由单一成分向多成分的复合肥或复混肥、从粉状到粒状发展。市场上已经出现了很多诸如复合肥料、混合肥料、混配肥料、液体肥料、叶面肥料、有机无机复混肥料等新型肥料名称。

第三节 土壤肥料学的发展概况及面临任务

几千年来,我国劳动人民在长期生产斗争中,积累了丰富的认土、评土、用土、改土和对肥料积、造、保、用的经验。

早在战国时代,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》一书就记载了当时按土壤肥瘦、性状、生产力,把九州的土壤分为三等九级。《管子·地员篇》按土性、土宜、肥力分 18 类,每类又各分 5 种,采用续分法。这些资料是现在所知的最早的结合生产的土壤分类系统。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。这是我国劳动人民对土壤肥料科学的伟大贡献。

近百年来,欧、美近代的土壤科学逐步传到了我国,对我国土壤科学产生了很大的影响。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,从化学的观点来研究土壤,提出了“植物矿质营养学说”,认为作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,只有不断地向土壤归还和供给矿质养分,才能维持土壤肥力。在当时,这种观点推翻了以前认为植物靠吸收腐殖质而生长的错误学说,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土壤是单纯的养分贮藏库,矿质养分是土壤肥力的唯一因素,只要施用矿质肥料把植物吸收的矿质养分归还土壤,就能保持土壤肥力,抛弃了施用有机肥、种植绿肥和合理耕作轮作等培肥养地措施,忽视了生物因素对提高土壤肥力的积极作用。

19 世纪下半叶,以德国地质学家法鲁(Fallou, 1882)为代表的农业地质学派,从地质学的观点来研究土壤,提出了“土壤矿质淋溶学说”。他们虽然也累积了一些自然土壤形成的资料,但是他们片面地认为土壤是岩石矿物的风化碎屑,土壤中可溶性物质在风化作用下会不断淋溶丧失,土壤肥力不可避免地要逐渐下降。同样,其他学派也没有看到土壤形成过程中的生物作用,否认植物对土壤肥力的巨大意义。

19 世纪中叶,以俄国道库恰耶夫(Dokuchaev, 1864—1903)为代表的土壤发生学派,以发生学的观点来研究土壤。发生学派的基本观点认为:土壤是在母质、气候、生物、地形和时间 5 大成土因素共同作用下形成的。土壤是一个独立的历史自然体。土壤发生学派的主要观点,在土壤学的发展史上,曾起过不少积极影响。但是,这一学派对农业土壤的研究做得较少。

建国以来,我国土壤肥料科学进入了一个崭新的阶段,以前所未有的速度向前发展。在土壤学发展方面,1958 年全国第一次土壤普查,普查面积 2.9 亿 hm^2 (其中耕地 0.9 亿 hm^2),编绘了“四图一志”(农业土壤图、土壤肥力概图、土壤改良概图、土壤利用概图、农业土壤志),为我国有计划地开垦荒地,扩大耕地面积,合理利用土地,提供了科学依据。从 1979 年开始的第二次全国土壤普查工作,在应用航片或卫片编绘土壤图上,其发展速度是国外少有的;在查清土壤资源、普及土壤科学、培养基层土肥人员、促进农业生产等方面都取得了很大成绩。

在肥料学发展方面,早在 1953 年,党和政府就提出了“以农家肥料为主,化学肥料为辅”的肥料工作方针。1957 年,中国农业科学院土壤肥料研究所所在各省农业科学研究所地力检定工作的基础上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% 缺乏氮素, 50% 左右缺乏磷素, 30% 缺乏钾素。这些结果对化肥生产和分配计划提供了科学根据。1974 年 8 月《全国化肥使用座谈会总结提纲》中指出: “合理用肥, 要以农家肥为主, 农家肥和化肥相结合。” 有机肥与无机肥相结合是我国坚定不移的肥料工作方针。据 1988 年报道, 长期(7 年) 定位试验结果表明: 随着时间的增长各施肥处理连续无肥区、有机肥区、化肥区和有机无机肥配合区的增产效果, 以配合施肥区增产最为显著。据各地提供的资料分析, 目前全国作物养分的供应中, 有 50% 左右还是靠有机肥料提供, 其中磷素超过 60%, 钾素高达 90% 以上。在化肥施用上, 实践表明, 有机物与磷配合效果好。微量元素肥料(主要是硼、锌、钼) 已在较大面积上推广应用, 效果显著。配方施肥已在全国普遍展开, 取得了良好的经济效益。

土壤肥料工作的指导思想是: 把土肥工作作为发展农业生产的一项重大战略措施, 重视保护和提高地力。把改良土壤、培肥地力作为农田基本建设的重要内容和长期任务, 实行养地和用地相结合, 有机肥和无机肥相结合, 广辟肥源, 科学施肥, 合理轮作, 综合治理, 建设高产稳产农田, 为实现农业的可持续发展和建设社会主义新农村而奋斗。

土壤肥料工作面临的主要任务是:

1. 进行土壤普查和土壤普查成果应用 要抓好因土施肥、因土改良、因土种植等生产措施, 逐步建立田间档案, 开展土壤肥力定位观测, 更科学地指导生产。

2. 测土配方, 合理施肥 根据植物营养特性、土壤肥力水平和土壤供肥能力、肥料的性质和成分, 结合当地的气候和耕作栽培条件, 有效确定肥料的种类、肥料的用量和肥料的科学施用方法, 以达到培肥土壤、提高农作物产量、改善农产品品质、取得相当经济效益的目的。

3. 重点搞好中、低产田的利用改良 据估计, 我国中、低产田面积约各占总耕地面积的 1/3。把改造中、低产田作为重点, 加强地力建设作为一项基础措施来抓, 使低产变中产, 中产变高产。

4. 防止土壤侵蚀, 保持生态平衡 我国是世界上土壤侵蚀严重的国家之一。全国水土流失面积由解放初期的 116 万 km^2 , 发展到现在的 150 万 km^2 , 砂化土壤现有面积约 17 万 km^2 。必须控制土壤侵蚀, 保持生态平衡。

5. 增辟肥源, 调整氮磷钾比例 要千方百计增辟肥源, 做到有机肥和无机肥施用量都能相适应地逐年有所增长, 有机肥与无机肥相结合, 以无机促有机, 实行无机有机农业, 逐步调整三要素比例, 推行合理施肥与配方施肥, 用地养地结合, 不断提高土壤肥力。

6. 采取有力措施坚决制止滥占耕地 解放初期, 我国人均耕地 0.18 hm^2 , 现在仅有 0.1 hm^2 , 仅及世界人均耕地的 29.2%。耕地一旦被侵占, 生产资料将不能或很难失而复得, 如果人增地减的这一趋势再继续下去, 后果将不堪设想。因此应采取有效措施, 坚决制止滥占滥用耕地。

7. 土壤资源的保护与土壤资源的合理利用 在整个国民经济发展过程中, 如何保护耕地数量和耕地质量的动态平衡, 科学合理地进行土地修复? 如何减少土壤资源的污染? 如何修复已被污染的农田土壤? 如何减轻施肥对环境的影响? 这一系列问题都是摆在我们面前的紧迫任务。

总之, 土壤肥料在未来整个国民经济的可持续发展中都占有重要的地位, 并起着重要的作用, 随着农林业生产以及整个国民经济的发展, 土壤肥料所扮演的角色将越来越突出。

思 考 题

1. 如何理解土壤肥料在农林业生产以及生态环境中所占有的位置和所应有的作用?
2. 什么是土壤和肥料? 土壤的本质特征是什么?
3. 怎样区别土壤养分和土壤肥力?
4. 李比希、法鲁和道库恰耶夫对土壤肥料学的主要贡献是什么?
5. 土壤肥料在未来面临哪些主要任务?

参 考 文 献

- 1 沈其荣. 土壤肥料学通论. 北京: 高等教育出版社, 2001
- 2 关连珠. 土壤肥料学. 北京: 中国农业出版社, 2001
- 3 林大仪. 土壤学. 北京: 中国林业出版社, 2002

第一章 土壤矿物质

土壤矿物质是土壤固相的主要组成物质,构成了土壤的“骨骼”,一般占土壤固相总质量的95%以上。土壤矿物质的组成和性质,对土壤物理性质、化学性质、生物及生物化学性质有深刻的影响。

第一节 成土矿物和岩石

土壤矿物质是由岩石和矿物经过极其复杂的风化过程和成土过程而形成的。了解和认识主要成土岩石和矿物及其风化特点是鉴定土壤类型、认识土壤形成过程和了解土壤的理化性质的基础。

一、地壳和土壤的元素组成

表 1-1 列出了地壳和土壤的平均化学组成,从表中可见:①氧(O)和硅(Si)是地壳中含量最多的两种元素,两者合计占地壳质量的 76.0%;铁、铝次之,前四者相加共占 88.7%的质量。所以地壳组成中,含氧化合物占了极大的比重,其中又以硅酸盐最多。②在地壳中,植物生长必需的营养元素含量很低,其中磷、硫均不到 0.1%,氮只有 0.01%,远远不能满足植物和微生物营养的需要。③土壤的元素组成充分反映了成土过程中元素的分散、富集特性和生物积聚作用。一方面,它继承了地壳化学组成的遗传特点;另一方面,有的化学元素(如氧、硅、碳、氮等)在成土过程中增加了,有的元素(如钙、镁、钾、钠等)显著下降了。

表 1-1 地壳和土壤的平均化学组成(质量) %

元素	地壳中	土壤中	元素	地壳中	土壤中
O	47.0	49.0	Mn	0.10	0.085
Si	29.0	33.0	P	0.093	0.08
Al	8.05	7.13	S	0.09	0.085
Fe	4.65	3.80	C	0.023	2.0
Ca	2.96	1.37	N	0.01	0.1
Na	2.50	1.67	Cu	0.01	0.002
K	2.50	1.36	Zn	0.005	0.005
Mg	1.37	0.60	Co	0.003	0.000 8
Ti	0.45	0.40	B	0.003	0.001
H	(0.15)	?	Mo	0.003	0.000 3

来源:黄昌勇,《土壤学》,2000

二、主要的成土矿物

矿物是一类天然产生于地壳中且具有一定的化学组成、物理特性和内部构造的单质或化合物,是组成岩石的基本单位。绝大多数矿物是由两种或两种以上元素组成的化合物,并且多数呈结晶固态形式存在。目前已经发现的矿物有 3 300 多种,但与土壤形成有关的不过数十种。

按照矿物的起源,矿物可分为原生矿物(primary mineral)和次生矿物(secondary mineral)两大类。直接来自岩浆岩或变质岩的矿物,叫原生矿物。原生矿物通过化学或生物作用而转变或重新合成的矿物,叫次生矿物。

(一)土壤中的原生矿物

常见的土壤原生矿物有四类,即硅酸盐类、氧化物类、硫化物类和磷酸盐类矿物。硅酸盐类主要有长石类、云母类、角闪石和辉石等;氧化物类主要有石英和铁矿类;硫化物类主要有黄铁矿;磷化物类主要有磷灰石。不同矿物的化学成分、物理性质不同,因而其风化特点及风化产物也很不相同(表 1-2)。

表 1-2 主要的成土矿物

矿物名称	化学成分	物理性质	风化特点与风化产物
石 英	SiO_2	无色、乳白色或灰色,玻璃光泽,硬度 7,无解理	不易风化,是土壤中砂粒的主要来源
正长石	KAlSi_3O_8	正长石呈肉红色,斜长石多为灰色。均为玻璃光泽,硬度 6.0~6.5,中等至完全解理	化学稳定性较低,易风化形成高岭土、二氧化硅和盐基物质。正长石含钾较多,是土壤钾素和黏粒的主要来源
斜长石	$n\text{NaAl}_3\text{O}_8 \cdot (100-n)\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$		
白云母	$\text{KAlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	白云母无色或浅黄色,黑云母呈黑色或黑褐色。呈片状,珍珠光泽,极完全解理,硬度 2.5~3.0	白云母抗风化分解能力较黑云母强,风化后均能形成黏粒,并释放钾素
黑云母	$\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH} \cdot \text{F})_2$		
角闪石	$\text{Ca}_2\text{Na}(\text{Mg}, \text{Fe})_4(\text{Al}, \text{Fe})[(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{11}](\text{OH})_2$	色暗绿至黑色,玻璃光泽,硬度 5.0~6.0。角闪石为长柱状,完全解理;辉石为短柱状,中等解理	容易风化,风化后产生含水氧化铁、含水氧化硅及黏粒,并释放出少量钙、镁元素
辉 石	$\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})[(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6]$		
橄榄石	$(\text{Mg}, \text{Fe})_2[\text{SiO}_4]$	黄绿色,玻璃光泽,解理不完全,硬度 6~7	易风化,风化后形成褐铁矿、二氧化硅以及蛇纹石等次生矿物
磷灰石	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl}_2, \text{OH})$	常为致密状块体,呈灰白、黄绿、浅紫、深灰或黑色,玻璃光泽或油脂光泽,不完全解理,硬度 5	风化后是土壤中磷素营养的主要来源
磁铁矿	Fe_3O_4	铁黑色,半金属光泽,无解理,具强磁性,硬度 5.5~6.0	难以风化,但可氧化成赤铁矿和或针铁矿
赤铁矿	Fe_2O_3	红色或黑色,半金属光泽,无解理,结晶良好的硬度为 5.5,土状的硬度为 2	易风化,是土壤中的红色来源。在潮湿条件下,可水化成针铁矿