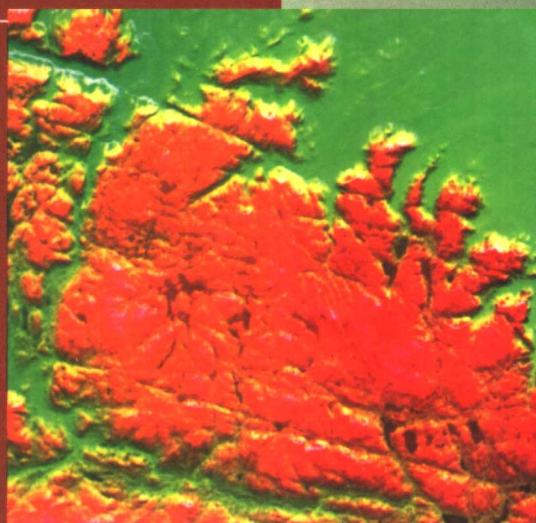


基础土壤学

熊顺贵 主编



中国农业大学出版社

JICHU TU RANG XUE

基础土壤学

熊顺贵 主编

中国农业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

基础土壤学/熊顺贵主编. —北京:中国农业大学出版社,2001

ISBN 7-81066-332-1/S · 261

I. 基… II. 熊… III. 土壤学-高等学校-教材 IV. 15

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 09345 号

出 版 中国农业大学出版社
发 行
经 销 新华书店
印 刷 涿州市星河印刷厂
版 次 2001 年 3 月第 1 版
印 次 2001 年 3 月第 1 次印制
开 本 16 印张 24 千字 420
规 格 787×980
印 数 1~3050
定 价 20.00 元

主 编 熊顺贵(中国农业大学)

副主编 王砚田(中国农业大学)
崔德杰(山东莱阳农学院)

编 者 吕贻忠(中国农业大学)
曾宪竟(中国农业大学)
张宝贵(中国农业大学)
李贵桐(中国农业大学)
成春彦(北京市农业科学院)
刘敦辉(湖北省黄冈地区农科所)
曾路生(山东莱阳农学院)

主 审 王 坚 常月帆

前 言

本书是为植物生产类专业的本、专科生编写的教材。1996年第一次出版,经过近4年的教学实践,在总结教材内容的基础上,第二次出版增添了土壤生物一章,对其他章节也做了部分修改和补充。使其内容更加完善,体系更加系统化。

全书共14章,第一章绪论,阐述土壤在人类农业发展中的重要性,土壤的基本物质组成和肥力特性,土壤的发展简史、现状、研究内容和今后的任务;第2~8章,阐述土壤母质、土壤矿物质、土壤有机质、土壤生物、土壤水分、土壤空气和热量的物质组成和性质;第9~12章,阐述土壤环境过程,包括土壤的形成发育过程、土壤胶体和离子交换吸附过程、土壤养分动态平衡、土壤酸碱反应、氧化还原及缓冲作用等;第13章,主要阐述我国主要不同土壤类型的发育过程和特征,以及利用改良的不同途径;第14章,主要阐述土壤质量退化、沙化、侵蚀、酸化和化学污染过程、现状及其土壤管理、保护的原理和技术。

土壤学是农业科学和资源环境科学的应用基础学科,它服务于农业持续发展、环境生态建设、区域治理、资源利用和保护等。本书适用于农学、园艺、植保、农业气象、环保生态和土地资源等专业的本、专科生的必修课教材,也可供从事农业科学研究的科技人员参考。

本书编写分工如下:1、8章(绪论、土壤空气和热量状况)由熊顺贵编写;2、3章(土壤母质与成土矿物、土壤矿物质)由曾宪竟编写;4章(土壤生物)由张宝贵编写;5章(土壤有机质)由李贵桐编写;6、7章(土壤的孔性与结构性、土壤水分)由王砚田编写;9、10章(土壤胶体及其对离子的吸附交换作用、土壤化学性质和过程)由吕贻忠编写;12章(土壤形成与分布)由成春彦编写;13章(我国主要土壤类型)由刘敦辉编写;14章(土壤资源保护和管理)由曾路生、崔德杰编写。全书各章由王坚、常月帆主审。

在编写过程中,得到了李保国教授的大力支持及校、院系各级领导的关心,在此一并致谢。由于水平有限,书中不当之处,恳请读者指正。

编 者

2001. 1

目 录

1 绪论	(1)
1.1 土壤在人类农业和生态系统中的重要性	(2)
1.2 土壤的概念及其物质组成	(5)
1.3 土壤科学发展简史	(9)
1.4 土壤科学研究的内容和任务	(11)
2 土壤母质与成土矿物	(14)
2.1 土壤母质的来源	(15)
2.2 土壤母质的形成过程	(29)
2.3 土壤母质的类型和分布规律	(35)
3 土壤矿物质	(42)
3.1 矿物质土粒	(43)
3.2 土壤质地	(48)
4 土壤生物	(57)
4.1 土壤生物的种类及其在土壤生态系统中的地位	(58)
4.2 土壤微生物	(61)
4.3 土壤动物	(64)
4.4 高等植物的根	(68)
4.5 土壤生物对土壤及植物的作用	(70)
4.6 土壤管理措施对土壤生物的影响	(71)
5 土壤有机质	(73)
5.1 土壤有机质的含量、来源及其组成	(74)
5.2 土壤有机质的转化	(76)
5.3 土壤腐殖质的形成和性质	(81)
5.4 土壤有机质的作用	(87)
5.5 提高土壤有机质的途径	(91)
6 土壤的孔性与结构性	(95)

6.1	土壤基质中三相物质的关系	(96)
6.2	土壤基模的孔隙状况	(100)
6.3	土壤结构	(108)
7	土壤水分	(122)
7.1	土壤水的类型及性质	(123)
7.2	土壤含水量的表示方法和土壤水分测定	(128)
7.3	土壤水的能态	(134)
7.4	土壤水分运动	(141)
7.5	土壤水分平衡	(149)
7.6	土壤水有效性	(150)
8	土壤空气和热量状况	(153)
8.1	土壤空气状况	(154)
8.2	土壤热量状况	(160)
9	土壤胶体及其对离子的吸附交换作用	(171)
9.1	土壤胶体	(172)
9.2	土壤胶体对离子的吸附作用	(182)
10	土壤的化学性质和过程	(188)
10.1	土壤离子交换作用	(189)
10.2	土壤酸碱性	(195)
10.3	土壤的氧化还原作用	(202)
10.4	土壤缓冲性	(205)
11	土壤养分	(211)
11.1	土壤中的氮素	(212)
11.2	土壤中的磷素	(219)
11.3	土壤中的钾素	(229)
11.4	土壤中的硫	(233)
11.5	土壤中的钙、镁	(237)
11.6	土壤中的微量元素	(238)
11.7	土壤养分平衡及有效性	(240)
12	土壤形成与分布	(242)
12.1	土壤形成因素	(243)

12.2	土壤形成过程·····	(253)
12.3	不同土壤成土过程的特点·····	(266)
12.4	我国土壤分布概况·····	(269)
13	我国主要土壤类型·····	(275)
13.1	华北平原土壤类型·····	(276)
13.2	其他地区主要土壤类型·····	(295)
13.3	我国的土壤资源概况·····	(328)
14	土壤资源保护和管理·····	(338)
14.1	土壤退化与防治·····	(339)
14.2	土壤(地)沙化与防治·····	(344)
14.3	土壤侵蚀与防治·····	(348)
14.4	土壤酸化与防治·····	(354)
14.5	土壤化学污染与防治·····	(362)
参考文献	·····	(374)

1

绪 论

【教学目标】

● 土壤在人类农业和生态系统中的重要性

1. 了解土壤是植物生长繁育的基地(或介质),因为它给植物生长发育提供了必需的水、气、热、肥以及扎根等生活条件。
2. 认识土壤是农业生态系统中的重要组成部分,以及它在该系统中所起的作用。

● 土壤的概念及其物质组成

1. 了解土壤的基本物质组成及其各种物质成分之间的相互关系。
2. 理解土壤是一个历史自然体以及它具有的再生作用。
3. 认识土壤是发育于地球陆地表面具有生物活性和孔隙结构的介质,其本质特征是具有肥力。

● 一般了解土壤科学的发展简史

● 了解土壤科学研究的内容和任务

“人以食为天,食以土为本”,深刻地揭示了人类-农业-土壤之间的依存关系。土壤不仅是人类赖以生存的物质基础和宝贵的自然资源,也是人类最早开发利用的生产资料。自古以来,无论在自然或人工生产条件下,土壤始终支持着天然植物(森林和草原)及栽培作物的生产,并繁衍了地球上所有的野生和人工的动植物资源。由此可见,土壤既是生产食物、纤维和林产品不可替代的宝贵资源,又是保持地球系统生命活性、维持人类社会及生物圈共同繁荣的基础。人类在未来世纪还要继续依赖于土壤,因此,珍惜和保护好土壤资源,尤其要管理好耕地资源是我们全人类共同永久的任务。

1.1 土壤在人类农业和生态系统中的重要性

1.1.1 土壤是植物生长繁育和生物生产的基地

农业生产的实质是指绿色植物利用太阳光辐射能,通过植物体叶中的叶绿素,把从空气中吸收的二氧化碳和从土壤中摄取的水分及无机养料合成转化成有机物质,完成把光能转化为化学能,并贮存于有机物质的过程。

农业生产最基本的任务是发展人类赖以生存的绿色植物生产,绿色植物在生长发育过程中所必需的生活因子有光(光能)、空气(O_2 、 CO_2)、水分(H_2O)、热量和养料。除日光外,水分和养料主要来自土壤,空气和热量一部分也是通过土壤获得的。植物扎根于土壤,靠根系伸长固着于土壤中,并从土壤中获得必需的各种生活条件,完成生长发育的全过程(如图 1-1)。

这一切说明,植物的生长繁育必须

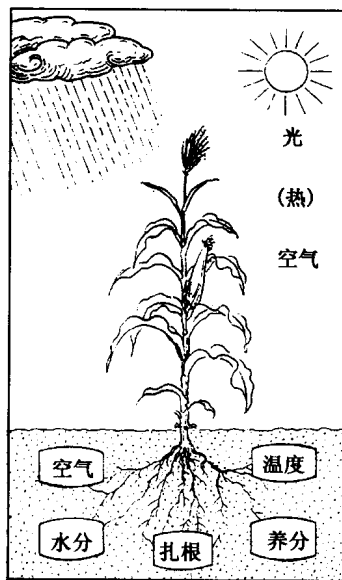


图 1-1 植物的生活因子与土壤条件的关系

以土壤为基地才能生存和发展。因此,可以说“农业是国民经济的基础,土壤是农业的基础”。人类就是利用土壤作为最基本的生产资料进行植物生产发展农业的。如果地球表面没有土壤存在,就没有生物世界和农业的发展,也就更谈不上人类的生存及社会的繁荣。

1.1.2 土壤是农业生态系统的重要组成部分

自然生态系统是指生命系统 and 环境系统在特定空间的组合。生命系统是指自然界具有一定结构和调节功能的生命单元,如植物、动物及微生物。环境系统是指自然界的光热、水分、 CO_2 和养分元素相互作用所共同构成的空间。

农业生态系统是人类为了维持生存,使生活富裕,进行农业生产而作用于自然生态系统形成的(又称人工生态系统)。它是以人为中心,在一定气候、土壤等环境条件下,以作物、家畜家禽等生物为主体,包括森林、微生物、病虫、杂草等组成的能量转移和物质循环系统。农业生态系统的能量转移和物质循环是由植物-动物-土壤三个环节组成的,称为养分循环的三个库——植物库、动物库和土壤库。

农作物从土壤中吸取养分、水分,从空气中吸收 CO_2 ,利用太阳光辐射能进行光合作用,生产各种生物产品。这些产品是人和动物的食物,而人和动物的排泄物以及植物的残留物又通过各种途径归还给土壤。由此可见,土壤是构成农业生产的主要环境条件之一,是农业生态系统不可分割的重要组成部分,三者相互影响,相互制约,而土壤的形成和发展也必须依赖于生物和人的作用,生物与土壤环境不断进行能量转化和物质循环并构成农业生态系统的整体。

1.1.3 土壤管理是植物生产和动物生产的基础

从总体上看,农业生产应包括植物生产、动物生产和土壤培肥管理三大环节。植物生产和动物生产二者是直接或间接以土壤为基地实现的,因此,必须十分重视土壤资源的开发、利用、改良和保护。首先,要进行全面规划粮、林、牧用地,做到宜农则农,宜林则林,宜牧则牧;第二,对基本农田实行合理耕作种植制度,采用科学施肥、灌溉等一系列的培肥管理措施,通过“用地和养地”把植物生产、动物生产和土壤管理三者密切结合起来,促进农业生产持续、稳定的发展。第三,把植物生产的有机收获物用于动物生产所需的饲料发展动物生产,并将植物残体和动物生产的废弃物,归还给土壤用于肥料。通过微生物利用、转化及循环培肥土壤,使土壤肥力不断得到改善和提高,反过来又促进植物生产和动物生产

的发展。

1.1.4 土壤是具有再生作用的自然资源

古今中外,在不少名人的论著中,都以美丽动人的词句歌颂泥土的芬芳和伟大,把它比喻为“母亲”。如我国最早的东汉许慎著的《说文解字》中说“土,地之吐生万物者也,壤,柔地,无块曰壤”。更早一些的《周礼》中说“以人所耕,而树艺焉则曰壤”。管仲则曰:“有土斯有财,土壤孕育万物,土为万物之母”。马克思也说:“土壤是世代相传的,人类不能出让的生产条件和再生条件”等等。

以上说明土壤是人类生存不可缺少的共同财富,以及土壤、植物与人类社会发展之间的相互依存关系。土壤作为资源,不同于其他资源,如煤、石油、铁矿等的开采利用,总有枯竭和用之于尽的时候。而土壤被人类已开垦利用了几千年,只要“用之得宜”,仍然是“地力常新壮”,而且越种则土壤肥力越高,永远没有枯竭之时。但如果土壤被占用,如修公路、铁路、盖房子,则土壤的再生作用就会永远消失,不再成为农业最基本的生产资料。

人类就是利用土壤再生性的特点,繁衍了人类的世世代代。在人类历史上,土壤曾遭受破坏的例子很多。如水土流失,土地沙漠化,土壤盐碱化,土壤遭污染和土壤肥力退化。上述问题在我国均有不同程度存在,有的地方已经相当严重。如我国黄土高原及南方红壤丘陵地严重水土流失;西北、内蒙古风蚀使土壤沙化;华北平原农地盐碱化;东北农垦区、黑土肥力严重退化;城镇郊区及工矿区附近土壤被污染等。造成上述问题的原因,除了不可抗拒的自然因素外,人为地开发利用的盲目性,如滥砍乱伐,毁林开荒,超载放牧,国家法律不健全和执法不力等是其主要因素。

1.1.5 土壤是一个独立的历史自然体

土壤是指覆盖于地球陆地表面,能够生长植物的疏松物质层。它同其他物质一样,不仅是具有一定的物质组成、形态特征、结构功能的物质实体,而且具有自身发生发展、长期演变的历史过程。其发生过程与环境条件密切相关,在空间分布上有明显的地带规律性。因此,它是一个独立的历史自然体,也是地理环境系统中一个重要的组成要素,并以不完全连续状态覆盖于地球陆地的表面(如图 1-2)。

土壤在自然界中并不是孤立存在的,其空间位置正处于大气圈、水圈、生物圈和岩石圈的交界面上,它与大气、水分、生物及岩石共同处于永恒的交互作用

之中,不断地进行物质、能量转移、循环和交换过程。也就是说,土壤的形成是各种自然因素和时间长期综合作用的产物(如图 1-3)。

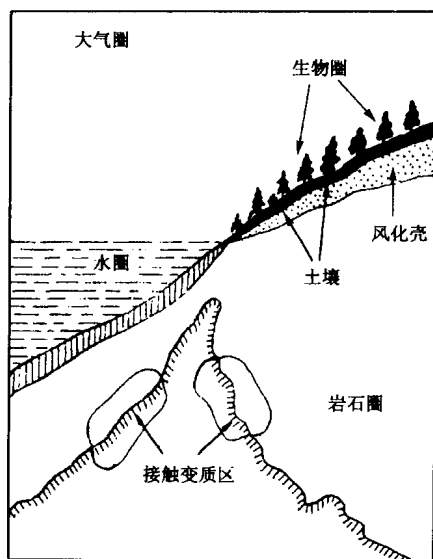


图 1-2 地球外圈及土壤的位置

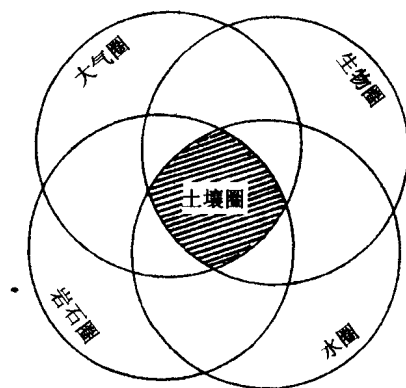


图 1-3 土壤圈的地位

1.2 土壤的概念及其物质组成

1.2.1 土壤的概念和本质特征

土壤是自然的产物,其用途不同,对土壤的认识也不同。土壤是生长植物的自然体,而植物能为人畜提供纤维和食物,人们生活水平的高低主要取决于土壤的质量以及靠土壤生存的动植物的种类和品质。此外,土壤还是构建房屋和工厂的基础,公路、铁路的路基,净化城市污水和消纳垃圾和其他废物的场所……。

从土壤在自然界的形成过程、分布位置、结构形态和农业生产性状看,把土壤定义为:“土壤是指覆盖于地球陆地表面,能生长植物的疏松物质层”。也可以说“土壤是指固态地球陆地表面具有生命活动、处于生物与环境间进行物质循环

和能量交换的疏松层”。它既是独立的历史自然体,也是最易受人为活动影响的层面,为人类提供食物的自然资源。科学地开发和利用土壤资源对农业生产发展和改善环境具有重要意义。

肥力是土壤的属性,它给植物生长提供了必需的生活条件。水、肥、气、热及扎根条件是肥力的综合体现,也是土壤区别于自然界其他任何物质最本质的特征。

1.2.2 土壤的基本物质组成

自然界的土壤多种多样,无论农地、林地、草地和荒地的土壤均是由矿物质、有机质、水分、空气和生物等基本物质所组成(见图 1-4)。

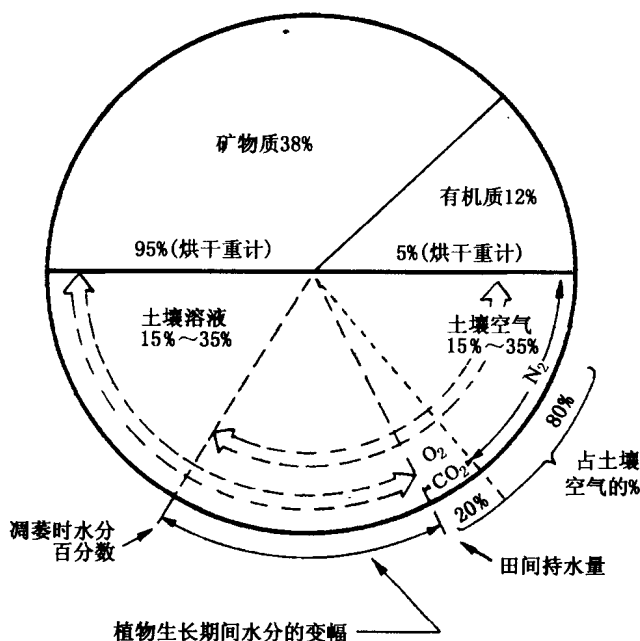
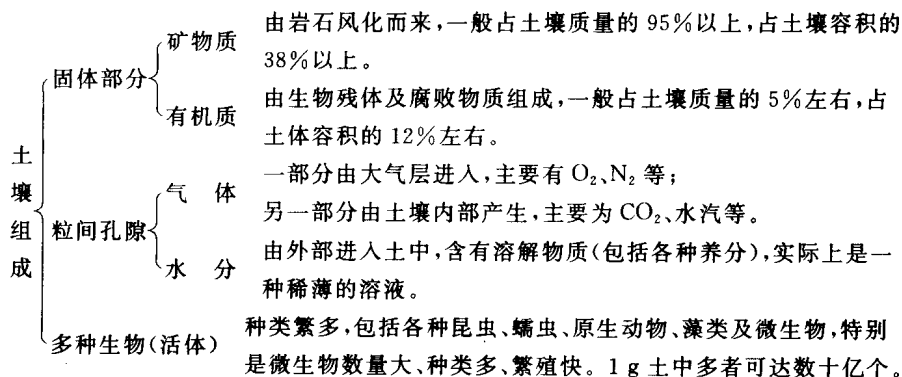


图 1-4 土壤三相物质组成

土壤是由固、液、气三相物质组成的多相分散的复杂体系。



固相物质——由颗粒状的矿物质(含原生矿物和次生矿物)、有机物质(动植物残体及其衍生物、分泌物)和土壤生物(活的动物和微生物)组成。矿物质一般占土壤质量的95%以上,构成土壤的基本骨架。有机质占土壤质量1%~5%,通常被吸附于矿物质的表面,形成有机-无机复合体,是土壤物质的精华。生物是土壤的分解者,起着活化土壤物质并释放有效养分的作用。

液相物质——外界水分进入土壤,以水膜形态被保持于矿物颗粒的表面和较小的孔隙中成为土壤水。实际上它不是纯水,而是溶有多种物质成分的稀薄溶液。

气相物质——大气进入土壤被保持于土壤的大孔隙中形成土壤空气,其成分与大气基本相似,但氧比大气中的少,二氧化碳比大气中的多,水汽经常处于近饱和状态,在一定条件下,有害气体(CH_4 、 H_2 、 H_2S)含量高于大气。

液相(水分)和气相(空气)二者同贮于土壤孔隙内,随外界条件变化而相互消长。

1.2.3 土壤肥力

1.2.3.1 土壤肥力的概念

肥力是土壤的属性,也是区别于自然界其他任何物质的本质特征。有关土壤肥力的概念,目前仍无统一的认识。俄罗斯的土壤学家认为:“土壤肥力是植物在生活的全过程,土壤能同时不断地供给植物以最大量有效养分和水分的能力”,指出了肥力至少包括养分和水分两个因素。西方土壤学家传统地把单一养分的供应能力看做肥力,美国土壤学会1989年出版的《土壤科学名词汇编》把土壤肥力定义为:“是土壤供应植物所必需养料的能力”。中国的土壤学家侯光炯教授在

《中国农业土壤概论》中,把土壤肥力定义为:“土壤肥力是土壤的体质和生命力。并写道:“所谓肥力,扼要地说,就是在一定自然环境条件下,土壤稳、匀、足、适地对植物供应水分和养分的能力”。指出肥力因素主要是水分和养分,肥力高低的标志是稳、匀、足、适的程度。《中国土壤》对肥力的论述是:“肥力是土壤的本质,是土壤为植物生长提供和协调营养条件及环境条件的能力”。认为水分、养分是营养因素,温度和空气是环境因素,水既是环境因素又是营养因素。

上述对土壤肥力的认识各有其说,看法不一。但就我国而言,目前多数土壤工作者认为:“土壤肥力是土壤能经常适时供给并协调植物生长所需的水分、养分、空气、温度、支撑条件和有无毒害物质的能力”。这一概念相对来说概括得比较全面、完整。

肥力又有自然肥力与人工肥力之分。自然肥力是土壤在自然成土因素(气候、生物、母质、地形和年龄)的综合作用下形成的肥力,它是自然成土过程的产物。人工肥力是在人为因素(耕作、灌溉、施肥及其他技术措施)影响作用下形成的肥力。自有人类从事农耕活动以来,自然植被为农作物所代替,随着人口不断增加,耕地面积减少,人类对土壤的利用强度不断扩展,“人为因子”对土壤作用的力度越来越大,已成为决定土壤肥力发展方向的基本动力之一。

肥力还可分为潜在肥力与有效肥力。肥力是土壤提供给植物生长的一种能力,能在生产上发挥出来产生经济效益,但在实际生产中,因土壤性质、环境条件和技术水平的限制,只有其中一部分能在当季作物生产中表现出来,产生经济效益,这一部分叫做“有效肥力或经济肥力”,它可以用农产品的产量来衡量。还有一部分没有直接反映出来的肥力叫做“潜在肥力”。二者没有截然的界线,在一定条件下可以相互转化。如黏质土的有机质含量高,氮、磷、钾养分含量丰富,虽然潜在肥力较高,但因通气不良,养分转化缓慢,有效养分含量低,影响作物生长。对这种土壤应采取客土或多施有机肥或勤中耕等措施,促使潜在肥力向有效肥力转化。

1.2.3.2 土壤生产力

土壤生产力和土壤肥力是既有联系又有区别的两个不同的概念,弄不好往往容易混淆不清。土壤生产力是由土壤固有的肥力属性和发挥肥力的外界环境条件以及人为因素共同决定的,肥力只是生产力的基础,而不是生产力的全部。外界环境条件包括气候、日照、地形、排水、供水以及有无毒害或污染物质的侵入等,也包括人为耕作、栽培及土壤管理措施。如东北的黑土,虽然有机质含量较高,氮、磷、钾养分也很丰富,但因气候寒冷,无霜期短,土壤肥力各因素不能充分

发挥作用,因而,总产量不如南方的红壤高。

在一个地区,要提高土壤的生产力,必须高度重视农田基本建设,以改善土壤的生态环境条件,增强土壤肥力,才能实现高产、高效、优质和农业的持续发展。

1.3 土壤科学发展简史

1.3.1 土壤科学发展史的主要学派

人类从游牧狩猎转为以定居农耕生活为主的那时起,就一直在土壤上耕种作物。几千年来,人类在逐渐认识、利用和改造土壤的过程中,逐渐积累了丰富的经验和知识。土壤科学是人类在不断的“实践—认识—再实践”的过程中发展起来的。

1.3.1.1 早期的“神秘学观”

早在两千多年前的古希腊、罗马时代,人们对土壤的认识只是一些朴素而单纯的经验总结。罗马帝国崩溃后欧洲进入中世纪黑暗时期,宗教神权长期占据统治地位,神权主义者认为“植物在土壤中生长,主要是靠神秘的‘生活力’,而不是靠土壤提供的水分和养料等因素的作用”。18世纪瓦勒纳斯(J. G. Wallernus)认为:“只有腐殖质才是植物的营养物质”。这就是所谓的“生活力学说”和“腐殖质学说”,由于当时科学不发达的限制不能解释土壤生长植物的现象,而只能把这种现象神秘化。

1.3.1.2 农业地质学派

19世纪下半叶,以法国的法鲁(F. A. Fallou 1794—1877)为代表的“农业地质学派”认为土壤为陆地的一个淋溶层,并以地质学的观点,认为土壤的过去是岩石,而今后将会形成新的岩石。土壤的形成是风化和淋溶过程的结果,也是肥力发展的过程。风化过程释放岩石矿物中的盐基离子为植物生长提供了营养。由于水的淋溶,养分将不断流失,则肥力将趋于枯竭,因而导致土壤肥力必然逐渐减退,最终将变成养分贫乏的不毛之地。

1.3.1.3 农业化学派

19世纪中叶,以德国化学家李比希(Liebig)为代表的农业化学派,利用当时化学分析的成就,创立“矿质营养学说”。他们认为:“只有不断地向土壤归还和供给矿质养分,才能维持其肥力”。这一学说对植物营养学是一个划时代的贡献,它