

森林土壤学

(问题和方法)

罗汝英 编著

科学出版社

森 林 土 壤 学

(问 题 和 方 法)

罗汝英 编著

黄瑞采 审订

科 学 出 版 社

1 9 8 3

内 容 简 介

本书对森林土壤研究中目前成果较多和代表发展趋势的几个重点课题,包括森林土壤分类和生产力评价,森林生态系统中矿质营养元素和水分的循环,土壤诊断,试验设计和数据处理,根-土关系的研究等,作了较为系统的综合和总结。编者力求全面地介绍各种学派的观点和方法,同时提出自己对某些学术观点的看法。

本书结合评介研究方法来讨论理论问题;也较多地从生态学的角度讨论土壤问题。编者注意到当前生态学中重视定量测试、定位试验和数据的数学处理等趋势,并使之在本书中得到较多的反映。书中在概括介绍一系列研究途径的同时,也适当插入一些具体的研究方法步骤和数学方法的应用实例。这对于了解森林土壤学的基本内容和发展趋势,以至对于了解土壤科学中若干不同的学术见解以及研究方法特别是数学方法的应用,都是一本有益的参考书。

本书可供土壤学和林业科学工作者以及大专院校有关专业的师生参考。

森 林 土 壤 学

(问 题 和 方 法)

罗汝英 编著

黄瑞采 审订

责任编辑 陈培林

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1983 年 12 月第 一 版 开本: 787×1092 1/32

1983 年 12 月第一次印刷 印张: 13 5/8

印数: 0001—3,300 字数: 310,000

统一书号: 13031·2441

本社书号: 3346·13—12

定 价: 2.10 元

前 言

森林土壤学既是土壤科学的分支，同时又是林业科学的组成部分。然而，尽管近几十年来国外已出版过几本题为“Forest Soils”的书，并且在若干国际知名的土壤学期刊中也辟有森林土壤专栏，实际上却很难给森林土壤学下一个确切的定义。大体上说，与森林生态环境和林业有关的土壤问题，就是森林土壤学的研究对象。从内容来看，它大概包含以下要点：(1) 森林土壤既是森林生态环境因子之一，也是森林生态系统的组成部分；(2) 林木与草本或大田作物对土壤的要求，以及它们反过来对土壤的影响，都是既有相似之处又有明显差别的；(3) 除了土壤本身以外，森林土壤学更多地注意其他自然因子，特别是地学因子；(4) 除林地外，宜林地和圃地也属于森林土壤学研究的范畴；(5) 育苗、造林、抚育、采伐更新、水土保持、四旁绿化等林业生产环节中，无不涉及土壤问题。

国外的森林土壤学教科书，大致有两种写法：一是以普通土壤学基本内容为骨架，适当引入森林土壤方面的一些事例或数据来论证问题；另一种是在上述写法的基础上，再增添一部分土壤与林业关系的资料，如苗圃土壤管理、病虫害防治、森林土壤调查规划、土壤与采伐更新以及林木施肥等等，独立编排作为书中的第二个组成部分，而这些问题总是或多或少地与造林学、森林学和经营规划学等科目的内容重复。我国各林业院校供大学生使用的土壤学教材，基本上也是属于这两种(特别是前一种)类型。近几十年来，特别是近二十

年来,森林土壤学有了较大的进展,提供了大量的研究成果,使人们有可能、也有必要把它们分成若干专题作出综合和总结。本书编者就是这样设想的,即针对森林土壤研究工作中目前成果较多或者今后将成为发展趋势的几个重点课题,作一些资料整理和综合工作,尽可能比较集中地讨论几个重要问题,内容包括与此有关的理论和方法,并阐明编者对这些问题的观点。因此,这不是一本面面俱到的森林土壤学教科书,而只是一本参考读物。我们希望这本书能作为土壤系和林学类各专业的大学生和研究生进修森林土壤学课程时的教学参考书,并且也希望它能为从事林业工作或土壤工作的读者提供一点参考资料。在编写过程中,我们力求使用国内外有关期刊或其他专刊上发表的较新资料;同时,考虑到目前国内尚未出版过这方面的专题著作,为了临时弥补一下这方面的空白,我们在阐述各个问题时,也酌量介绍一些历史性资料,以便尽可能地说明其来龙去脉。

既然土壤是森林生态因子之一,森林土壤学与森林生态学的关系是相当密切的。近年来森林生态学研究已逐渐走数量化的道路,即重视定量测试、定位试验和数据的数学处理方法。自然地,在森林土壤学研究中也相应地出现同样的趋势。因此,在本书中我们较多地注意这种倾向,酌量介绍一些新的测试手段和数学方法(特别是多元分析方法)。然而,如上所述,本书仅仅是一本综述性质的册子,只能概括地介绍一些理论和指出一些研究方法的基本原理或梗概,至多是在某些问题上提供较为具体的应用实例,而不能全面地对提及的方法都作详尽说明。换句话说,本书只是尽可能开列一些研究途径供参考,但不能代替数学、物理、化学方面有关具体方法步骤的书籍如算法、分析法、研究法等等。当然,在若干章节中我们也尝试插入具体的算例或研究方法步骤。这样做的目

的,是期望能够像是在森林土壤理论研究与基础学科方法(特别是数学分析方法)之间架设便桥一样,起一点方便读者、或者帮助初学者开扩思路的作用。因此,这些例题也只是着眼于应用,而不推导公式来源,同时力求避免过多地使用纯粹的数学语言或其他专门术语。

本书内容大致上分为四部分共八章。第一部分包括第一、第二、第三章,是讨论森林土壤分类和土壤生产力评价问题,其中介绍和比较了土壤分类学上的两个主要学派,即发生分类与属性分类的基本观点,并明确表达编者本人赞同属性分类原则的倾向性,强调地质、地貌因素对山林土壤分类的重要意义,注意近代气候与古气候在土壤形成作用上的区别,探讨新构造运动与山林地区土壤组合的关系,评介国内外各种森林土壤分类系统和森林立地评价方法,并以一定篇幅介绍土壤数值分类以及土壤生产力评价的数学方法,包括多元回归、主分量分析和聚类分析等。第二部分包括第四、第五两章,着重介绍把林木和土壤作为单一系统,应用定位试验和数学分析(特别是系统分析)方法进行研究的成果,也列举了其他一些研究方法,并且指出林木吸收矿质营养元素以及在土壤表面和表层累积有机质和矿质养料的规律,说明在森林生态系统中各种矿质营养元素都有聚集在森林腐殖质层和表土层的趋势,但是在某些热带森林中钙有强烈淋失的倾向;在水分研究上则着重介绍水势的概念、土壤-植物-大气连续体系中的水分运动规律以及森林水分平衡问题。第三部分包括第六、第七两章,是关于土壤诊断、肥料试验设计和数据分析等技术方面的一些问题,除了介绍一般方法外,特别注意通过具体事例,说明土壤诊断的数值方法、以及林木施肥试验设计和数据分析方面的新趋势,如正交和旋转设计、协方差分析方法等的实际应用。第四部分指第八章,是讨论森林生态系统中的根-

土关系,内容包括不同树种根系在不同土壤中的分布状况、吸收功能以及根际等问题,引用试验资料特别是示踪原子技术所获得的数据,指出树木根系无论从分布状况、吸收根活动范围以及吸收水分、养分的能力,都与大田作物有较大的差别。

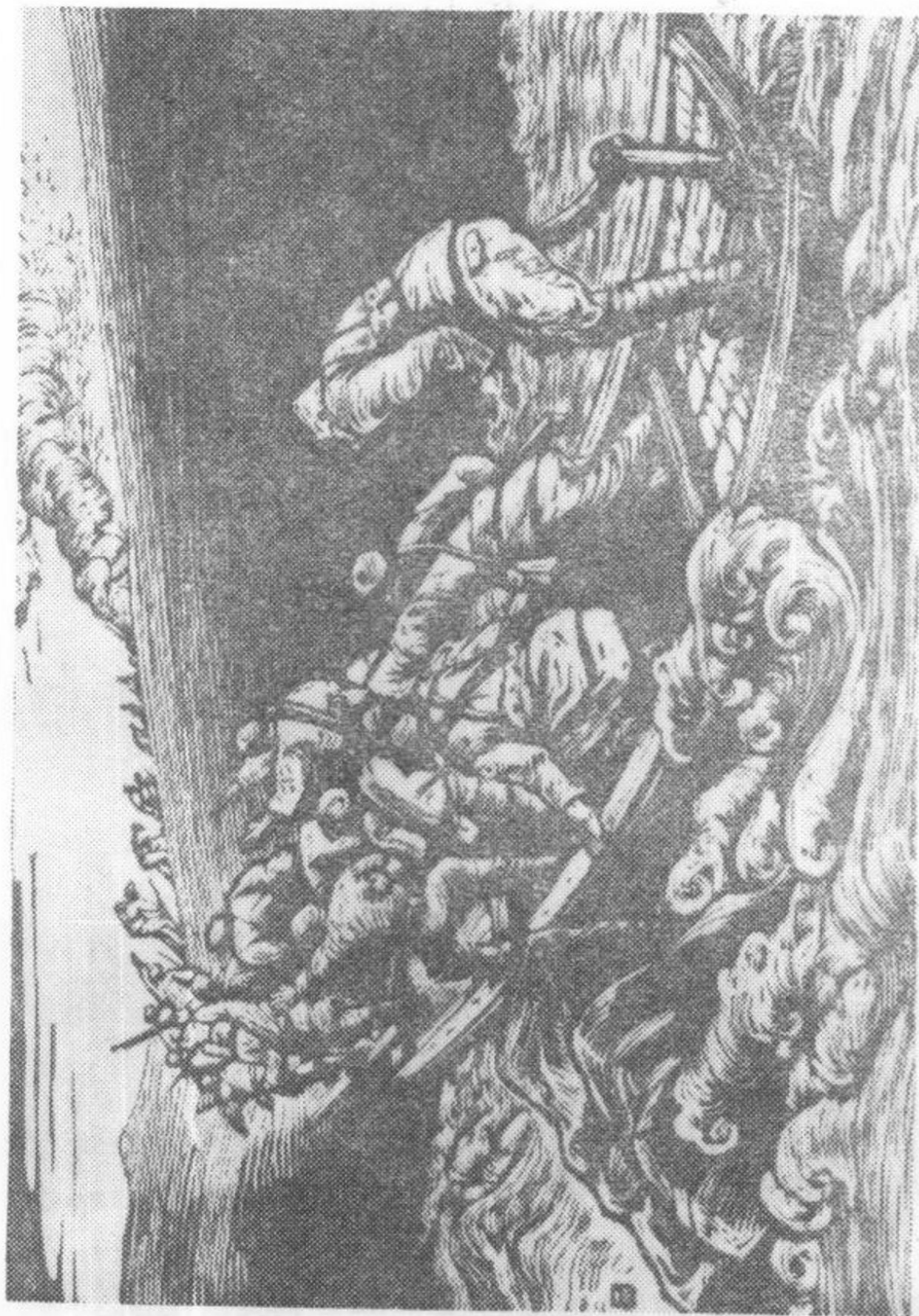
本书底本原是为南京林学院林学系研究生和进修教师讲授森林土壤学课程所编写的讲稿,经过整理和补充而成为现在这个样子。由于编者的水平所限,本书无论在取材抑或论证方面,都难免有缺陷和错误,请各方面的专家和广大读者批评指正。编者在编写本书过程中得到南京农学院土壤农化系黄瑞采教授指导,书稿经过黄老师逐章审阅订正。对于黄老师的教导以及为审订本书所付出的辛勤劳动,编者谨在这里表示衷心的感谢。书中全部插图均由南京林产工业学院胡长龙同志清绘,谨表谢意。

罗 汝 英

1980年11月于南京林产工业学院

谢梓文 作

强渡（木刻 一九四四年）



目 录

前言	iii
第一章 森林土壤分类	1
第一节 森林土壤的发生分类	1
第二节 森林土壤的属性分类	21
第三节 森林土壤的数值分类	29
第四节 森林土壤利用分类	46
第二章 地质地貌与森林土壤	53
第一节 岩性与土壤	53
第二节 第四纪地质与土壤	66
第三节 地质构造、地貌与土壤	76
第四节 地质地貌与土壤组合	86
第五节 野外工作方法的几个问题	90
第三章 森林立地条件和土壤生产力评价	102
第一节 地位级和立地指数	102
第二节 立地条件类型和土壤生产力综合评价	110
第三节 土壤条件与林木生长关系的回归分析	121
第四节 指示植物	134
第五节 树叶分析	145
第六节 遥感技术的应用	152
第七节 人为因素的影响	155
第四章 林分与土壤的矿质营养元素动态和施肥	164
第一节 土壤中矿质营养元素移动和累积的一般规律	164
第二节 林分与土壤中矿质营养元素的交换和平衡	172
第三节 森林生态系统中矿质营养元素动态的系统分析	179
第四节 同位素示踪技术的应用	194

第五节	森林腐殖质层与生物矿质元素循环	203
第六节	林木施肥的效果	208
第五章	森林土壤水分状况	222
第一节	土壤水分的计量	222
第二节	土壤水势关系	230
第三节	土壤-植物-大气连续体系中的水分关系	240
第四节	森林生态系统中的水分平衡	253
第五节	森林土壤水分的季节动态	273
第六章	森林土壤障碍性条件的诊断	289
第一节	树木生理性病症的特征	289
第二节	土壤缺肥诊断	292
第三节	其他障碍性土壤条件的诊断	310
第七章	土样采集、试验设计和数据分析	327
第一节	土样采集	327
第二节	野外试验设计	337
第三节	试验数据的统计分析	345
第八章	树根在土壤中的生长和功能	367
第一节	树根在土壤中的生长和分布	367
第二节	树根对土壤中营养离子和水的吸收	387
第三节	树根与土壤微生物的共栖关系	404
附录一、植物学名		417
附录二、主分量分析的算例		423
附录三、统计用 F 表		425
附录四、统计用 t 表		426

第一章 森林土壤分类

分类是一门学科发展水平的重要标志。森林土壤的分类问题,当然也是森林土壤学的重要组成部分,所以,我们在本书一开始就讨论这个题材。土壤分类问题,历来就有发生分类与属性分类两大学派,当然,也还有若干介乎此二者之间的观点,近年来并且出现了一种用数值方法进行分类的分支。这里我们用一定的篇幅对各个学派作一些概括介绍和比较,重点是说明其分类原则和特点,以供森林土壤调查分类工作者参考借鉴。

第一节 森林土壤的发生分类

一、土壤发生分类的概念

十九世纪俄罗斯土壤学家 Докучаев 首先提出了土壤发生分类的原则。他认为土壤不是岩石,而是像矿物、植物、动物那样的独立的自然体,有它本身发生发展的规律。他提出了以土壤形成过程各个发展阶段的划分为基础的土壤分类系统。在这个系统中,首先按照地理条件对土壤形成的影响分出正常土(同这些条件相符的土壤)、过渡型土和反常土(与这些条件不相符的土壤);然后按照形成的方式分为植物大陆土、干地沼泽土和沼泽土;再按照气候带和腐殖质含量以及其他特性划分若干土类,如淡灰色北方土壤、灰色过渡型土壤、黑土、栗色过渡型土壤、南方原生土壤、棕色次生土壤、碱化土、黑色云杉冷杉林土壤、草甸土、冰沼土、泥炭沼泽土、沼

泽化泛滥地土壤等；最后按照机械组成进一步续分。这就是最早的土壤发生分类。其后 Глинка 建立了以气候为主要原则的土壤分类方法，认为在一定气候条件下，无论其他成土因素如何，最终必将形成同一土类；Вильямс 提出了以生物作用为主要依据的土壤分类方法，认为土壤的形成发展和土类的演变，是植物群落的自然更替及其作用的结果，把风化过程和成土过程截然分开。在此之后，发生分类就逐渐演变为以生物气候条件为主要依据的土壤分类方法。目前苏联的土壤分类、西欧 Kubiěna 的土壤分类、以及三十年代以前 Marbut 制订的美国土壤高级分类系统，都属于这个范畴。我国自五十年代以来，在大多数情况下也一直是使用以发生学原则为基础的，以生物气候条件为主要依据而制订的土壤分类系统。下面通过具体事例作进一步的说明。

Виленский 建议土壤发生分类单位为：(1) 土类——相当于土壤形成阶段(生草灰化土、黑土等等)；(2) 亚类——相当于土壤形成分段(生草弱灰化土、淋溶黑土等等)；(3) 土组——决定成土母质的组成和起源的单位；(4) 变种——表示土壤机械组成的单位。土壤采取连续命名的办法，例如：黄土(土组)上的粘壤质(变种)普通(亚类)黑土(土类)等^[3]。中国科学院南京土壤研究所提出的中国土壤分类方案，是用五级连续分类：(1) 土类——在一定生物气候条件、水文条件、耕作制度等自然和社会条件下形成的，具有独特的形成过程和剖面形态，土类与土类之间在性质上有质的差别；(2) 亚类——根据主导土壤形成过程以外的另一个次要的或者新的形成过程来划分，是在土类范围内、土类之间的过渡类型；(3) 土属——主要根据母质、水文等地方性因素划分的、具有承上启下意义的分类单元；(4) 土种——根据发育程度(或熟化程度)划分的地区性土壤分类的基本单元；(5) 变种——以土壤

表 1-1 中国土壤分类暂行草案

土纲	土 类	亚 类	土纲	土 类	亚 类
富 铝 土 (红壤)	砖 红 壤	砖红壤 黄色砖红壤 褐色砖红壤	淋 溶 土 (棕壤)	漂 灰 土	漂灰土 腐殖质淀积漂灰土
		砖红壤性红壤 黄色砖红壤性红壤		灰色森林土	灰色森林土 浅灰色森林土 暗灰色森林土
		红壤 黄红壤 褐红壤 棕红壤	半 淋 溶 土 (褐土)	褐 土	褐土 碳酸盐褐土 淋溶褐土 草甸褐土 黄垆土 潮黄垆土
	黄 壤	黄壤 表潜黄壤 灰化黄壤		绵 土	黄绵土 海绵土
	燥 红 土	燥红土		垆 土	垆垆土 立茬垆土 油垆土 黑瓣垆土
	黄 棕 壤	黄棕壤 黄褐土 黄刚土		灰 褐 土	灰褐土 淋溶灰褐土
		棕壤 草甸棕壤 白浆化棕壤 (色浆土) 棕黄土 潮棕黄土		黑 垆 土	黑垆土 粘黑垆土 黑焦垆土 黑麻垆土
		暗棕壤 草甸暗棕壤 白浆化暗棕壤 潜育暗棕壤	钙 层 土	黑 钙 土	黑钙土 碳酸盐黑钙土 淋溶黑钙土 草甸黑钙土
	棕色针叶 林土	棕色针叶林土 表潜棕色针叶林土 白浆化棕色针叶林土		栗 钙 土	暗栗钙土 淡栗钙土

续表 1-1

土纲	土 类	亚 类	土纲	土 类	亚 类
钙 层 土	栗 钙 土	草甸栗钙土	半 水 成 土	黑 土	黑土 草甸黑土 白浆化黑土 表潜黑土
	棕 钙 土	棕钙土 淡棕钙土 草甸棕钙土			
	灰 钙 土	灰钙土 淡灰钙土 草甸灰钙土		白 浆 土	白浆土 潜育白浆土 草甸白浆土
石 膏 — 盐 层 土 (漠土)	灰 漠 土	灰漠土 钙积灰漠土 龟裂灰漠土		草 甸 土	暗色草甸土 草甸土 灰色草甸土 浅色草甸土 林灌草甸土 盐化草甸土 碱化草甸土
	灰棕漠土	灰棕漠土 石膏灰棕漠土			
	棕 漠 土	棕漠土 石膏棕漠土 石膏盐盘棕漠土		潮 土	黄潮土 黑潮土 灰潮土 盐化潮土 碱化潮土
	龟 裂 土	龟裂土			
岩 成 土	紫 色 土	红紫泥土 黄紫泥土 棕紫泥土 暗紫泥土		灌 淤 土	灌淤潮土 灌淤灰土 灌淤白土 灌淤黄土
	黑色石灰土	黑色石灰土		砂姜黑土	砂姜黑土 盐化砂姜黑土 碱化砂姜黑土
	红色石灰土	红色石灰土 棕色石灰土			
	磷质石灰土	磷质石灰土 硬盘磷质石灰土 盐渍磷质石灰土		沼 泽 土	草甸沼泽土 淤泥沼泽土 腐殖质沼泽土
	风 沙 土	风沙土			
			水 成 土		

续表 1-1

土纲	土 类	亚 类	土纲	土 类	亚 类
水成土	沼 泽 土	泥炭沼泽土 红树林沼泽土	高山土	亚高山草甸土 (黑毡土)	亚高山草甸土 (黑毡土)
	泥 炭 土	泥炭土		亚高山草甸土 (黑毡土)	亚高山灌丛草甸土 (棕毡土)
水稻土	水 稻 土	红壤性水稻土 黄棕壤性水稻土 紫色土性水稻土 酸性草甸型水稻土 中性草甸型水稻土 石灰性草甸型水稻土		高山草原土 (莎嘎土)	高山草原土(莎嘎土) 高山草甸草原土 (斑毡莎嘎土)
		潜育性水稻土 沼泽型水稻土 盐渍性水稻土		亚高山草原土 (巴嘎土)	亚高山草原土 (巴嘎土)
				高山寒漠土 (寒漠土)	
				高山漠土	
高山土	高山草甸土 (草毡土)				

1978 年全国土壤分类学术会议拟定

肥力的变异作为区分依据。土壤命名改用分级命名法,高级分类单元沿用发生学名称,如红壤(土类)、暗红壤(亚类)等等,或从群众习用土名中挑选来的名称,如黑垆土(土类)等等;低级分类单元采用群众通用的名称,如马肝土、黄泥土、乌沙土等。此外,在土类之上,还归并为几个土纲。1978 年全国土壤分类学术会议通过的我国土壤分类暂行草案见表 1-1。

土壤发生分类注重土壤类型之间及其与环境条件之间的相互联系,以及成土因素对土壤性状的影响,而不是把分类建立在个别土壤特性上,这样可以避免由于个别性状差异而把其他性状基本相同的土壤区分为不同的土类。由于生物、气候因素在陆地表面上的变化具有地带规律性,因此,以此为依据的土壤高级分类单元的分布也有相应的地带性,这样,在某

些情况下，以发生分类为基础的高级分类单元的地理分布规律，可以从生物气候带作出说明。这对于地理区划特别是土壤区划是很方便的。但是，由于有许多土壤形成过程的实质问题至今仍未有充分的实验数据或证据来支持和说明，众说纷纭，莫衷一是，从而使得发生分类系统中若干高级分类单元的命名和位置都不能确定。例如，欧洲不同国家的土壤学者曾把“棕壤(Braunerde)”的名称给予实际上不同的 11 个土类；又如，我国南京地区下蜀黄土上发育的土壤先后曾有过灰棕粘盘壤、棕壤、黄褐土、残余碳酸盐黄棕壤、黄刚土等土类或亚类名称。这种状况就暴露了发生分类的根本弱点，特别是对于连续命名法而言，土类或亚类名称的不确定性就一直影响到基层分类单元上。此外，由于土壤形成因素中的地形、地质和时间因素常被忽视或放在从属地位，特别是对古土壤形成过程的残存影响没有引起足够的重视，因而往往对若干土壤特性与形成过程的关系，不能作出合理解释，有时只能是主观臆测，很可能发生谬误。例如，根据 Глинка 的气候主导说，就必然把紫色土看作是黄壤，把陡坡侵蚀性石质土壤纳入显域土的范畴；根据 Вильямс 的生物主导说就会把针叶林下的白浆化土壤称为灰化土，把铁铝性古风化壳上的土壤称为热带雨林砖红壤；如此等等，常常争论不休，难以作出正确的判断。目前的发生分类还往往采用演绎法，用土类的地带性推演概括同一地带的单个土体，这样，每当对土类形成有不同看法时，便直接影响到基层土壤单元和大比例尺制图单位的变动；即使是对土类有同一的认识，但不同的人对同一地方仍然可演绎出不同的土种，以致基层分类单元无法统一。事实证明，在许多情况下土壤的分布并不呈现明显的地带性，正如联合国粮农组织和教科文组织主编的世界土壤图图例说明书(1974)所指出：“不同气候带可发现相似的剖面结构和化学

性状，不同环境条件下亦可发现相同的土壤。”有时甚至出现与现代生物气候带相反的土类分布状况，例如，昆明黑龙潭附近的暗红色土壤，其胶粒部分的硅铁铝率为 0.39—0.80，硅铝率为 0.57—1.23，Thorp 称之为砖红壤性红壤^[15]；而在滇南西双版纳的棕红色土壤，其胶粒部分的硅铁铝率为 1.39—1.45，硅铝率为 1.68—1.92^[13]，按照 1954 年我国土壤分类问题讨论会拟定的指标，粘粒硅铁铝率在 1.3 以下才算砖红壤，那么这种土壤就不能称为砖红壤。然而，以生物气候带为依据的土壤区划恰恰是把昆明一带的土壤划为红壤，西双版纳则划为砖红壤。这些情况，是土壤发生分类特别是以生物气候带为依据的分类所不能圆满说明的。

与发生分类有关系的，还有以地球化学为基础的土壤分类方案。Полынов 就曾根据风化和物质迁移聚积过程的特点，把土壤分为淋余土壤形成系列和湖沼盐土土壤形成系列，一切显域土类如生草灰化土、灰色森林土、黑土、栗土、灰漠土等都归入淋余土系列，并被认为是顺序淋溶的土壤。Ковда 则按风化壳类型把土壤划分为若干土群，如酸性富铝土群、酸性硅铝质土群等，然后再续分土纲和土类。这些分类是强调气候因素的作用和风化过程的阶段。

二、森林与土壤发生分类的关系

森林因其凋落物的类型和性状，以及森林水文和热量状况的特点，影响着土壤的形成过程，故此是土壤发生分类的一个重要依据。有些森林土壤工作者特别强调森林在土壤形成过程中的特殊作用，Wilde 在他的《森林土壤学》教科书中就曾着重指出：“森林土壤是地球表面的一部分，是森林植被的营养介质。它由矿物质和有机质组成，其中渗透着份量不同的水和空气，并且居住着生物。它受到三个不同于其他土壤