面临新世纪挑战的土壤地理学

龚子同

(中国科学院南京土壤研究所 南京 210008)

5/159.2

摘 要 首先回顾了半个世纪来土壤地理工作取得的主要成就,其次分析了当前学科发展趋势,最后提出了对该学科面临新世纪的展望。

关键词 土壤地理; 土壤时空变化; 土壤信息系统; 展望

发展趋势 中国

土壤地理学是土壤学中最先出现的一个分支学科,它主要研究土壤形成分类、调查制图、分布规律、土壤资源的评价和开发利用以及土壤资源的保护等。半个世纪来,我国土壤地理工作范围从农区到牧区,从平原到山区,从青藏高原^[1]到南海诸岛^{2,3]},足迹遍及整个中国。90年代我国土壤工作者还开始了南极的考察^[4]。随着科学技术发展和研究手段的更新,诸如遥感技术和信息技术等应用,促进了土壤地理学科的迅速发展。同时,50年来土壤地理在土壤资源开发、中低产土壤改良、农业持续发展、大型工程建设、环境治理与保护等领域,为各级政府或有关部门决策和规划提供科学依据,为我国国民经济建设作出了应有贡献。

1 进展

1.1 土壤分类

土壤分类是土壤科学水平的标志。我国土壤分类从30年代直到50年代初,一直沿用美国马伯特的分类^[5]。1954年开始学习前苏联土壤地理发生分类。这一分类在我国产生了深远的影响。1978年在中国土壤学会上通过的“中国土壤分类暂行草案^[6]”,注意把发生分类与我国实际结合起来,由于酝酿充分,集思广益,得到了我国土壤学界的广泛采用。第二次土壤普查中,在此基础上又有了进一步的充实。无疑,这一分类在我国发挥了重要作用。但土壤分类是随着土壤学的发展而发展的,自从1975年美国农业部正式出版了《Soil Taxonomy》^[7],标志着土壤分类从定性走向定量,走向标准化。我国土壤系统分类研究起步较晚,到1984年才正式组织有关人员进行研究,在国家自然科学基金委和中国科学院的资助下,1990~1996年期间,这个项目开展了38个子课题的研究工作,有100多位土壤地理工作者参与了这项研究,在全面收集和整理已有土壤分类研究成果的基础上,对全国范围内涉及300个县市有代表性的土壤类型进行了调查,共采集1249年典型土壤剖面,先后出版论文集3本、专刊5期和专著8部,国内外发表论文300余篇,以土壤系统分类为基础编制了一系列不同比例尺土壤图。在《中国土壤系统分类(首次方案)》^[8]基础上,1995年《中国土壤系统分类(修订方案)》^[9]出版,以及1999年《中国土壤系统分类—理论·方法·实践》^[10]一书出版,标志着我国土壤分类在标准化、定量化和国际化的道路上迈出了重要的一步,是我国土壤分类史上的一个里程碑。这一分类不仅与国际主流同步而且充分体现我国特色,

在人为土^[11-13]、干旱土^[14]和富铁铝土^[15]方面有重要进展。

该方案1996年被中国土壤学会确定为标准土壤分类向会员推荐,同时进入大学教科书。此方案不仅在国内受到欢迎,在国际上也产生了较大反响。“国际土壤学会会志”介绍了中国土壤系统分类。美国土壤系统分类创建者之一,资深土壤学家 R. W. Arnold 撰文指出:“该书对世界土壤发展作出的主要贡献体现在中国特有的土壤类型以及对新增的诊断层和诊断特征的创立与界定等方面,同时欲解决全球性的课题须获得全球各处数据支持,本书的完成无疑会受到国际社会的热烈欢迎^[16]”。国际土壤学会主席 A. Ruellan 等撰文指出:“中国土壤系统分类不仅是对中国科学和经济发展的贡献,也是对世界土壤分类一个重要贡献”。1996日本土壤学家年会上,把中国土壤系统分类作为世界三大分类之一向会员介绍。1997年日本农林水产省将这一方案全文译成日文^[17]。

1.2 调查制图

50~60年代我国正处于国民经济恢复时期,围绕着扩大耕地面积,开展了大规模的综合考察,其范围涉及全国各地,找出了大批宜农荒地资源,为国家开垦荒地、发展生产提供了科学依据。同时出版了一批区域性的专著,为以后的土壤调查制图工作打下了基础。70~80年代,经过“文革”动乱后,国家提出建设有中国特色社会主义的目标,此时,大规模的综合考察减少,荒地考察转入重点地区,迅速发展农业生产的重点放在提高农作物的单产上。80年代以来,随着人口增加,生态环境的恶化,向我们提出了农业持续发展的要求,土壤调查制图主要结合国土整治、区域治理、重大工程对环境的影响进行。在这一时期发表的除全国性的《中国土壤》^[18]、《中国土壤图集》^[19]外,还有涉及东北、新疆、西藏、内蒙古、华北、华中、华东甚至南海诸岛的许多区域性著作和土壤图。

在土壤调查中,值得提出的是两次全国性土壤普查。1958年开始了第一次土壤普查。

全国第二次土壤普查工作始于1979年,到1994年全国资料汇总,先后历时16年。参加普查的人员8万多人,共完成2444个县、312个国营农(牧、林)场和44个林业区的土壤普查。汇总编著了《中国土壤》^[20]、《中国土壤分类系统》^[21]、《中国土种志》(六卷)等著作。编绘了中国土壤系列图件,包括全国1/100万土壤图和1/400万各种养分图。各省市(区)编写出版了各自的区域土壤以及土种志。整个普查工作编写出土壤志、土种志、土地利用现状调查、成果应用、论文选集等5500多份,专题调查报告6800多份,编绘不同比例尺土壤图、土壤养分图、土壤改良利用分区图、土地利用现状图共44000多幅,编印了省、地(市)、县级土壤普查数据册。土壤普查是一项面广量大,内容丰富的工作,积累了大量的资料,为今后开展全国性的土壤地理研究工作创造了条件。

1.3 遥感与信息技术

我国60年代初开始利用黑白航片进行土壤调查,70年代开始广泛利用卫片,1978~1979年在云南省腾冲地区进行了第一次大规模多学科、综合性航空遥感应用试验,首次将彩红外航片应用于土壤调查制图。

遥感与信息技术在土壤地理中的应用得到了很大的发展。“长江三峡库区土地承载力研究”中以遥感数据监督分类图为基础,结合土地利用现状图,Spot卫片、彩红外航片等图件和资料,编制成土地资源评价图,查明了库区土壤资源的数量、质量和各类土壤资源的分类,较精确地计算出该地区的土地承载力,为长江三峡工程建设决策,为库区经济发展以及

工程移民安置等工作提供了重要的科学依据。为适应国民经济建设的需要,80年代以来应用卫星磁带数据进行了一些地区的土地资源评价和重点地区水土流失的研究取得了重要进展。

信息系统已成为20世纪90年代最重要的技术手段,虽基础薄弱,标准不统一,发展比较滞后,但也有了好的开始。各省(区)以及一些地区的土壤信息系统已经着手建立。土壤—地体数字化数据库(SOTER)这项全球性工作也在中国开展^[22,23]。这个数据库制图单元的划分是以地形、地表形态、坡度、成土母质和土壤为基础,其属性数据包括土壤文件、土地文件及气候文件等。中国科学院南京土壤研究所与荷兰 ISRIC 合作编制了基于 SOTER 的中国 1:400 万人为作用引起的土壤退化数据库,土壤退化包括土壤侵蚀、土壤沙漠化、土壤酸化及土壤污染等。在 UNDP 的支持下,在亚洲率先开展了海南岛 1:25 万土壤—地体信息系统的研究和应用示范;在中国科学院的特别支持下,开展了我国不同地区(东北、华北、西北、西南、东南等地典型地区)的土壤—地体数字化数据库等工作。在数据规范化方面,形成了野外土壤描述和实验室分析标准以及数据编码体系。目前,建立具有权威性的全国土壤信息系统并通过信息高速公路在网上运行,实现资源共享已经成为下一阶段工作的必然趋势。

2 趋势

2.1 概念的拓展

众所周知,土壤是地球表面有肥力的表层,但对它的认识也是不断发展的。古代人们常说:“万物土中生”,把土壤解释为“土者吐也”,认为土壤是作物生长的条件和养分的供应者。

100 多年来,在土壤界流行了经典的五大成土因素学说,即俄罗斯土壤学家在《俄罗斯黑土》一书中提出的五大成土因素,把土壤看作各成土因素的承受者,此学说虽比古代把土壤看作“土者吐也”有了很大进步,但它没有反映土壤对自然界的反作用。

1833 年瑞典科学家 S. Mattson 首次提出了“Pedosphere”的概念,这一概念不仅反映大气圈、生物圈、水圈和岩石圈对土壤圈的作用,而且也反映了土壤对四大圈的反作用。并拓展到全球土壤变化,土壤与地球四大圈层的相互作用的关系,从而更符合自然界的客观实际。

二次世界大战以后,世界经济迅速发展,人口激增,给土壤带来空前的压力,主要表现在人类对土壤的需求与日俱增,人类对土壤施加的作用和影响越来越大。在人为作用下,既形成了一系列肥沃的人为土,同时也导致了土壤退化。土壤中温室气体的释放,施肥对水体的污染,土壤污染物对植物生长的影响以及工矿区土壤物质的搅动等都是前所未有的。因此,现在所说的“Pedosphere”已不是 Mattson 时代的概念,而是在人为作用下的土壤圈的概念。因此,随着概念的扩展土壤地理不仅在农业科学中,而且将在生态、环境科学和其他相邻学科中发挥其应有作用。

2.2 学科的渗透

从土壤学特别是土壤地理学发展趋势来看,土壤环境变化的研究将成为其重要研究内容。此项研究涉及不同的时间尺度和空间尺度上的土壤环境变化^[24]。

在时间尺度上,首先是当前土壤环境变化的研究,如水土流失、沙漠化、土壤盐渍化、土

壤酸化和土壤潜育化以及大型水利工程对土壤和环境的影响。其次是土壤考古研究,即人类文明史以来的土壤环境研究,60~70年代,欧美学者常利用磷的化析来发现古人类的居住地。最近,还用电磁法确定埋藏古迹的位置和构造。同时,研究考古物质与土壤介质之间的平衡条件,对考古物质的保护也有重要的价值。15届国际土壤学会大会上中国代表用地层法、 ^{14}C 和磷积聚的方法介绍了对北京猿人、河姆渡古址以及齐城古土的研究的意义^[25]。这是用土壤发生方法研究环境变化和人类历史的重要途径。再次是古土壤的研究,古土壤的分布、特征和类型能忠实地记录过去环境的特点及环境变迁的信息,古土壤素有环境和环境变迁“标记”的称号,甚至有人称它为重建古环境的一把钥匙。

在空间尺度上,包括泛地区性的土壤与人畜健康的研究^[26],以及特定地区的城市土壤和矿区土壤的研究。首先是地医学研究,从元素的空间分异研究土壤中生命元素与地方病的关系。其中研究硒、氟、碘与地方病的关系较多^[27]。查明淋溶土区广泛分布着与缺硒相伴随的大骨节病与克山病,同时湖北恩施有富硒土壤分布;具氟毒的土壤常与淋溶土区低洼地的苏打盐成土分布一致,同样由于岩性作用而出现非地带性氟病区;土壤中碘过高、过低都会引起甲状腺肿大。大多数地方性甲状腺肿与水土中碘的含量呈负相关,这种情况在山区尤为常见。地医学涉及地区很大,元素也很多。人类活动导致土壤的污染的地医学问题也开始引起注意。其次是城市土壤^[28],全球有40%的人口生活在城市。随着工业化的发展,我国城市化进程正在加速。城市土壤包括公园、绿地、庭园、菜地、体育场、道路、河沿、垃圾填埋场以及建筑和工业废弃地等。城市土壤是市民栖息地。城市土壤是人为作用的产物,它的原始结构和性质都已发生深刻变化。反过来又影响市民的生活质量。香港城市土壤的研究起步较早,内地的一些大城市也已开始研究。城市土壤研究中,关于城市土壤的分类、演变、研究方法,以及城市土壤对市民生活质量的影响,将是今后研究的主要内容^[29]。再次是矿区土壤,随着矿区的开采留下了大片为人扰动新成土。矿产资源开采不外露天开采和地下开采。不管露天和地下开采,均留下大面积的废弃地。我国最大的工业固体废弃物第一为煤矸石,第二为粉煤灰。这些固体废弃物不仅占有土地,还污染环境。土壤和土地工作者对矿区土壤和土壤复垦进行了不少工作,这也是近期发展的一个新领域。

2.3 手段的更新

2.3.1 土壤发生过程的深化 《土壤发生中的化学过程》^[30]一书较好地总结了90年代以前这个领域的研究,目前,土壤发生与发育的过程不仅可以用数字表示土壤物理、化学性质,而且土壤矿物、形态和微形态特征也在创建定量化指标。已从单纯利用细土或粘粒的Si、Al、Fe等大量元素组成分析土壤过程,发展到应用电化学、放射性元素、稀土元素组成特征等研究土壤变化。新的测试仪器和方法的引入,如NMR、ICP-MS、放射性测试、SEM、TEM结合电子探针或离子探针,乃至原子力显微镜等多种手段并用,使土壤发生的研究更加深入和定量化。并利用大量数据模拟土壤成土因素,建立土壤形成过程的模型。

2.3.2 土壤分类的定量化 20世纪70年代来的土壤分类已不再是宏观尺度上区分土壤,而已深入到微观尺度上加以分辨。土壤系统分类是吸取土壤学领域内最新成果所拟订的定量化和标准化的土壤分类,如对肥熟旱耕人为土的划分标准,即是依据磷在人为作用下的分异规律而制订的^[13]。它所依据的是一系列用以识别土壤类型、在性质上有一系列定量说明的土层,并有一个检索系统,可以输入计算机,且可进行自动检索。这是土壤分类定性向定

量的发展。土壤系统分类在国际上虽已经流行,但仍在继续研究。美国每两年出版一次《检索》,使之不断完善。1998年出版了《检索》(第8版)^[31],在世界上继续扩大其影响。为了统一国际土壤分类,在国际土壤学会(ISSS)、联合国粮农组织(FAO)和国际土壤信息和参比中心(ISRIC)支持下,联合组织了世界土壤分类参比组织(WRB)^[32],在1992年成立后,经过7年不断努力,在第16届国际土壤学大会上提出了比较系统的土壤分类方案,其中包括正式出版的土壤分类方案,土壤分类普及本(Introduction)和土壤分类图集(Atlas)三本书,以适应不同读者的需要,受到欢迎,除了英文本外,还将出版法文、西班牙文、德文和中文等译本。这标志着土壤分类研究的不断前进。

2.3.3 调查制图方法的改进 目前,用于土壤调查与制图的有图象处理、遥感技术、地理信息系统、GIS模型、地球物理、地统计学、模糊逻辑和精确定位等新技术或新领域。如“运用非线性、回归树(regression trees)、神经网络等方法进行土壤调查,预测土壤性质的空间分异;利用地球物理学的手段研究土壤性质(如土壤结构、阻力等)的时空变异性;借助地理信息系统(GIS)和遥感技术(RS)手段利用三维制图方法,研究土壤的空间分布规律及其相关的生态系统(如景观)的关系。各种新技术、新方法和新手段的联合使用已成趋势,如GIS与随机模型、全球定位系统(GPS)与RS、地统计学等结合使用,进行制图和土壤资源调查。在GIS中,土壤数据和数字化高程模型可以和水文景观模型结合在一起,得出各种土壤变化中关于复杂的空间联系的图象或统计信息。

3 展望

科学总是在一定的社会背景下发展的,随着社会经济与科学技术的发展,各学科的研究内容和方法也在不断变化,土壤地理学既要寻求自身的发展,又要符合社会需要,只有这样,学科发展和社会功能之间才能形成“良性互动”^[33-37]。21世纪的土壤地理学任重道远。

3.1 加强基础研究迎接新世纪的挑战

土壤地理学作为一门独立学科分支必然有其独立的理论基础和研究方法。近一、二十年来,随着学科之间相互渗透,土壤地理的理论和方法逐步被相邻学科所应用。这是好事,但同时意味着如果本学科在概念上没有突破,理论上没有创新,土壤地理学甚至土壤学将失去其独立性而逐渐被其他学科所代替;沦为应用地质学、应用化学、应用生态学的一部分。从目前国际趋势看,在理论方面应进一步定量研究土壤形成过程,特别是人为作用影响下的土壤熟化和退化过程和模式研究;加强土壤空间分异的研究,特别是人为作用下不同流域范围内地表物质再分配过程的研究;建立不是以成土条件为依据,而是以土壤属性为基础的独立的土壤分类;扩展土壤地理环境研究,特别是加强对古土壤、土壤考古、地医学、城市土壤和矿区土壤的研究;探索不同时间尺度和空间尺度上的土壤圈与其他圈层的相互关系,揭示它们之间的能量和物质交换的过程、机理和调控措施,为农业的持续发展和环境保护提供理论依据。同时,我们已处于星际旅行年代。一方面从星球土壤物质的特性探讨天体形成与演化;另一方面研究星球土壤作为植物生长的介质以生产食物的可能性。人类登月已30年,我国即将发射载人宇宙飞船,我们土壤工作者亦应籍此有所作为。

3.2 建立完整的中国土壤系统分类

特色土纲的深入研究。特色土纲包括人为土、干旱土、铁铝土和富铁土以及高山土壤。

这些土壤的研究已具有国际先进水平,特别是人为土诊断体系已成为 WRB 所使用的国际标准^[32]。因此,深入研究这些土壤既可保持我们在这方面的优势,同时又可促进系统分类的进一步完善。

建立系统分类中的基层分类。中国土壤系统分类已建立从土纲到亚类的多级检索体系,但基层分类研究仅仅开始。基层分类单元一方面从属于高级单元,另一方面更重要的是支持高级单元的基础。从实际应用来看,与土壤分类的应用最密切相关是土壤基层分类,以及在此基础上获得的大比例尺土壤图和土壤个体信息,因为基层分类考虑了诸多地方性(局部)环境因子和具体详尽的客观土壤属性,并直接服务于应用,它更能反映区域范围内土壤的相对均一性和变异性,从而为土壤的农业利用、土地管理和工程建设等服务,同时也为其他相关科学提供尽可能详尽的土壤信息。迅速开展其基层分类研究,建立与其相衔接的基层分类体系并建立我国土系数据库,对完善和发展中国土壤系统分类,对促进土地持续利用都具有重要意义。

3.3 建立土壤地理信息系统

地理信息系统作为一种工具,使地理科学面貌为之一新。土壤信息系统亦将成为土壤地理学中的一个生长点。土壤信息既包括不同类型土壤属性数据,也包括不同比例尺土壤图所反映的土壤空间数据,还包括不同类型土壤的成土条件以及不同时段土壤环境变迁的信息。籍此建立全国性和区域性的土壤信息系统。当前最重要的是建立全国 1/100 万土壤—地体数字化数据库(SOTER)。

由于不同时期、不同体系所使用的土壤分类原则和分类指标差异很大,使不同分类体系之间的转换非常困难。这种不能沟通的状况极大地妨碍了土壤信息资源的可利用性。通过“实体对应”,建立不同体系之间的参比关系,是开发历史土壤信息资源的重要课题。按照系统分类定量化的要求转换数十年来所获取的土壤信息,大有可为。土壤信息系统不但可用于土壤资源可持续利用的评价和管理,而且可为各级政府部门发展农业生产和环境保护提供决策依据。

3.4 加强遥感和信息处理技术的应用研究

土壤遥感技术和信息处理技术发展很快,并已取得丰硕成果。我国遥感技术自身的发展应跟上国际前进的步伐,图像应向多时相、多波段、多种信息源方向发展,力求提高土壤调查质量;图像处理应与信息技术相结合,向计算机自动制图方向发展,加强遥感与非遥感数据综合处理方法的研究,并把遥感信息作为建立和更新土壤地理信息系统的重要宏观信息源。在应用方法上要加强实测,重视遥感与非遥感的结合,并在此基础上建立适时适地的理论模型,使其从定性向定量方向迈进。还要就遥感技术和信息技术如何应用于土壤资源、水资源和水土保持等领域进行研究。

3.5 建立定量的可持续的土壤管理系统

我国粮食生产已取得了举世瞩目的成就,自 1961 年以来,粮食生产在美、英、中、印四国中的位置逐年提高,其中总产和增幅居首位,单产仅次于美国,从而取得了占全球不足 10% 的耕地上养活了占世界 22% 的人口这一巨大成就。但在土地利用上还存在不少问题,特别是耕地数量减少和质量下降尤为突出。据报道,我国人均耕地面积仅为世界的 1/4,去年耕地面积又减少了 300 万亩,水土流失面积为 367 万 km^2 ,其中风蚀 188 万 km^2 ,水蚀 179 万

km²,受工业“三废”和农业污染的土地近三亿亩。也就是说,我们粮食的增产,在某种程度上是以土地资源潜力的部分丧失为代价所取得。虽然我国对此已经引起重视,但点上的治理经验,没有能在面上推广,定量的可持续的土地管理体系尚未建立,希望加速这一过程,总结我国用地养地相结合的经验,建立新的“地力常新”的概念,跨越时间界线,使我国土地资源能持续地利用下去。

3.6 编著全新的中国土壤地理教科书

科学在发展,土壤地理的研究内容也在不断刷新,但是我们的教材似乎没有完全跟上,为了培养年轻的土壤地理工作者,建议从事教学和科研的土壤地理工作者合作,编写一本新的土壤地理教材,不仅要有新观点、新分类,而且要有新方法和新资料,同时也是开放式的,便于随时补充和加入最新的研究成果。使土壤地理教学跟上时代步伐。

面向21世纪的土壤地理任务是繁重的。从长远的观点来看,土壤形成的时间因素的研究越来越重要,研究现代土壤的同时,要研究古土壤以重建古环境条件,结合考古研究人类文明的发展历史;而对于现代土壤,无疑要特别重视人为作用的研究,以促进土壤熟化防止土壤退化。在生态环境问题日益突出的形势下,土壤地理应加速学科渗透开辟新领域。我国土壤资源丰富,这是一个巨大的“土壤地理实验室”,有一支强大队伍的我国土壤地理工作者,面对新世纪,应对世界土壤科学作出应有的贡献。

参 考 文 献

- 1 高以信等. 西藏土壤. 科学出版社, 1985
- 2 中国科学院南京土壤研究所西沙群岛考察组. 我国西沙群岛土壤和岛粪磷矿. 科学出版社, 1977
- 3 Rong Zitong et al. Soil in Islands of South China Sea and their ages, *Scientia Geologica, Sinica (Supplementary)* pp. 247~250. Beijing, China, 1995
- 4 陈杰. 南极地区土壤分类研究现状. *土壤学进展*, 1993, 21(6):21~25
- 5 宋达泉. 中国土壤分类的商榷. *全国土壤肥料会议汇刊*, 1950, 21~26
- 6 龚子同, 赵其国, 曾昭顺, 林培, 王人潮. 中国土壤分类暂行草案. *土壤*, 1978, (5):168~169
- 7 Soil Survey Staff, *Soil Taxonomy*, U.S. Dep. Agriculture Handbook No. 436, Washington, DC. 1975
- 8 中国科学院南京土壤研究所主持. 中国土壤系统分类(首次方案). 科学出版社, 1991
- 9 中国科学院南京土壤研究所主持. 中国土壤系统分类(修订方案). 中国农业科学技术出版社, 1995
- 10 龚子同等著. 中国土壤系统分类—理论·方法·实践. 科学出版社, 1999
- 11 Gong Z. T.. Formation and classification of anthrosols, China's perspective, *Transaction of 15th World congress of Soil Science*, Vol. 6a, 120~128, Acapulco. Mexico. 1994
- 12 Gong Zitong, Origin, evolution and classification of paddy soils in China, *Advance in soil science*, 1986, Vol 5: 170~200
- 13 Gong Zitong et al. Extractable phosphorus in soils with fimic epipedon, *Geoderma*, 1997, 75, 289~296
- 14 曹升庚, 雷文进. 干旱表层的特征及其在系统分类中的意义. *土壤学报*, 1995, 32(增刊1):34~39
- 15 赵文君, 陈志诚. 论富铁土纲的设立. *土壤学报*, 1995, 32(增刊1):21~33
- 16 Gichard W. Arnold. 一幅中国土壤分类亮丽清晰的快照. *土壤通报*, 1999, 30(4):156
- 17 中国科学院南京土壤研究所主持. 中国土壤系统分类(修订案). 农林水产省国际农林水产研究セソタ一, *国际农业研究情报* 1997(平成9年), No. 6
- 18 熊毅, 李庆逵主编. 中国土壤(第二版). 科学出版社, 1987