

发展与创新现代土壤科学

赵 其 国

(中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

摘 要 本文针对国际土壤学发展趋向, 在总结半个世纪以来我国土壤学发展的理论与实践的基础上, 对我国现代土壤学的理论基础、研究核心、重要内容、根本任务、重要动力及战略目标进行了论述, 最后提出了现代土壤科学发展的理论框架。

关键词 现代土壤学, 理论基础, 战略目标

中图分类号 S15

新进入的 21 世纪, 是以高科技及经济高速发展为标志的竞争年代, 也是人类面临人口—资源—环境—粮食矛盾尖锐的年代, 在此情况下, 土壤科学必将面临新的发展与挑战, 必须在过去传统土壤学基础上向新的土壤科学的方向迈进, 建立完整的现代土壤科学的思想与体系, 为人类生存与资源环境的改善作出新的更大的贡献。

为了系统阐明现代土壤学今后的发展与创新方向, 本文针对国际土壤学发展趋向, 在总结近半个世纪以来我国土壤学发展的理论与实践的基础上, 对我国现代土壤科学的发展与创新进行论述, 并谨以此文作为向中国科学院南京土壤研究所建所 50 周年的献礼。

1 土壤圈层概念是现代土壤科学的理论基础

随着现代地球科学, 特别是环境科学的发展, 当代土壤学的研究内容与范围正在发生重大变化。土壤不仅是某种物质或某种独立的自然历史体, 而且是有特殊结构和功能的地球系统的一个圈层, 从地球圈层的观点出发, 土壤学不仅是研究土壤物质的本身, 而且是朝着研究土壤与地球圈层的关系及人类生存环境的“土壤圈”方向转变, 这是现代土壤学发展的新动向, 它对人类生存环境及全球变化研究有深刻影响^[1]。

土壤圈是覆盖于地球表面和浅水域底部的土壤所构成的一种连续体或覆盖层, 它犹如地球的地膜, 在一定程度上类似生物体的生物膜。土壤圈是地圈系统的重要组成部分, 其位置处于地圈系统, 即大气圈、水圈、生物圈与岩石圈的交接界面, 它既是这些圈层的支撑者, 又是它们长期共同作用的产物。

早在 1938 年, Matson 提出了土壤圈(Pedosphere)的概念, 认为土壤圈是岩石圈、水圈、生物圈及大气圈共同作用的产物, 而很少注意土壤圈对其它圈层的交互作用、界面过程及反馈影响。通过近半个世纪我国土壤科学的研究与实践, 特别是 1987 年, 在中国科学院南京土壤研究所建立了“土壤圈物质循环开放实验室”并创办了英文学术期刊《Pedosphere》后, 逐渐对土壤圈层概念有了新的认识与理解, 同时将“土壤圈层”概念与土壤发生形成及环境质量相结合, 并逐渐深化, 使之成为现代土壤学的理论基础, 这种“土壤圈层”概念, 正不断在国内与国际上得到广泛公认与关注^[2]。

按当前的研究, 土壤圈的基本概念有以下五个特点^[1]: (1) 永恒的物质与能量交换。土壤圈是生物与非生物物质间最重要与最强烈的相互作用的界面, 它与其它地圈圈层间进行着永恒的物质与能量交换。(2) 最活跃与最富生命力的圈层。土壤圈作为地圈系统的界面与交互层, 它对各种物质循环与物质流起着维持、调节和控制作用, 土壤肥力是土壤圈所固有的性质, 因而它是地圈系统中最活跃、最富活力的圈层之一。(3) “记忆块”的功能。土壤圈是土壤形成过程、土壤性质及土体过去和现在受大气、水、生

物和岩石圈影响的“记忆块”。通过这些记忆信息,有助于区别过去和现在的土壤变化,并可对“土壤圈”未来变化进行预测。(4)时空限制特征。土壤圈的空间特征主要通过土壤类型及土壤分布面积所表现,土壤时间则表现在土壤形成过程、演变与机理的变化上,这些变化时间一般是 $10^3 \sim 10^6$ a。(5)仅部分为可再生资源,应充分利用与保护,以便在生存环境中发挥作用。

从土壤圈与整个地球圈层关系看,其功能有四个方面^[1]:(1)对生物圈:支持与调节生物过程;提供各种植物生长的养分、水分与适宜的物理条件;决定自然植被的分布与演替。但土壤圈的各种限制因素对生物也起不良影响。(2)对大气圈:影响大气圈化学组成、水分与热量平衡;吸收氧气,释放 CO_2 、 CH_4 、 H_2S 、 N_2O 等,对全球大气变化有明显影响。(3)对水圈:影响降水在陆地和水体的重新分配;影响元素的表生地球化学行为;影响水分平衡、分异、转化及水圈的化学组成。(4)对岩石圈:作为地球的“皮肤”,对岩石圈具有一定的保护作用,以减少其遭受各种外营力破坏;与岩石圈进行互为交换与地质循环。

土壤圈有两个研究方向:第一,从土壤圈与地球其它圈层关系的宏观角度出发,研究(1)土壤圈与生物圈之间的养分元素的交换与平衡;(2)土壤圈与水圈之间的水分循环与物质运动;(3)土壤圈与大气圈之间的大量气体及痕量气体的交换与平衡;(4)土壤圈与岩石圈之间元素迁移与转移。第二,从土壤圈物质和能量循环与人类生存环境之间的关系出发,研究土壤圈物质和能量循环(1)与地球生命,(2)与自然环境,(3)与全球变化之间的关系。

土壤圈有四个研究内容:第一,土壤资源的开发利用与保护。包括:低耗土壤资源的节约型开发利用研究;综合治理、集约经营耕地的研究;土壤资源承载能力的研究;防止土地退化,提高土地质量的研究;土地动态监测及土地数字化数据库(SOTER)的研究。第二,土壤肥力调节与农业持续发展。包括:不同生态条件下土壤肥力演变的研究;施肥技术与提高肥效的研究;持续稳定的土壤肥力培育的研究;农业持续发展的理论与战略研究;农业持续发展中高效适度技术的管理、对策与合理布局的研究;不同地区农业持续发展模式的研究。第三,土壤生态环境的建设。包括:农业生态系统中土壤生态环境演替规律的研究;土壤生态环境建设的研究;防止土壤污染的研究。第四,土壤圈物质循环及全球变化。共有以下七个方面^[1]:(1)土壤圈与大气圈大量与痕量气体交换与平衡。包括:土壤C、N循环研究;水稻田及湿地土壤温室气体 CH_4 、 N_2O 、 NO 、 NO_2 、S的释放研究;土壤飘尘与空气污染的研究。(2)土壤圈与水圈的水循环。包括:土壤水平衡与全球水循环研究;农田系统硝酸盐淋失与水质研究;土壤水平衡与节水灌溉最佳模型研究;水分运动、养分迁移与水盐迁移研究。(3)土壤圈与岩石圈元素迁移。包括:土壤发育与土壤年龄的研究;古土壤与环境信息研究;土壤地球化学性质与变化规律的研究。(4)土壤圈与生物圈养分元素交换与平衡。包括:植物营养遗传特性及植物适应逆境机理的研究;根际微生态系统中物质循环及其调控研究;植物营养与作物品质关系的研究(以上属根际营养分子生物学研究内容);生态系统物质迁移与养分平衡研究;土壤养分N、P、K等的迁移与平衡研究。(5)土壤圈物质组成、性质、类型及时空变化规律。包括:土壤胶体表面化学研究;土壤圈物质与性质的时空变化及物质组成的研究;土壤系统与类型土壤信息研究。(6)全球土被演变及土壤退化(土壤侵蚀、沙漠化、肥力退化、盐渍化、酸化、沼泽化)的时空变化、形成机理及预测调控的研究。(7)人类活动对土壤全球变化及人类环境变化的影响。包括:不同地区人为破坏活动对生态环境影响研究(如红壤地区);人类活动对土壤资源影响研究。

从上可见,土壤圈层概念是地球科学系统中的重要组成部分,它有明确的内涵、功能及研究内容,它的重要作用在于:通过土壤圈与其它圈层的物质交换影响全球变化,通过全球土被时空变化影响全球土壤变化,通过人为活动对土壤的强烈作用对人类生存与环境起重大影响。土壤圈层概念涵盖了当前与长远的土壤科学研究内容,是现代土壤学今后发展的方向与理论基础。现代土壤学研究的总方向是研究土壤圈物质组成性质和物质循环能量转化及其对人类生存环境的影响。今后应在土壤圈层概念上,不断加强与深化其理论与实践研究,并逐步建立完整的科学体系,成为现代土壤科学发展的重要理论基础。

2 土壤与环境质量是现代土壤学的研究核心

土壤与环境质量问题,是当今全球共同关注的重大问题。1998年8月在法国,2002年8月在泰国召开的第16届与第17届国际土壤学会上,有关土壤与环境质量问题讨论的学科组,占全会学科组的1/4。可见,当前各国土壤学者们,均对土壤与环境质量问题予以极大重视。

不少土壤学家认为^[2], 跨世纪的全球战略任务是解决全球及地区性环境及其质量问题。其中包括水、土、气、生等自然环境及其质量, 社会经济环境及其质量, 人类生存与健康环境及其质量问题等。从土壤学角度看, 跨世纪的战略目标, 除研究土壤自身基本性质及其发生规律外, 主要是研究土壤及环境质量问题。具体包括土壤全球变化与环境; 土壤圈与地球圈层的物质循环; 土壤生态与环境质量; 土地利用与土壤退化; 农业土壤与环境质量; 土壤资源开发与农业利用; 土壤肥力与水土保持; 土壤污染及其重建; 城市建设及土壤环境保护等。有人认为, 土壤是环境科学研究的主体。从历史发展看, 20 世纪 50 年代主要是对环境问题进行宏观、定量地描述, 60 年代开始对环境的各分支学科进行描述, 70~80 年代开始对环境动力系统进行模拟, 预测到 2010 年前将转入对社会环境进行系统性评价。因此, 今后对土壤与社会环境系统的研究应予重视。

我国近年来在土壤与环境质量研究方面^[3]有明显进展。研究表明, 土壤质量是指土壤肥力质量、土壤环境质量及土壤健康质量三个方面的综合质量。它是保障土壤生态安全和资源可持续利用的能力标志, 是现代土壤学的研究核心。通过对土壤质量的时空演变规律: 土—气、土—水、土—植的物质交换, 红壤、潮土、黑土、水稻土等质量演变与持续利用研究, 最后提出了不同类型与区域的土壤质量指标评价体系, 建立土壤质量变化的预警与调控对策。通过对环境质量的演变规律、界面过程及环境保护的重建对策的研究, 如对我国东南沿海地区、长江三角洲及珠江三角洲的土壤和大气环境变化规律与调控进行的系统研究, 对地区污染物的污染过程、机理, 土壤重金属、有机污染物、营养盐形成的复合污染及修复与风险评价有了深入了解, 最后提出了区域环境质量的调控战略。这些研究必将对现代土壤学理论与实践有新的推进。

总结国内外发展情况看, 今后在现代土壤学研究中, 土壤与环境质量的研究内容可归纳为以下五个方面: (1) 土壤质量的时空变化与发展, 包括不同时间尺度土壤质量动态变化规律、空间分布特点、质与量演变及发展趋势; (2) 土壤质量的演变过程与形成机理, 包括土壤质量演变的物理、化学及交互过程和机理; 人为活动对土壤质量演变的影响及反馈机理; (3) 土壤质量的指标体系与调控原理, 包括土壤质量的自然与人为指标体系、土壤质量演变的信息数据库与评价咨询系统的建设、土壤质量的调控原理研究; (4) 土壤质量与土壤圈物质循环及环境的交互作用; (5) 不同类型耕地土壤的持续重建与定向培育。应当指出, 上述研究需针对国家及区域尺度与需求进行, 只有这样才能使土壤环境研究更具实践意义。

3 土壤资源保护与土壤肥力培育是现代土壤学的重要内容

据统计, 世界上投资少而质量较高的土壤只占总耕地面积的 40%, 其余 60% 是低产消耗的类型, 其中包括受工业、农药及大气污染的土壤。不少土壤学家强调指出, 保护与有效利用世界土壤资源是一个长期的战略任务。我国土壤资源利用存在的问题是土壤肥力减退, 耕地中产量小于 $2\ 250\ \text{kg}\ \text{hm}^{-2}$ 的低产田占 1/3; 土壤退化, 侵蚀严重, 黄土高原与红壤丘陵地区土壤侵蚀面积各有 5 000 万 hm^2 ; 耕地被侵占, 可垦、待垦的宜农耕地已不足 2 000 万 hm^2 。为此, 就世界和中国的情况看, 现代土壤学今后面临的重大任务之一, 就是加强土壤资源的保护, 综合治理与合理开发土壤资源。

根据当前国际与我国研究发展趋势, 今后现代土壤学在土壤资源保护方面的重要内容, 需考虑以下几个方面^[3]: 第一, 在人类活动与生态环境作用下, 建立人地系统动力学研究。其中包括土壤资源的时空分异与土壤资源退化及恢复重建; 土壤利用与覆盖变化与生态环境变化的关系; 土壤利用多样性与生态安全及食物保障; 城市发展对土壤利用与经济可持续发展的影响; 区域土壤利用与生态系统空间格局与高效安全模式。第二, 土壤资源利用的数量与质量变化对生态环境与农业安全影响研究。其中包括土壤利用数量变化的时空格局与机制; 土壤利用质量变化的时空演变与调控; 土壤利用的质量安全与分等定级评价。第三, 土壤资源退化的协调和重建工程、措施的研究。包括跨流域调水对土壤及农业生态、环境的影响和防治措施的研究; 大型水利工程对土壤盐渍化影响预测研究; 绿色工程对沙漠土壤整治的生态经济效益研究; 水土流失地区护林农业工程及土地恢复措施研究; 滨海地区土地资源加速改良利用及优化开发模式研究。第四, 中国土地退化现状调查制图与数据库信息系统的建立, 包括 1: 100 万中国土地退化图及建立 1: 100 万中国土壤与土地退化数字化数据库等。

特别应提到的是, 当前国家正在进行的国土资源调查、全国农业地质调查及全国耕地质量及评价调

查,这些项目都是针对土壤资源保障生态安全与健康安全提出的,也是现代土壤学研究的重要内容。

土壤肥力演变与培育是土壤圈物质循环的实质内容。土壤养分状况的变化不仅影响到农业持续发展与人类存在,同时由于人类施肥所产生的 N_2O 、 CH_4 、 CO_2 等气体也对环境及全球土壤有明显影响。我国是世界肥料生产的第二大国,氮肥生产和消费的第一大国(1992年已达 $2\ 930 \times 10^4$ t 纯养分,较50年代增加225倍),肥料为我国农业发展带来巨大效益(粮食增产50%靠化肥),但另一方面土壤养分仍严重亏缺,几乎所有耕地都缺氮,1/2耕地缺磷,1/3耕地缺钾,微量元素及钙、镁、硫中量元素的缺乏面积也在扩大。每年大约有2/3的氮肥,约 $1\ 300 \times 10^4$ t N 未被作物吸收而进入环境,导致严重的环境污染,经济损失达250亿元。我国有世界上最大面积的水稻土,由于施肥与耕作释放的痕量气体对全球气体变化的影响尚不完全清楚;我国大规模施用磷肥达30余年,随着土壤积累态磷的增加,释放到径流中的磷也对水体产生污染,威胁水生生物生存(水体含 $0.02\ mg\ L^{-1}$ 的磷就产生富营养化)和居民饮水水质,所有这些都是土壤圈物质循环及土壤全球变化中亟待解决的问题。具体研究的问题包括:我国主要类型土壤肥力演变规律、建模和发展趋向预测;高度集约化农业中施肥对环境的影响及防治对策;根际微生态系统中物质循环动态和调控技术;氮素循环损失及污染;我国土壤钾、磷元素消长规律及需肥前景;土壤磷素的积累规律及其解析和迁移;多功能肥料的研制与应用;有机肥在土壤中的转化及其与环境关系;有机肥与添加剂在养分循环中的作用及对化学性质、肥力和环境的影响;土壤中有益元素对农产品品质及人类健康影响等^[3]。

4 土壤生态环境安全与农业可持续发展是现代土壤学的根本任务

随着人口增加及经济的不断发展,我国面临的土壤生态环境安全问题越加突出。据统计,我国重金属污染的土壤面积达2000万 hm^2 ,占总耕地面积的1/6;因工业“三废”污染的农田近700万 hm^2 ,引发粮食减产每年100亿 kg。其中第二次土壤普查中镉污染超标面积与第一次土壤普查相比,增加了14.6%,其它如汞、砷、铜、锌在东南地区超标面积占污染总面积的45.5%。其次我国农药总施用量131.2万 t(成药),平均每667 m^2 施用931.3 g,比发达国家高一倍。施用后在土壤中的残留率是50%~60%。过去长期停用的 DDT、六六六在土壤中均可检出,当前有不少有机毒害性农药均在广泛施用。此外我国每年农田使用化肥氮,转化成污染物质进入环境的氮素达1000万 t左右,不少地区饮用水及农产品中硝态氮和亚硝态氮的含量均明显超标,目前我国年污水排放量已超过400亿 t,近年污灌面积达426万 hm^2 。全国大部分地区大气主要污染物 NO_2 浓度持续上升,酸雨影响频繁。

据近年调查^[2],我国土壤生态环境安全问题最突出的东南沿海经济快速发展地区(如珠江及长江三角洲)土壤生态环境安全存在的问题是:(1)持久性微量毒害污染物已成为新的、长期潜在的区域性水环境问题,水质性缺水问题严重;(2)大气中有害气体、细粒子和痕量毒害污染物构成复合污染,城市大气光化学烟雾污染频繁并加重,室内空气污染加剧;(3)农田及菜地土壤农药、重金属等污染突出,硝酸盐积累显著,已严重影响农产品安全质量及其市场竞争力;(4)环境污染对生态系统和人体健康的危害已有迹象,如珠江三角洲和太湖流域土壤和沉积物中有机氯农药残留普遍,已发现一些有机氯农药、多环芳烃和多氯联苯等毒害污染物的潜在高风险区;有的城市大气细粒子(PM_{10})严重超标,一些交通干道空气中苯含量超过国外相应标准。由此可见,土壤生态环境安全是影响当前及长远农业生产、农产品安全与人类健康的重大问题,并为国际共同关注,它是现代土壤学中需最终解决的重大目标。

对此问题必须开展以改善土壤生态环境、保障农产品安全和人体安全为目标的综合研究,包括:主要污染物在农田生态系统中水、土、气、生界面迁移、转化与积累规律的研究;大气、土壤与水体复合污染形成过程与模型研究;大气、土壤污染修复和农产品污染削减与预警系统的研究及区域宏观污染调控与战略研究等。

农业可持续发展,是我国农业发展的根本方向,也是现代土壤学研究的重大目标。我国农业正在由传统农业向现代化农业的方向转变,其核心是走农业可持续发展的道路。农业可持续发展,主要是坚持“人口、资源、环境及社会经济”相互协调,实现高产、高效,资源节约,加强工业化、产业化、信息化的支撑,核心是农业科技革命,关键是解决资源与环境的协调与平衡。

农业可持续发展是与农业现代化的发展方向相一致的,按我国国情,今后农业现代化必须具有规

模的, 有组织的, 有生物信息与科技带动的, 有贸工农、产供销一体化的, 有多元化综合发展的, 有资源节约与可持续发展的, 并具有清洁与无虫害的绿色产业。这个方向实际就是现代土壤学要实现的长远目标。

在农业可持续发展中必须研究并解决以下问题: (1) 粮食安全保障, 即解决中长期粮食产品总量与产品结构供需平衡问题。(2) 产品品质保障, 即解决农产品清洁生产、产品品质与质量提高问题。(3) 资源与环境保障, 即解决水土资源合理利用与土壤生态环境安全问题。(4) 经济增收保障, 不断增加农村与农民收入。(5) 入世后国际与国内市场竞争问题。(6) 现代化农业实施的保障, 即研究规模组织化、信息化、贸工农一体化、多元综合化、资源集约化及农产品综合产业化问题。

今后在现代土壤学的发展中, 除应对上述问题进行研究外, 更应重视土壤肥力的培育与提高、土壤养分的保持与平衡、土壤水分的平衡与调控及农产品品质的提高等方面的深入研究, 让现代土壤学为实现人类享有充足的食物与清洁生产的环境的宏伟目标作出贡献。

5 现代科学技术是现代土壤学发展的重要动力

现代土壤学的发展离不开现代科学技术的支撑与驱动, 从国际与国内发展趋势看, 今后现代土壤科学发展, 除应用生物学、地学、化学和各种技术科学发展的理论外, 更重要的是要不断更新与引进现代化的分析技术与仪器设备, 并在计算机技术、分析技术、遥感技术、生物技术等方面加速发展^[2]。

随着计算机的兴起, 土壤过程的数学模型发展很快, 如 Sposito 的土壤化学模型, Pachepskyd 的土壤盐渍化模型 EOCHM, Hutson 的土壤溶质运移模型, 均为土壤模型化研究指出方向。我国 90 年代曾建立过黄淮海平原的水盐动态模型, 近年又建立了土壤-作物-水平衡模型, 今后这种综合化、模式化与数量化的研究, 将越来越广泛地深入到土壤研究的各个领域, 并将推动现代土壤学的发展。

1986 年国际土壤学会提出了建立全球和国家层次的土壤-地形数字化数据库(SOTER)。我国从 80 年代中期才开始某些专项土壤信息研究, 如土壤侵蚀信息系统、海南岛土壤与土地数字化数据库、红壤资源信息系统等, 今后这方面的研究必将不断发展。

所谓“3S”技术, 是指对地观测的三种空间高新技术系统, 即遥感(RS)、全球定位系统(GPS)和地理信息系统(GIS)。“3S”技术当前在土壤与持续农业中已得到广泛的应用, 包括对农用地资源的监测与保护, 作物的估产和监测, 特别是在精细农业中的运用有明显进展。这主要体现在: 通过 RS, 及时(平均 2~3 天一次)地提供农作物长势、水肥状况和病虫害情况; 通过 GIS, 可提出“实施计划”(Action Plan); 通过 GPS+GIS, 可将这种集成系统装在农业机械上, 实现农田作业的自动指挥和控制, 这是现代土壤学中新技术应用的重大发展。

土壤信息的网络化始于 60、70 年代各自建立的单用户土地利用系统, 如加拿大的 CGIS、美国的 LUNR 等。我国目前土壤信息的网络化仍处在单用户系统阶段, 比发达国家晚了 10~20 年。最近我们在已完成的土壤系统分类中建立了诊断层和诊断特性及土壤分类的数据库; 另外对土地信息系统基于 Internet/Intranet 的客户/服务器的应用作了有益的探索。

值得注意的是近年来原子技术已在土壤水分和养分变化和管理上有广泛应用, 如同位素示踪技术, 包括¹⁵N、³²P、¹³C、¹⁴C、³⁴S、³⁵S、¹³⁷Cs、¹⁸O 等及中子仪测定土壤水分动态变化^[2]。

由此可见, 现代科学技术的发展必将有力地推动现代土壤学发展的进程, 因此今后现代土壤学必须重视对现代科学技术的上述成果加以深入应用与研究, 以不断推进现代土壤学的发展。

6 面向国际, 立足国内, 确定目标, 开拓创新, 争创一流是现代土壤科学发展的战略目标

为了完成上述任务, 必须努力实现以下四个方面的战略目标:

(1) 面向国际, 认清形势 从国际上看^[4], 我国现代土壤学的发展首先必须加强土壤学的基础研究, 包括土壤圈物质循环与全球变化, 土壤时空演变规律, 土壤基本特性与形成过程, 土壤信息与数字化等。“土壤是生命的保障”, 因此必须加强土壤生物学(包括微生物)、土壤根际与微生态、土壤生物工程及土壤资源生物工程等方面的基础研究。其次在土壤学应用研究上, 必须加强土地利用评价、肥力工程技术、土壤退化修复重建、粮食保障、农产品品质与人体健康、土壤质量评价及区域质量管理, 并将生态环境安全与人体健康和可持续发展列为应用研究的重点。

在农业可持续发展方面, 与国际对比, 我国应开展与创建土壤资源开发与有效利用的新途径, 加强

土壤肥力保持与提高技术、农田水分、养分调控与节水农业体系研究,最终建立我国土壤农业可持续发展的新理论体系。

在土壤生态环境质量保护与调控方面,应创建我国不同地区土壤退化时空演变、形成机理与调控对策的新途径与体系,探索不同区域土壤生态环境的调控机理与配套技术,并加强对长江、珠江三角洲等地区水、土、生态、环境污染(面源污染)的调控与恢复重建研究。

此外,对我国人口、资源、环境、经济协调与土壤科学发展的关系,我国文化、社会经济功能对土壤学发展的影响等社会文化与可持续发展的研究,也是现代土壤学不可忽视的研究环节。

(2) 立足国内,确立目标^[4] 现代土壤学的发展,除借鉴国际经验外,关键在于立足我国社会经济发展对土壤学需求的实际,确立方向性目标,努力开拓创新。

现代土壤学研究的目的是指国家科学与需求两类目标,前者是土壤学的基础研究,后者指土壤学的应用研究。土壤学的基础研究,包括土壤圈层理论、土壤与环境质量演替及调控、土壤资源时空演变与土壤肥力培育机理、土壤生态环境的界面过程及调控原理等。这些内容涉及的学科与分支较广,它是解决土壤学科发展、区域及全球环境发展问题的基础,必须重视加强。此外,土壤学的应用研究,如水、土、气、生的协调管理、土壤肥力的平衡与环境污染的修复与评价、可持续农业发展的具体措施等项目,是不可忽视的重要方面。总之,立足于我国土壤学发展的实际,解决好我国土壤学基础研究与应用研究的关系,将极大地促进现代土壤学的不断发展。

(3) 创新成果,培育人才 现代土壤学的发展必须作出综合性、战略性,并具有国家与区域指导层面的重大创新成果,如现代土壤学发展的基础理论,优化人类生存环境的界面过程、机理与调控原理,获取与开发食物、纤维等生存生产的动力与来源,城市建设,人类健康与提高土壤与环境质量有关的战略研究等。这些创新成果必须与相关学科相互渗透才能完成,必须对学科进行组织、综合与协调攻关。这是今后现代土壤学发展的新任务。

高水平的创新成果决定于高水平的研究人才。因此,必须培养和造就具备创新精神的人才,从现代土壤学的要求看,创新应包括对新发现的追求、新规律的探索、新学说的创立、新方法的创造与新观点的积累等五个方面。一个高水平、高素质的土壤科技人才,除具有创新精神外,还应具备优良的学术作风与品德、团结协作和勤奋刻苦的精神。这些都是新时期土壤科学事业接替者的努力方向。

(4) 与时俱进,争创一流 与时俱进,争创一流,进入国际土壤科学的领先行列是我国现代土壤学的发展目标。要达到这种目标的基本标准是:土壤学科领域的学术思想一定要创新领先,人才、手段与新技术必须要全面建设并与国际接轨,学术理论与应用研究均需取得对国际有影响的重大贡献。

此外,要达到此目标的基本原则是:第一,重质量,重学术思想,不重项目(人、财、物)的数量对比;第二,重“我有人无”,而不是“人有我有”、“人有我跟”的创新;第三,在继承传统土壤学基础上,不断开拓现代土壤学的新方向;第四,重视土壤学理论与实践的结合,解决全球、地区及全国(Globa+Region+Country, G-R-C)土壤学理论与社会经济可持续发展的重大问题;第五,加强宏观开拓与微观深入相结合,重视在研究思路上与手段及新技术开拓上的人才建设。

根据上述基本标准与原则,我国现代土壤科学发展的总框架与思路(见图1):在土壤圈层学术思想的指导下,面向全球、区域及全国(G-R-C),针对土壤科学发展的战略方向,拓展宏观领域(宏观),强化微观深入(微观),发展学科交叉与联合(重一交一联),为解决国内与国际土壤科学理论与社会可持续发展、为创新国际领先的我国土壤科学而奋斗。

7 结 语

国际土壤学发展的历史,自1840年的李比希和1874年的道库恰耶夫创建土壤学理论开始,仅160年。如果从1930年我国土壤研究室(属原中央地质调查所)及1953年中国科学院南京土壤研究所成立开始,我国土壤学的发展历史仅70年。这一个半世纪土壤学的发展历史,是土壤科学从萌芽到发展壮大过程的标志。中国土壤科学在半个多世纪以来,为生态环境建设、保护人类健康及国民经济发展作出了重大贡献。如果说一个世纪前李比希及道库恰耶夫等人的学说,奠定了传统土壤学的发展基础,那么,可以预见,在21世纪新纪元中,我国必将在现代土壤学的理论与实践上有新的突破,并将对人类生

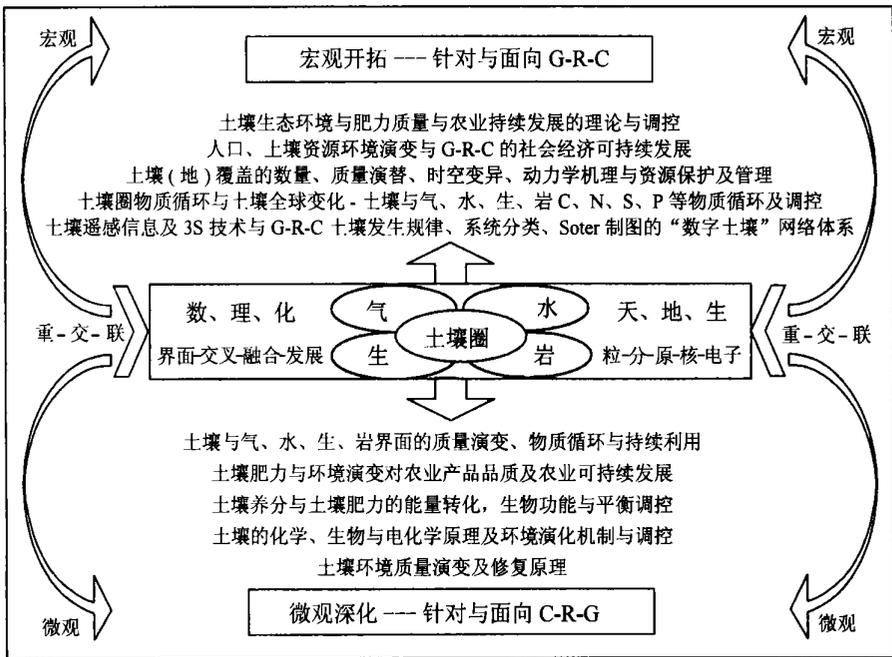


图 1 现代土壤科学学术发展理念框架图

Fig 1 The theoretical frame of modern soil science development

存与自然环境的改善作出新的更大的贡献。

参考文献

1. 赵其国. 土壤圈在全球变化中的意义与研究内容. 地学前缘, 1997, 4(1/2): 153~ 161
2. 赵其国. 21 世纪土壤科学展望. 地球科学进展, 2001, 16(5): 704~ 709
3. 赵其国. 现代土壤学与农业持续发展. 土壤学报, 1996, 11(1): 1~ 12
4. 赵其国, 周健民. 为 21 世纪土壤科学的创新发展作出新的贡献. 土壤, 2002, 34(5): 237~ 256

DEVELOPMENT AND INNOVATION OF MODERN SOIL SCIENCE

Zhao Qi guo

(Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China)

Summary

This paper summarized the theoretical and practical development in soil science in China during last 50 years, discussed the theoretical basis, research core, key components, basic tasks, important driving forces and strategic targets for Chinese modern soil science, and put forward a theoretical frame for modern soil science development according to internationally developing trend in soil science.

Key words Modern soil science, Theoretical basis, Strategic target