

土壤科学发展的战略思考

赵其国

(中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

摘要: 土壤科学在国家农业可持续发展和生态环境建设中具有重要的战略地位。本文结合国际土壤科学研究现状和发展态势, 分析了未来土壤科学发展所面临的形势与挑战, 提出了土壤科学未来发展的战略需求和战略方向以及我国近 10~20 年内土壤学的研究方向与优先领域和重大项目, 并探讨了我国土壤学科发展的战略规划与思路。为进一步推动我国土壤科学的发展和提供国家需求提供学科依据。

关键词: 土壤科学; 研究方向; 战略思考

中图分类号: S15

土壤是农业生产的基础, 是人类赖以生存的基石, 也是人类食物与生态环境安全的保障。建国 60 周年以来, 随着快速发展的工业化、城市化、农业集约化以及社会经济的不断发展, 特别是随着人口、资源、环境与发展之间的矛盾日益突出, 我国土壤资源的数量逐渐减少, 质量不断退化, 土壤肥力在失调, 污染在加重, 并出现土壤侵蚀、土壤酸化、盐碱化、沙化、石漠化及温室气体大量排放等土壤生态环境问题, 这些均对我国食物保障、生态环境安全及人体健康带来不良影响。由此可见, 当前我国的土壤资源和土壤环境正面临着新的形势与挑战, 土壤的地位与重要性正在从农业生产基础向环境安全、资源利用、生态建设及全球变化等方向转变与提升^[1-6]。另一方面, 随着环境科学、生物学、物理学、化学、数学及信息科学等学科的发展, 也为土壤科学领域的发展, 注入了新的理论、方法和先进的技术手段, 提供了土壤学科之间的交融与支撑, 使得我国的土壤科学在科学发展及国家任务需求的推动下, 进入了新的发展阶段。未来土壤科学的发展, 也将在新的形势和需求推动下, 向新的方向转变, 因此, 我们必须不断提升对土壤重要性的认识, 并与时俱进地不断推动与创新我国未来土壤科学的发展。

1 土壤科学发展面临的形势与挑战

当前国内外面临的总形势是“农业安全, 生态破坏, 环境污染、资源匮乏, 能源紧缺, 全球变化, 灾

害突发, 经济危机”等 8 个方面。这些也正是土壤学所面临的形势。从土壤学研究与发展的角度看, 今后除应对资源与能源开发, 全球变化与灾害突发防治等形势外, 关键是要解决国家的农业安全与生态环境建设问题。

首先, 今后确保农业安全的任务日趋艰巨。根据预测, 未来 40 年, 除了大米和小麦需求在 10 年出现缓慢增长后将出现下降的趋势外, 奶制品需求将增长 6 倍以上, 水产品需求将增长近 3 倍, 畜产品、饲料粮、水果、食油和纤维总量需求将增长 1.5~1.6 倍, 蔬菜和食糖需求将分别增长 75% 和 1 倍。其次是随着工业化与城镇化的不断推进, 以及受资源短缺、成本上涨、市场竞争、劳动力外流等多重因素的约束, 农业的比较效益不断下降。如果不能实现农业的高值化生产, “三农”问题将不能得到根本解决。此外, 守住我国耕地红线的形势非常严峻。国务院核准 2010 年的耕地总保有量为 1.275 亿 hm^2 (19.12 亿亩), 而 2006 年, 我国耕地总面积仅为 1.218 亿 hm^2 , 直逼 1.200 亿 hm^2 (18 亿亩) 警戒线。值得注意的是, 我国现有耕地中 2/3 是中低产田, 其中约 1/6 耕地受污水灌溉、农药、重金属污染威胁, 土壤有机质平均含量 $<10 \text{ g/kg}$, 远低于发达国家的 30 g/kg , 缺磷耕地占 59%, 缺钾耕地占 30%。因而, 保证粮食安全, 除依靠高产优质高效多抗农作物新品种培育外, 关键是搞好耕地保育, 加强水土资源的优化配置, 土壤培育与耕地改良与提高耕地质量和生产力, 实现粮食年均增长 1%。由此可

作者简介: 赵其国 (1930—), 男, 湖北武汉人, 中国科学院院士, 著名土壤地理学家, 长期从事我国及世界土壤地理与土壤资源研究。E-mail: qgzha@issas.ac.cn

①中国环境宏观战略研究环境要素保护战略课题组. 土壤保护战略专题研究报告. 2008

见,今后我国土壤学面临的农业安全形势十分严峻。

其次,我国区域性土壤污染趋势严重。近 20 年来,随着社会经济的高速发展和高强度的人类活动,我国因污染退化的土壤数量日益增加、范围不断扩大,土壤质量恶化加剧,危害更加严重,已经影响到全面建设小康社会和实现可持续发展的战略目标^[6]。据调查结果,我国流域性和区域性土壤地球化学异常或污染规模空前。长江流域、珠江流域、沿海经济带、松花江流域、辽河流域出现贯穿全流域的以镉为主、铅、汞为辅的流域性、区域性异常;黄河流域高氟、高砷、低碘异常显著;全国大中小城市土壤普遍出现汞异常。经初步分析,这些流域性地球化学异常具有自然地球化学高背景值与人为污染相互叠加的显著特征,在流域性重金属异常或污染区内,部分地区重大地球化学灾害和污染隐患突出,土壤地球化学状况恶化趋势加速。无论是直接的土壤污染,还是由土壤污染导致的大气、地表水和地下水污染,最终对动物和人造成危害。未来 15 年将面临着更为严峻的挑战。

第三,全球变化与土壤的关系密切。土壤在发生过程中,通过生成或消耗温室气体(CO_2 、 CH_4 、 N_2O 等)以及其他气体(如 NH_3 、 NO_x)直接或者间接地影响气候变化;另一方面,全球变化通过降雨、温度和养分沉降等变化,影响土壤过程,也对生态系统的生产力及其稳定性产生影响。这些影响均将进一步促进土壤学对土壤中 CH_4 和 N_2O 排放量,土壤养分转化及土壤碳库建设等方面的深入研究。

第四,全球不确定性因素。如近期爆发的全球金融危机等,对我国农业及能源紧缺产生影响,因而加大了土壤学对引发的极端灾害防治,如土壤抗旱、抗湿、抗寒等研究。并对土壤学研究与发展产生深刻的影响。

2 土壤科学未来发展的战略需求

从当前全球面临的能源,资源矛盾、粮食安全和生态环境等问题看,要求土壤科学在满足国家战略需求中发挥更加重要的作用。从土壤科学自身的发展规律看,土壤学向现代土壤学发展的时机与条件日趋成熟。因此,未来土壤学研究与发展战略需求的要求也更为迫切。从今后国内外土壤科学发展的形势看,土壤科学未来发展的战略需求有以下几个方面。

2.1 “土壤圈层及其界面”基础理论研究

“土壤圈层及其界面”理论,是现代土壤学研究的核心。它是研究全球变化对土壤环境的影响,土壤物质与能量交换,土壤组分的相互作用及其对土壤肥力的影响,以及可变土壤特性及变化等领域的理论基础。

土壤发生,分类与性质的演变规律、土壤与生态环境的调控、土壤区域的时空演变等研究,均与土壤圈层及其界面过程有密切联系。国际上提出的“土壤临界带”及“土壤变化定量监测及其过程模拟”研究,均与此理论相联系。因此,今后深入研究这种理论,对推动未来土壤学的发展具有重要意义。

2.2 土壤资源保护开发与可持续利用研究

土壤资源保护开发与可持续利用,是现代土壤学研究的重要内容。针对目前国际农业发展、环境保护以及土壤资源演变的趋势,今后土壤资源的科学与技术研究需要在土壤资源演变与人为调控机制、土壤资源清单、土壤信息的快速实时获取技术体系、数字化土壤处理与土壤资源管理系统、区域土壤承载力与资源配置理论与方法,耕地资源保育及退化土壤恢复和修复技术,水土保持等方面,强化基础和应用基础研究,以促进土壤资源的高效利用和管理,形成具有国家及地区特色的土壤资源保护开发的研究体系。

2.3 土壤信息与遥感研究

土壤信息与遥感研究是未来土壤科学研究的前沿。今后土壤信息研究,首先要站在全球变化的高度,提供土壤信息获取、管理和分析的方法以及实现信息共享的平台。其次,应进行全面的土壤资源清查,并建立国际及国家级的多尺度、多目标的土壤信息系统,加强土壤信息获取新技术的研究,实现土壤信息快速获取。第三,应加强土壤模拟模型研究,以土壤圈理论、临界区概念以及植物生长机理为指导,深入研究土-水、土-气、土-植和土-岩等系统及其界面的各种过程,从而推动土壤学研究与发展。

当前,国际上农业由机械化已向信息化方向发展,今后应通过多部门的共同努力,建立良好的协作共享机制,推动国家与地区的土壤信息科学事业的发展。

2.4 土壤生物学研究

土壤生物学研究是土壤科学研究的前沿。当前,土壤生物学的研究已成为各学科交叉融合的活跃场所,它将成为传统土壤学向现代土壤学理论加速转变的引擎。从国际土壤生物学研究趋向看,今后需要建立具有国际水平的土壤生物保存、繁育中心和土壤生物监测网络,为土壤生物过程、土壤生态过程、土壤生态毒理、土壤生物资源的开发提供标准化的实验生物基地;需要率先开展一些前沿性的研究项目,如土壤生物多样性及其生态功能,土壤生物与生态系统稳定性及其演替,土壤生物与全球变化相互作用过程,土壤生物与土壤质量,土壤生物资源库建设与利用技术,土壤生物与生态恢复重建工程,土壤生物及生态

过程研究技术与方法；还需要建立国家级土壤实验生物公用平台——土壤生物保育与研究及土壤生物资源库，从而推动国家级土壤生物学领域及其相关领域的发展。

2.5 土壤养分资源利用研究

农业生产必须走兼顾持续高产优质和与环境相协调的优质、高效、持续高产和环保的发展道路。关键之一是在保证持续高产的前提下，深入研究养分资源高效利用的机制和途径，寻求土壤—植物系统养分的农学效应和环境效应的最佳平衡，建立和完善相应的理论和配套技术体系。今后在这方面应研究肥料施入农田生态系统后的转化规律与主要损失途径；养分资源高效利用的生物学机制；氮磷养分高效利用的生物学机制及其分子基础等，为减少化肥的不合理投入，提高土壤养分资源和肥料利用率提供理论依据和科学措施。

2.6 土壤污染与环境保护研究

保护土壤质量、培育友好的土壤环境对农产品质量和农业发展有重要意义。这方面的优先研究领域包括：农业土壤污染物环境生物地球化学循环与风险评估；农业土壤污染生物修复与可持续管理；农业、工业废弃物及城市污泥的土壤利用与农产品安全；复合障碍型农业土壤环境风险削减与培育技术等。

2.7 全球变化与农田生态建设研究

全球变化与农田生态建设是土壤学研究与发展战略的重要方向。首先应在极端气候/灾害性气候的预测预警研究基础上，研究国内与国际大气组分浓度的变化动态及主要驱动因素，并预测 2020 年前后的区域水

平分布。其次，应采用模拟未来气候和大气组分浓度变化的田间试验，研究国内外主要农作物产量和品质形成的生物学响应机制；农田生态系统中水、碳、氮循环和其他重要元素的迁移转化过程；生物群落与功能演变趋势、能量利用效率变化等；为制订相应的水肥运筹、作物育种、化学及生物制剂运用等方案和措施，保障国家粮食安全提供科学依据。

从上述现代土壤学 7 个领域的发展战略需求看，今后土壤学面临的挑战是十分严峻的，特别是随着全球生态环境的急剧变化，人类将遭受的突发性的巨大影响难以预测。因此，未来土壤学研究的任务，首先必须从战略的高度，研究这些领域的发展战略需求，只有这样才能从战略的高度预测今后，展望与把握将来。同时未来土壤学的发展，必须通过这些战略需求研究和社会变革相适应，以解决全球土壤变化和生态环境对社会经济与人类健康影响等方面的关键性问题，只有这样，未来土壤学的发展才会有更大的空间和更辉煌的前景。

3 未来土壤学的研究方向

第 18 届国际土壤学大会（2006 年）提出的土壤学研究的战略前沿方向是“技术与信息社会”。重点集中在遥感、地理信息系统、景观分析、分子尺度的先进分析技术，环境土壤生物学，植物/土壤界面过程，土壤过程和反馈的计算机建模，精确农业以及其他信息科学和技术的应用等方面。我国土壤学战略研究的前沿，在“技术与信息社会”总的方向上，重点集中在 5 个方向（表 1）。

表 1 未来我国土壤学的研究方向

Table 1 Research direction of soil science in the future in China

研究方向	研究领域及内容
土壤圈物质循环与能量交换（基础研究）	重点研究土壤与大气温室气体效应、土壤固定空气中碳的影响、土—肥界面土壤物质变化与迁移、土—水界面物质迁移与演变、全球变化对土壤环境的影响、土壤物质与能量交换、土壤组分的相互作用及其对土壤肥力的影响、可变土壤特性及变化。
土壤资源与质量保护（利用管理）	重点研究土壤资源的演变与评价、土壤资源持续利用的机制与模式、土壤质量基础的调查与系统评价、不同土壤（土地）退化过程与防治、土地利用变化（城市化）的生态与环境效应、土壤基层系统分类的建立与应用、人类世中土壤变化的新趋势。
土壤环境与生态安全（环境整治）	重点研究土壤污染机制及其对土壤健康质量的影响、污染物在土壤中的转化与生物有效性及对土壤健康质量与农产品质量安全的影响、土壤污染风险评估、污染土壤的修复机理与技术、不同生态区面源污染发生机制与控制对策。
土壤景观（土壤信息）与土壤过程（宏观调控）	重点研究土壤景观与土壤时空变化、土壤的空间分布特征与演变、土壤环境敏感物质在土壤景观中的转化与迁移、土壤发生过程与区域全球变化、土壤侵蚀等退化机制与防治、土壤信息与土壤形成过程演变。
土壤生物与养分调控（农业发展）	重点研究土壤生物学过程及其机制、土壤生物基因资源发掘与利用、不同土地利用方式下土壤微生物多样性及功能、土壤生物过程对食物和环境安全的影响与调控、土壤养分平衡与合理施肥、土壤养分高效利用的生物学机制及其分子基础、农田生态系统水和生命元素的循环及耦合机制、土壤—植物—肥料相互作用过程及协调机制。

4 近 10—20 年内土壤学的研究方向与研究需求项目

4.1 国际土壤学发展的方向与研究内容

从 2010 年将在澳大利亚召开的 19 届国际土壤学大会大纲来看^[8], 今后国际土壤学发展的方向与研究内容如下。

4.1.1 土壤的时空性 ①星际土壤学: 研究地球极端环境条件下土壤数据, 推导宇宙环境土壤的可能性; 发育于非硅酸盐物质如冰、固体甲烷等物质上的外星“土壤”; 宇宙土壤制图方法和宇宙土壤研究理论基础; 土壤发生中的陨石。②土壤形成的时空模拟: 研究不同时空模拟条件下土壤形成的方向和速率, 预测土壤的演化和发生过程以及成土因子对其影响; 土壤发生过程量化的土壤时间序列; 土壤风化速率模拟及其对地貌景观演变的影响。③土壤形态学和微形态学: 研究土壤形态学和气候变化关系以及土壤形态学和环境灾害的土壤过程。④土壤地理学: 研究全球土壤地理信息系统及其对全球变化效应的预测; 基于关键土壤数据预测全球变暖对农业尤其是粮食产量的影响; 土壤地理与生态系统服务关系。⑤土壤发生: 研究母质、气候、地形和生物在土壤发生中的作用、影响大小及其范围; 地球年代学技术在土壤形成和演化速率中的应用。⑥土壤分类: 土壤分类与数字土壤信息的相互作用; 土壤分类对土壤学的推动和限制。⑦计量土壤学: 土壤变化的时空定量监测方法与新技术; 时空土壤预测的统计方法以及多源土壤信息的整合; 土壤变化的关键过程模拟等。⑧古土壤学: 风积物对土壤发生的影响; 不同环境条件下石灰岩土壤发育模型的控制因子和机制; 喀斯特地区土壤特性, 以及它们与其他石灰岩记录、现存的区域和全球环境变化的关系。⑨世界土壤资源参比基础: 世界土壤资源参比基础是为了把现行土壤分类系统联系起来而制定的, 最终的目的是在全球范围内对主要土类的认识、定义、区分原则和方法达成一致。在世界各地举办的WRB工作会议和考察业已引发了对于土壤分类、基础土壤学的新兴趣, 成为未来进一步合作的平台。接下来我们该做什么? WRB由此该走向何方? ⑩土壤结构多样性的体系: 研究土壤表下层异质性、土壤结构主导的土壤功能多样性、以及结构形成和退化过程等; 用水文土壤学方法, 借助土壤学知识模拟现实世界中的水文过程以及土壤水分运移。⑪数字土壤评价: 研究土壤制图及数字土壤评价; 土壤过程模拟结果的空间分布; 附属的预测精度。⑫全球变化与冻土: 研究全球

变暖对冻土的强烈衰减、有机碳快速矿化及其对陆地景观的退化、水土质量变化、土壤碳库大量释放, 以及这些变化对地球生物, 包括人类的严重影响。⑬土壤感应快速测量: 研究土壤各种传感器(近距土壤感应)的发展, 信号处理, 数据融合, 计量土壤学, 空间模拟和土壤传感器相互作用。

4.1.2 土壤属性和过程 ①湿地土壤和全球变化: 研究湿地土壤中与气候变化有关的痕量气体的形成和排放、固碳、固氮、脱氮、化学风化、厌氧条件下次生矿物的形成以及微量元素的生物地球化学过程等。②未来的景观管理: 讨论在水文学、生物学、地球化学和水生产率之间相互关系研究时所需的基础学科知识, 以更好的和以可持续的方式管理我们的陆地景观。③土壤物理: 雨水在土壤中的渗透、保持及其管理方法; 作物的最佳灌溉时期和最佳灌水量; 氮和其他营养物质的最佳施用量; 孔隙结构动力学的驱动物理过程以及对土壤中物质流动和运输特征的影响。④土壤化学: 土壤中的生物地球化学界面新技术及其在污染物—土壤相互作用上的应用; 土壤有机物质的动态变化; 有机废物在土壤改良剂中的应用。⑤土壤生物: 土壤根际界面技术最新发展及其在研究根际微生物多样性和基因表达上的应用; 土壤中的基因和蛋白质表达; 土壤蛋白质组学的环境过程等。⑥土壤矿物学: 研究土壤矿物组合中无机组分对络合物形成和稳定性的作用机制, 及其相应管理措施对改善土壤可持续性和其环境、农业功能等的作用; 矿物与微生物的相互作用; 矿物及改性矿物对污染物吸附特性。⑦土壤化学、物理和生物交互作用学: 研究土壤胞外蛋白和核酸等有机分子的释放与生物降解过程、植物营养等功能关系; 土壤中金属和有机物生物有效性。

4.1.3 土壤利用与管理 ①土地利用的精准技术: 利用精准农业技术和工具在减少农业生产资料投入, 通过提高土壤管理水平来达到作物增产、经济效益增加和环境保护的目的。②养分最佳管理措施: 研究养分最佳管理措施相关的科学原理与问题, 重点展示BMP在世界各地运用的案例研究。③土壤评估与土地利用规划: 研究工业、农业土壤的评估方法及其应用; 热带条件下如何能够在增加农业产量的同时, 加强环境的保护。④水土保持: 高山农业与土壤和水资源保护; 土壤水平衡测定技术的研发; 运用渗漏计研究并模拟土地利用方式的影响; 不同尺度的渗漏模拟及其改善土地利用方式策略等。⑤土壤肥力与植物营养: 高投入高产农作体系的可持续性问题, 包括土壤健康、

养分循环和环境影响；提高转基因作物养分吸收与转运能力的生物学途径；根际环境对提高土壤肥力管理与作物营养的作用。⑥土壤工程与技术：评价化粪池建设用地土壤的适宜性；讨论建筑工地地表径流管理的传统及先进技术和方法；建筑工地地表径流管理和土壤侵蚀控制技术。⑦土壤退化控制、修复与再利用：研究重金属生物有效性的相关化学动力学；重金属污染土壤修复（增加迁移性或固定化）的土壤改良剂；风险评估与基于风险的土壤修复。⑧酸性硫酸盐土壤的管理过程：探索并揭示酸性硫酸盐土壤在应用扰动和修复措施后的过程；基于这些认识发展起来的新的管理手段。⑨森林土壤过程与变化：全球气候变化下影响重要森林土壤过程与功能的主要生物学和非生物学评价因素及其关键链接点、最新方法和技术及应用；在应对全球变化情况下地下与地上过程的相互联系，并提出缓解策略。⑩城市和工业用地土壤：探讨世界土壤资源参比基础（WRB）提出的一个新土壤类型的最新研究进展，关注它的分类、化学、物理和生物学特性这些能够影响土壤功能和发生的性质。⑪全球变化对土壤盐化的影响：气象学、水文学和生产条件的改变对土壤盐化的影响以及生态系统变化及对灌溉农业的影响；因土壤湿度、盐碱化变化引起的土壤物理、化学性质的改变及其减缓策略等问题。

4.1.4 土壤在社会及环境可持续发展方面的作用

①为什么认为土壤是肮脏的？绝大多数人还没有意识到土壤学知识在粮食和纤维生产、生态系统维持、水资源、污染物和废弃物管理以及工程应用方面所发挥的重要作用。应以吸引一些有关人员，如政府城市、农村区域规划等专业人员参加，展示和提高对土壤学的认知。②土壤和人类健康：研究城市和农村环境中土壤对人体健康的影响，包括土壤生物和污染物对健康的直接影响，和未加工食物原料中特定组分与人类营养、健康之间的关系。③土壤和环境：构建土壤自然资本及其生态系统服务功能的评价方法，以及运用这些评价方法相关政策的制定与可持续土地利用的实施；不同土地利用方式下的可持续土地管理措施；集约化发展模式如何影响环境中水资源数量和质量；生态可行的土地管理措施的影响评估。④土壤、食物安全和人类健康：研究人口、粮食和其他物质资料、再生能源发展趋势对土壤资源的需求，以及探讨保持甚至提高现有土壤资源情况下土壤学研究所面临的主要问题；研究全球气候变化对土地利用方式的驱动作用；改变土壤和土地管理以适应一些气候带上的气候变化，预测全球气候变化对粮食、纤维产量和区域环境

的影响；⑤土壤和土地利用变化：土地利用变化对土壤功能（如土壤的生物、化学和物理性质和过程）产生的影响及其土壤资源可持续管理战略。⑥土壤教育和公众意识：强调把土壤科学信息传递给非农业用户的必要性；吸引人们（特别是年轻人）从事与土壤相关的职业，阐述当前土壤学教育中的存在危机，建立良好的传授机制创新土壤学教育。⑦土壤科学的历史、哲学和社会学：从历史的角度分析土壤科学中生物研究的重要性，探讨土壤微生物、土壤动物、根际、有机质等在不同农业土壤和环境土壤功能中发挥的作用（即所谓的“生物区系功能”）；远古、本土、现代社会人类对土壤的认知，包括实践与宗教、道德信仰；用艺术、文学和流行文化手法描绘土壤；人类生活要素与土壤的关系；人们在感知土壤和阐述土壤学理论中无意识的作用。⑧退化土地上的碳固定：研究土壤固碳在提高退化土地的生产力和减缓气候变化方面的多重重要性，并且基于现有的技术和法律框架提出可能的发展策略。

4.2 从国内发展形势看今后 10—20 年土壤学研究方向与内容

我国今后土壤学的发展必须首先适应与面临全球八大问题（能源，资源，生态，环境，农业，全球变化，自然灾害，经济危机及人类生命健康）的挑战。但其中最主要的是突出农业与环境安全这两方面的问题，这是今后土壤学发展的重点。从农业发展看，“生态高质农业”是主要方向，而环境安全应以“环境保护与污染土壤修复”研究为重点，最终目标是保障人类生命健康。按照这种思考，提出以下的具体研究方向与项目（共两类，12项）。

4.2.1 土壤学与“生态高值农业”建设体系研究

发展生态高值农业是应对未来农业巨大挑战、实现农业持续发展的一项最重要的创新举措，其宗旨是在保护生态环境的前提下通过农业的高值化，大幅度提高农业生产能力、产业化水平、竞争力和比较效益。随着我国农业向现代化、规模化、产业化迈进，建立生态高值农业，不仅能推动农业向生态环保、高效多元化发展，而且能促进农业产业链的不断延伸，同时能带动农业产业科学技术和生产能力的升级，以不断满足我国日益增长的农产品总量需求和质量需求，全面实现农产品优质化、营养化、功能化，以及农业生态系统的持续良性循环。

土壤学是农业研究的重要基础，今后生态高值农业的需求就是未来土壤学发展的需求，在这方面土壤学开展的内容如下：

(1) 土壤资源节约型农业技术体系研究: ①耕地质量的定向培育与耕地资源集约利用: 针对我国耕地资源减少的空间分布格局, 研发区域耕地综合承载力评价方法与技术、区域耕地集约利用与节地技术、区域耕地利用协同耦合与规划技术; 研究和建立不同区域“耕地替代技术”(包括土地整理补充、宜耕地土地后备资源开发和土地复垦补充); 建立区域耕地规模经营的政策和方法。全面建立国家土地资源安全保障与调控系统。②水肥耦合管理与流域水资源保护利用: 面对农业水危机的威胁, 重点研究保障农业粮食安全的需水耗水规律和农业需水预测体系, 研究流域水资源的保障措施, 开发和推广包括基于 ET 管理的真实农业节水新技术、地表水和地下水的合理开发利用、基于流域知识管理的农业节水型社会建设模式。推进以流域水资源综合管理为核心的体制改革与制度创新, 建设中国粮食安全水资源保障体系。③农业面源污染控制与农业清洁生产: 针对我国流域生态系统物质循环失调导致的面源污染, 建立区域水土和环境监测网络, 研究流域尺度养分和污染物的循环过程、界面交换机制、损失途径及其环境效应; 研究不同尺度(个体一流域)的资源高效群体结构、景观生态格局和流域土地利用方式, 提出稳定、高效、高产的流域生态系统的结构模式; 建立流域水土流失和农田面源污染(氮、磷与农药)控制的生物和工程技术与清洁生产体系, 建立流域生态环境管理决策支持系统。

(2) 农田增汇减排与应对全球变化的农业管理体系研究: ①应对全球变化的农田增汇减排体系研究: 针对流域复合生态系统, 研究不同土地利用/覆盖模式下的坡地生物多样性和温室气体排放格局与全球变化响应机制, 评价土地利用变化(退耕还林、还草和植被恢复)的碳汇效应, 建立复合生态系统生物多样性保护技术以及增碳与温室气体减排技术与对策。此外, 低碳农业的研究与温室气体减排的关系至为密切, 也是今后研究的重点。②现代农业条件下, 主要土壤障碍形成机制与调控技术研究: 针对我国农田主要障碍类型, 重点开展土壤物理(土壤压实, 次生盐碱化)、土壤化学(酸化)、土壤生物退化等多重障碍的形成过程, 障碍效应与调控机制。③连作障碍的生态过程与调控: 针对我国农业生产中高强度利用下的生态系统退化与连作障碍问题, 从生态系统角度研究主要连作障碍的致病因子与发病过程、植物对连作障碍的响应与防御机制、土壤对连作障碍的反馈机制、土壤连作障碍的诊断指标与方法, 以预防为主的理念探讨土壤连作障碍的生态系统防治原理与技术, 为农业生产资

源的替代战略的实施、农产品质量的提高、农业可持续发展提供理论与技术支持。④精准农业和信息化农业科技发展研究: 未来世界农业信息技术和精准农业的需求主要以互联网应用, 遥感信息解译, 专家系统、模型系统、智能信息系统、智能化装备为核心, 并进行智能化、集成化、专业化、网络化、多媒体化、实用化和普及化。该项研究可为我国未来现代农业发展提供科学及技术支撑。

4.2.2 土壤保护与污染土壤修复技术体系研究

(1) 土壤保护技术体系研究: ①土壤保护科学技术对策研究: 建立区域协调、空间优化、利用合理的土壤资源保护机制; 进一步加强全国土壤资源数量和质量动态普查, 及时摸清土壤资源家底, 掌握土壤质量现状; 加强土壤资源数量和质量变化规律及其影响评价方法研究; 建立国家土壤质量评价方法指标体系和监测网, 实现土壤资源科学保护和信息化管理; 建立和发展适合我国农业生产的耕地土壤质量分区管理系统, 搭建管理信息共享与成果转化技术平台, 形成农村地区有效推广和运行的土壤肥力质量培育创新机制。②土壤环境保护的标准化对策研究: 建立基于风险评估的土壤保护标准制定体系, 健全土壤保护标准体系, 强化分区和分类建设管理; 研究污染物的土壤生态毒理学, 确定土壤环境背景值和生物地球化学基准; 建立我国土壤生态风险、健康风险和风险评估方法, 制定污染场地管理规定和风险评估技术规范; 修订和健全适用于不同土地利用方式的国家土壤质量标准体系, 开展各省、自治区和直辖市的土壤质量标准制订工作。③土壤保护的管理对策研究: 明确土地管理和利用部门间职责分工, 建立相应管理机构, 制订土壤保护规划、计划或行动纲领; 构建和完善我国土壤保护法律法规; 制定可操作的土壤保护法案实施细则; 建立和完善农药、肥料、污泥和农业废弃物的使用制度; 实施土壤污染退化预防和修复制度, 实施土壤修复经济生态补偿机制与制度; 发展土壤污染应急处理技术措施; 建立土壤、水体、大气环境保护与土壤资源利用相协调的管理模式。

(2) 污染土壤修复技术体系研究: 包括污染土壤生物修复技术, 物理修复技术, 微生物、动物-植物联合修复技术等有关形成机理与修复技术体系的综合研究, 其中环境污染风险评价技术与快速、在线诊断技术。①土壤污染控制和修复重点研究项目: I. 农田土壤污染控制与生态修复技术; II. 金属矿区及周边污染土壤的联合修复技术; III. 油田区污染土壤生态修复技术; IV. 企业重污染场地土壤修复技术等 4 个项目。

项目的总体目标是研究污染控制与修复关键技术及设备,制定相应的技术规范和标准,研发8~10套具有自主知识产权的集成修复技术系统,建立10~12个修复示范基地,初步建立适合我国国情的污染土壤修复技术创新体系,为确保粮食生产与农产品质量安全、改善综合环境质量和保障生态安全与人体健康提供技术支撑。项目拟采取的技术路线是基于项目的多学科的特点,通过现代分析技术,现场信息采集与调查,识别场地属性,结合科学合理的修复方案设计,研发创新性物化、生物和联合控制和修复集成技术体系与设备,实现研发基地建设与工程示范,形成农田矿区、企业场地、油田区等污染土壤修复技术与工程体系。

②污染土壤修复与风险评价体系研究:包括基于流域生态系统复杂性和完整性的污染风险评价;基于流域社会经济系统和生物地球化学过程的污染综合控制技术;高效低能耗处理技术(含环境新材料);受损、退化生态系统修复理论与实践研究等。

③土壤环境污染与健康效应研究:包括新型污染物的致毒机理与快速诊断技术;食源污染物的综合控制技术;大气环境质量,特别是氧化剂和颗粒物对人体健康的影响机制及其控制技术;环境基因组学研究及其共享平台;环境流行病学与现代信息技术耦合,形成环境疾病预测预报技术。

5 土壤学研究发展战略的几点思考

5.1 五项准则

①现代土壤学必须重视学科的综合与交叉融合;
②现代土壤学必须重视土壤学新的分支学科的建立与发展;
③现代土壤学必须面向科学目标与社会需求;
④现代土壤学必须重视新技术与方法的创新和应用;
⑤现代土壤学必须使土壤科学研究日趋国际化。

5.2 必须与时俱进地做好土壤学科发展战略规划

兹以中国科学院南京土壤研究所发展战略规划(科研部分)为例。

5.2.1 战略定位 “土壤是地球生命的主要载体,今天她不仅是农业的基础,也是保障人类食物安全、饮水安全和生态环境安全的基础”。

5.2.2 重大战略研究计划 ①全国土壤资源数量和质量变化规律及其监测平台建设;②土壤-植物系统物质循环与资源节约型农业技术;③土壤环境风险评估与修复技术;④全球变化与土壤圈的响应;⑤高值农业的农田生态建设。

5.2.3 理论创新研究 ①土壤圈层理论研究;②土

壤过程界面理论;③土壤全球变化机理研究;④土壤环境生态学理论;⑤土壤高强度利用与环境协调理论;⑥高值农业的土壤环境机理。

5.2.4 领域前沿布局 ①土壤圈物质循环与全球变化;②土壤资源与质量保护;③土壤肥力与高值农业;④土壤环境与生态安全。

5.2.5 科学思想与方法创新 以国家重大战略发展需求为导向;瞄准世界土壤科学技术发展的前沿;坚持以土壤圈层理论与方法为科学思想;运用多学科交叉方法、融合的高新技术,建立现代土壤学。

总之,未来土壤科学发展将面临的机遇与挑战是严峻的,但我们大家只要做到:紧紧把握国家需求,认真做好战略研究,加大具有前瞻性的农业和环境技术的研发和现有成果的转化力度;增强危机意识,凝练科学目标,全面规划学科发展战略布局,加快形成具有中国优势的现代土壤学理论体系;注重战略和领衔人才的培养,调整和优化研究梯队,加强团队建设,切实提高研究队伍的持续创新能力;充分发挥良好的合作基础与优势,巩固和扩展国际化的合作研究基地,加快国际化进程。

最终,我们坚信,我国土壤科学发展的未来形势将与全球一样都是无限美好的。

致谢:中国科学院南京土壤研究所滕应、赵玉国、章海波、韩光中等在第19届国际土壤学大会大纲材料的翻译及整理中提供了帮助。

参考文献:

- [1] 赵其国. 为不断开拓与创新土壤学新前沿而努力奋进. 土壤, 2007, 39(1): 1-192
- [2] 赵其国, 史学正等主编. 土壤资源概论. 北京: 科学出版社, 2007: 1-515
- [3] 赵其国, 黄国勤. 生态农业与食品安全. 土壤学报, 2007, 44(6): 1127-1134
- [4] 赵其国, 周生路, 吴绍华, 任奎. 中国耕地资源变化及其可持续利用与保护对策. 土壤学报, 2006, 43(4): 662-672
- [5] 赵其国. 发展与创新现代土壤科学. 土壤学报, 2003, 40(3): 321-327
- [6] 骆永明, 滕应. 我国土壤污染退化状况及防治对策. 土壤, 2006, 38(5): 505-508
- [7] International Union of Soil Science. Soil Solutions for a Changing World, 19th World Congress of Soil Science. 2009 (<http://www.ccm.com.au/soil/index.html>)

Strategic Thinking of Soil Science in China

ZHAO Qi-guo

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

Abstract: Soil science has an important strategic position in national agricultural sustainable development and ecological environment construction. According to international research and development status of soil science, this paper analyzed soil science will be faced with lots of chances and challenges in the future, and proposed future development strategic needs, research direction and priority areas of soil science in recent 10-20 years. Meanwhile, we put forward the development strategic planning and thinking of soil science, and provides useful reference for further promoting soil science development in China.

Key words: Soil science, Research direction, Strategic thinking