

继往开来,迎接 21 世纪对土壤科学的挑战

赵其国 吴志东

(中国科学院南京土壤研究所 南京 210008)

5/5

摘要 文章概要叙述了建国 50 年来土壤科学在国民经济中所发挥的作用,提出了 21 世纪土壤科学发展的重点和措施。

关键词 历史发展;21 世纪;土壤科学;前景

发展前景 基础研究

我国近代土壤科学发展的关键时期,是在新中国成立以后。50 年来,不仅土壤科学研究有了明显的进步,而且,土壤科学队伍也有了极大的发展,从新中国成立初期的 53 人,发展为今天的 1.5 万余人。

早在 20 世纪 30 年代,我国就已经开始了土壤科学研究工作。但是,当时的工作条件相当困难,研究手段也十分落后。新中国成立后,随着完成全国各大区土壤资源的开发利用、大面积中低产土壤的改良,以及高产土壤的培肥和合理施肥等国家任务和国际合作任务,我国土壤科学得到了高速发展,并与国际土壤科学的发展相适应,形成了十多个学科分支,开展了各种理论和应用方面的科学研究。

实践证明,土壤科学研究及其在生产实践中的应用,对促进我国国民经济建设起着重要的作用。特别是在农业生产的发展方面,尤为突出^[1]。若以全国粮食总产量作为农业发展的主要指标,以每增加 1000 亿 kg 粮食作为一个阶段,除其他社会、经济因素外,现就土壤科学的作用作一简要分析。

第一阶段,1949~1958 年,粮食总产量从 1.3 亿 t 上升到 2 亿 t,亩产从 68.6 kg 增长到 104.3 kg。这一期间,除土地改革等一系列新的方针政策解放了生产力外,主要因素之一是通过以土壤调查为核心的宜农荒地资源考查和在此基础上扩大粮食播种面积、增施有机肥料和推广良种等取得的,包括新疆勘察出宜农荒地 2000 万 hm^2 ,黑龙江及内蒙东北部 730 万 hm^2 ;化学磷肥的推广,使全国绿肥种植面积净增 267 万 hm^2 。在氮肥工业尚不发达的当时来说,这些研究成果的应用为这一时期粮食的增产提供了重要的物质基础。

第二阶段,1958~1978 年,粮食总产从 2 亿 t 上升到 3.05 亿 t,单产由 104.3 kg 增至 168.5 kg。在此期间,提高单产是粮食总产增加的主要原因。主要措施是扩大灌溉面积、改良土壤、增加化肥投入和推广合理有效施用。灌溉农业的发展,是与土壤水分物理性质、土壤中水盐运行规律、灌排方式等的研究与应用密不可分的。

第三阶段,1978~1984 年,粮食总产从 3.05 亿 t 上升到 4.07 亿 t,单产由 168.5 kg 增至 240.5 kg。其间虽然粮食播种面积由 1.21 万 hm^2 减至 1.13 万 hm^2 ,而粮食总产却突破了 4000 亿 kg 大关。其主要原因首先实行了家庭联产承包责任制,极大地调动了广大农民的积极性;其次则是化肥的投入成倍增长(从 884 万 t 增长到 1739.8 万 t)和推广矮秆小麦和杂交水稻高产品种等。在此期间,为了适应土地不断产出和土壤供肥能力的变化,钾肥的

施用量增加了约 3 倍;各种微量元素肥料也获得广泛的应用。

从 1984 年至今,虽然粮食播种面积继续下降,粮食总产仍能稳步增长。这与农业生产中的科技含量不断提高,新的科学技术措施不断引用密不可分的。特别是土壤科学的发展,直接支撑了农业生产水平的提高和粮食总产的稳定增长。因此,在一定意义上说,土壤科学的发展直接影响着国民经济的发展。

1 半个世纪以来土壤科学发展的特点

20 世纪,特别是近 50 年来,随着全球人口不断增长,资源数量逐渐减少和环境质量明显变化,对土壤科学提出了大量新的任务。加上近代数、理、化和生物学的新概念、新研究手段在土壤学中大量渗透,促进其飞速发展。主要表现出如下几个特点:

1. 研究领域不断向深层次发展,学科分支不断拓展。科学家们从不同角度对土壤的某个属性(方面、范围)进行深入的研究,使土壤科学在深度上有了明显的进展。

2. 研究领域在广度方面的发展。土壤学家已经摆脱了孤立地研究土壤的局面,而是将土壤作为一个群体,一个地球圈层,即土壤圈与其他圈层之间的相互作用及关系进行研究。特别是近年来,在解决国民经济中重大问题时,通常把土壤与环境紧密联系起来综合地进行研究,既解决生产中的实际问题,又使土壤科学的研究领域不断向广度方面展开。不仅研究土壤在环境影响下的行为,而且研究土壤对环境的反作用和土壤在环境中的地位。

3. 研究领域不断向交互学科方面发展。土壤学与地理学、生物学、生态学、环境学及社会学等多学科不断交互结合,拓展了土壤学与其他学科之间的联系,增强了土壤学解决实际问题的综合能力。

4. 土壤科学研究的定量化趋势日益明显。对土壤属性的描述,已经不能满足于定性的叙述,从土壤分类到土壤性质的叙述,都在逐步趋向于定量。同时,随着人口、资源和环境的影响,土壤质量研究逐渐成为土壤学的研究重点。

5. 动态地、定位地、长期地观测土壤性态的变化,是土壤科学研究进一步系统化的重要标志。科学家们认识到土壤本身的复杂性和多变性,只有通过长期定位观测,才能了解土壤的动态变化。

6. 研究工作日趋国际化。土壤科学已经不再是一个国家、一个地区的研究活动,而是考虑到它的国际性。国际学术交流日益频繁,适合于国际交流用的较为统一的土壤科学术语如土壤系统分类体系等已逐步建立。

2 21 世纪土壤科学面临的挑战

21 世纪是世界进入以高科技为主导,经济高速发展的竞争年代,也是人类继续面临人口-资源-环境-粮食尖锐矛盾的年代。土壤是人类生存的重要自然资源,因此,土壤科学也面临着严重的挑战。

据预测,到 21 世纪初,世界人口将接近 65 亿,发展中国家缺粮将达 2 亿 t;世界水土流失面积已达总面积的 16.8%,占总耕地 2.7%,每年还有 7 万 km² 土地沙漠化,约 12 万 hm² 土地发生次生盐渍化,占总面积 10% 的土地沼泽化,以及近 2 亿 hm² 耕地被侵占;来自土壤的 5 种温室痕量气体也不断增多,近百年来它们在温室效应中的贡献率分别是:CH₄ 占

30%, NO_2 占 8%, N_2O 占 80%, CO_2 占 20%, 氟氯烃化合物占 15%。中国的人口与土地资源利用矛盾尤为突出。到 20 世纪末, 人口近 13 亿, 人均粮食不足 400 kg。与此同时, 每年还要减少耕地 47~67 万 hm^2 ; 年沙化面积达 133 万 hm^2 , 草原退化面积占草原地区的 1/4, 次生潜育化面积占沼泽化总面积的 1/5, 次生盐渍化面积约占盐渍土总面积 1/6, 水土流失面积近 150 km^2 。因此, 无论从世界还是中国的情况出发, 一方面必须开辟新的能源和食物源, 另一方面, 作为土壤科学工作者, 努力解决人粮矛盾, 合理利用资源, 是 21 世纪不可回避的重要任务。

从当今全球土壤学发展的形势看, 21 世纪的土壤科学将面临以下 3 方面的挑战, 首先, 土壤学将面临来自社会发展需要的挑战, 即解决人类生存与环境发展中的问题, 包括农业的可持续增产, 维持生态系统的平衡, 土壤退化的防治, 土壤评价体系的建立, 自然资源管理的地理信息系统开发等; 其次, 将面临本身学科发展的挑战, 如果今后没有理论的创新, 没有新的概念、新的领域出现, 没有知识的深化, 土壤学将会被其他学科所代替; 第三, 土壤学将面临服务于社会并为公众认识的挑战, 土壤学家必须投身于社会需求, 主动向其他学科渗透, 多层次地面向社会需求服务, 以进一步获得社会的公认, 否则, 土壤学将难以求得自身的生存与发展。

由此可见, 21 世纪土壤科学的发展, 其任务极为艰巨。

3 21 世纪土壤科学发展前景

3.1 研究土壤圈物质的组成、性质及能量循环是土壤学发展的总趋向

随着人类活动由地表向地球各圈层(包括气圈、水圈、生物圈及岩石圈)扩展, 土壤学的研究也不断由“土壤”向“土壤圈”, 并进而向地球各圈层的方向及其相互关系上推进。正如前述, 土壤圈是处于地球各圈层的界面, 是地球各圈层中最活跃、最富生命力的圈层之一, 它对人类生存及环境变化起重要影响。当今世界进行的“全球变化”及“全球土壤变化”研究, 就是以土壤圈及地球各圈层间相互密切相关为出发点的。从土壤学的发展看, 过去多侧重于对土壤本身(水、气、固相)物质的组成与性质进行研究, 同时也联系到各种成土因素的影响; 随着土壤科学向系统化、综合化、工程化发展, 其研究内容已向土壤圈物质及能量循环的功能、机制及其对人类与环境影响的方向发展并不断深化^[2]。因此, 可以预见, 今后土壤学研究的总趋向, 将是“土壤圈的物质组成、性质与能量循环, 及其与地球各圈层之间物质、能量交换和对人类生存和环境的影响”。

这一总趋向表明: 首先, 21 世纪土壤学研究必将从土壤圈与地球各圈层的关系这一宏观角度出发; 其次, 土壤圈的内涵、功能及其与其他圈层的物质、能量交换, 是今后土壤学的重要研究内容; 第三, 土壤学研究将朝“全球变化”方向推进, 这将导致理论上和解决人类生存与环境问题的实践上出现突破性进展。据此, 新的土壤学说——土壤圈学的具体研究内容, 可归纳为:

1. 土壤圈与地球生命作用。包括土壤圈物质循环的能量变化、生物转化、水循环, 重点是土壤圈中碳、氮、硫、磷循环及其环境效应。

2. 土壤圈与人类生存条件。包括土壤资源的区域治理、在综合农业中的动态变化及其生产承载力评价, 营养元素的空间调控。

3. 土壤圈与自然环境。包括重金属元素在土壤圈中的空间分布、迁移、转化及其生存效应,土壤中污染物质变化对生存环境影响及其调控,土壤在复合农业生态系统中的功能及优化模式。

4. 土壤圈及“全球变化”。包括自然与人为条件下土壤圈内不同土壤类型的历史,现代成土过程及土壤基本特性变化的预测;土壤退化;土壤痕量气体的通量及其对温室效应的影响等。

5. 土壤圈物质的组成、性质。包括土壤胶体表面的电荷性质,土壤中有害物质的化学行为,土壤水分性质,植物营养元素的化学性质,根际主要微生物的生理生态特性,土壤有机质组成、性质,土壤生态系统的结构、功能等。

3.2 “全球土壤变化”是土壤学研究的战略重点

正是由于上述原因,研究“全球土壤变化”对人类与环境影响的问题,已引起国际上的普遍关注,被列为当前及长远的国际性研究课题,SCOP, ICSU、IGBP、UNEP 等国际组织都把“全球土壤变化”列为今后长期研究的战略项目。

所谓“全球土壤变化”,是指在自然与人为条件下,土壤圈及其在地球系统各圈层中物质的迁移及转化规律。其中包括土壤类型的形成、组合、分布及其理、化、生物性质的时空变化,土壤温室效应、土地退化、水土流失及环境污染的机理、本质及其防治等。

3.3 保护土壤资源,提高土壤肥力是土壤科学的重要任务

据统计,世界投资少而产量较高的土壤只占总耕地面积 40%,其余 60%是低产高消耗的类型。不少土壤学家强调指出,保持与有效利用世界土壤资源,是一个长期的战略任务。中国土壤资源在利用中存在的问题是:土壤肥力减退,耕地中亩产不足 150 kg 的低产田占耕地 1/3;土壤退化,侵蚀严重,黄土高原与红壤丘陵地区侵蚀面积各有 50 万 km²;耕地被侵占,可垦、待垦宜农耕地已不足 2000 万 hm²。为此。就世界和中国的情况而言,土壤学在 21 世纪面临的重大任务之一就是:“加强土壤资源的保护、综合治理及合理开发利用”。

随着人粮矛盾的日渐加剧,土壤肥力与土壤管理问题越来越突出。全国氮、磷、钾肥施用量比大体是:1:0.3:0.05,与世界平均水平 1:0.59:0.48 相比,相差甚远。估计到本世纪末,氮素供应可望平衡,而磷、钾仍不足,其中磷肥尚缺 2/3,钾肥尚缺 1/3。因此。必须重视土壤肥力的保持与提高,将土壤—植物—肥料关系的研究列为重点,要发展多功能肥料(包括各种适用的复合肥料),增加有机物质的投入。

3.4 土壤质量与土壤环境研究是土壤学发展的重要内容

保护土壤资源,提高土壤肥力,必须与改善生态环境紧密结合起来。因此,要开展土壤和土壤质量的研究。其主要研究内容可归纳为以下 5 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,包括污染物在土壤中的迁移转化规律及对土壤环境质量的影响;土壤圈物质循环对人类及生物健康影响的生物调控机理;土壤质量对农业持续发展和农田生态环境质量影响调控;5. 不同类型耕地土壤质量的持续

重建与定向培育等。

3.5 研究资源节约型高效持续农业是土壤学肩负的历史使命

随着农业生产的不断发展,当前国际上提出了持续农业的发展方向。有的学者指出,持续农业是由高额的农业产量,合理的环境保护和生物多样性三者共同组成的,这就是说,在获得农业高产的同时,必须保护环境与促进生物发展。有人认为,持续农业的概念,应包括土地利用的连续性,环境质量的保持与提高,经济价值的增加,生产力的稳定增长,代传土地质量提高,抗风险的缓冲能力增强等。在美国,已经成立了低投入持续农业委员会,研究低投入高产持续农业的可能性。持续农业既是今后农业发展的方向,也是土壤学研究中的新课题。

中国人口多,增长快,而且在短期内不可能达到平衡点。相反,农业资源日趋紧张,人均资源占有量将随人口增长而下降,接近甚至将突破资源承载的极限。当前农业资源的人均占有量:耕地 0.13 hm^2 ,林地 0.11 hm^2 ,草地 0.27 hm^2 ,水资源 2600 m^3 ,到 21 世纪初,人均耕地将降至 0.1 hm^2 ,林地面积维持在 0.11 hm^2 左右,草地面积降至 $0.25 \sim 0.26 \text{ hm}^2$,人均水资源占有将下降至 2200 m^3 。如果中国人均粮食在 21 世纪初要求保持在 400 kg ,那样就必须走资源节约型高效持续农业的道路。所谓资源节约型高效持续农业,是从中国农业资源人均占有量甚低这个前提出发,在节约资源、获得高产的同时,注意增强地力,改善和优化生态与环境。也就是要在限资源条件下,发挥其生产潜力,注重生态系统、物质循环与各类资源的平衡和协调,增加农业产出,并保持其稳定增长。实践证明,土壤学研究是保持农业可持续发展的关键之一。

3.6 加强土壤学基础理论研究是 21 世纪土壤科学发展的动力

综上所述,土壤科学的发生、发展,完全与社会的发展密切相关。随着新的科学技术的突飞猛进,随着国民经济发展的需要,土壤科学必然进一步发展。在世纪之交,土壤学家认识到,深入发展基础理论研究,是使土壤科学更上一层楼的关键。

土壤学基础理论研究主要包括:土壤发生、物质循环、生态功能、资源潜力、表面化学、水热动态、植物营养、根际环境、肥力机制、生物工程、污染机理、土壤信息与遥感等方面。从国际上看,这些研究虽然发展不甚平衡,但均有明显进展,并在方向和目标上逐步趋于一致,即都自觉不自觉地朝着“人类与环境”的总目标和“全球土壤变化”、“土壤圈物质循环”研究的方向推进,同时在新技术、新方法的运用及理论与实践的结合上有新的发展。与国际土壤学基础研究相比,中国土壤学某些分支,如表面化学、植物营养(N、P、K 及根际)、土壤水分、肥料试验网、水稻土、盐渍土及红壤的发生和利用等,在一定程度上取得了领先地位;而在土壤分类、土壤生物、土壤生态、环境保护、物质循环、全球土壤变化、信息系统及新技术应用等方面均存在明显差距。鉴于此,今后我们必须大力开展土壤学基础理论研究,推动土壤学的发展。

4 促进我国土壤科学发展的主要措施

我国近代土壤学研究自 1930 年起步以来已有半个多世纪。土壤科技工作者围绕土壤资源开发利用、农业持续发展、生态环境建设及土壤学科发展作了大量工作。并在国民经济建设中作出了重要贡献^[3]。但是,土壤科学在 21 世纪的任务是十分艰巨的,要顺利完成上

述任务,必须在以下几个方面予以加强。

1. 加强人才培养,不断突出创新

高水平人才是高水平研究成果的主导因素。在土壤学界有一大批优秀的科学家,他们在发展土壤科学、为国民经济服务方面做了大量工作,取得了大量成果。但是,新一代高水平的青年科技人才亟待抓紧培养,特别要造就跨世纪的一代新的土壤学科带头人,让他们承担起21世纪土壤科学发展的重任。所谓高水平人才,必须具有创新精神,培养高水平的创新人才,才能使土壤科学有所创新。创新人才的素质应该包括对新发现的追求,新规律的探索,新学说的创立,新方法的创造及新知识的积累5个方面。这些应该是今后土壤科学事业接替者的努力方向。

2. 面向社会服务,拓展学科联系

21世纪土壤学必然要面对下列领域的重大问题,一是优化人类生存环境,如水、土、气、生;二是获取和开发食物、纤维等生存必需品的来源;三是解决与城市建设和人类健康有关的土壤与环境质量问题。由于这些任务并非土壤学单独所能解决,因此,必须与其他相关学科相互渗透、综合才能完成。这是新时期赋予土壤科学的新的任务和发展方向。

3. 重视基础研究,面向实际应用

土壤学基础研究涉及纯科学及其分支的基本原理和方法,并借鉴于生态学和地球系统科学,它是解决学科发展,区域及全球环境发展问题的基础,并是解决农业、工程和环境管理的重要部分,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,土壤肥力的平衡及污染的修复等应用项目,是不可忽视的重要方面。总之,解决好土壤学科基础研究和应用研究两者关系,将极大地促进土壤科学的进步。

4. 加强部门联合,增加经费投入

目前,不论是政府部门的研究项目,还是有关企事业单位的委托研究,其对土壤科学研究课题的资助强度都是不够的,没有按照课题实际完成任务所需要的经费予以支撑。加上门户可见,部门分割,使研究课题重复设置,研究经费分散。土壤科学研究是全社会的事业,任何一个部门、一个单位都不可能单独完成。随着产业部门、地方科研力量的壮大,部门之间的联合将是快速、有效地完成重大课题的必由之路。因此,在21世纪,必须加强部门之间的联合,实行全社会招标,公平竞争,使有限的资金集中使用,增强课题的资助强度。

5. 注意新技术应用,加速设备建设

为适应土壤科学未来发展的要求,除了应用化学、生物学、地学和物理学的理论外,还要不断更新和引进现代化分析技术、计算机技术、遥感技术及生物技术;在加速设备更新方面,除了引进现代化的分析测试技术外,要更多地注意适用现场观测的传感器及测量记录系统的研制,并在现场原位观测中加以应用。

6. 加强国际合作,推进与国际接轨

基础理论研究工作是没有国界的,而且地球科学的许多学科和存在的实际问题常常是全球性的。加强国际合作,推进与国际接轨,是进行高水平研究的必要条件之一。同时,在国际合作方面,形成我们自己的工作特色。

21世纪将是科学技术突飞猛进的世纪。土壤科学要在国民经济发展中继续发挥作用,

(下转 243 第页)

