

# 新世纪土壤学的社会需求与发展<sup>\*</sup>

周健民

(南京土壤研究所 南京 210008)

**摘要** 论述了新世纪中国土壤学的社会需求,提出食品安全仍然是土壤学要关注的首要问题。食品安全所包括的数量安全、质量安全、经济安全和生态安全都与土壤质量和土壤利用直接相关。提出了我国土壤学在今后要关注和试图解决的几个科学问题:(1)土壤质量新概念的建立;(2)土壤圈与其它圈层的物质和能量交换理论;(3)可变电荷土壤特性;(4)土壤高强度利用与环境协调理论。

**关键词** 土壤学,农业,环境,发展



## 1 新世纪中国土壤学的社会需求

中国是世界上人口最多的国家,食品安全始终是中国社会经济发展中的首要战略问题,而土壤又是保证食物生产的最重要的基本资源之一。中国现

有耕地 20 亿亩,相对于巨大的人口基数,人均耕地面积仅为世界平均值的 1/3,且土壤总体质量不高,中低质量的耕地占总面积的 2/3。要用世界 10% 的耕地满足世界 22% 人口的食物需求,土壤资源的合理利用就显得格外重要。正因为这种社会的需求,土壤科学在中国一直受到高度重视,中国的科学工作者才有机会施展自己的才华,他们在土壤学研究方面卓有成效的工作,为国家的食品安全和农业发展做出了重要贡献,与此同时,土壤科学的各个学科分支的基础研究也有了较大的发展,丰富了土壤学理论,在世界范围内产生了广泛的影响。进入新世纪后,中国经济将进入持续高速发展时期,由于人口压力,土壤资源的高强度利用不可避免,农业生产对环境的影响和环境污染对土壤质量的影响将日益加剧,如何保持农业的可持续发展和维护生态环境的健康,土壤学面临着许多新的课题,中国

的土壤学家们在新世纪也将面临着更加严峻的挑战。

食品安全仍然是土壤学要关注的首要问题。食品安全已不只是单纯的粮食数量安全的概念,它包括了更加丰富的内涵。我们今天所谓的食物安全应该包括食物的数量安全、质量安全、经济安全和生态安全。数量安全是食物安全的最基本的要求,就是要为日益增长的人口生产出足够的食品;质量安全是指生产的食物要有较高的营养质量和安全质量,必须是无公害食品;经济安全是指农民要在从事食物生产过程中受益,有较好的经济保障;生态安全就是要在食物的生产过程中不对生态环境带来负面影响。应该说食物安全的各个层面都与土壤质量和土壤利用密切相关,土壤仍然是新世纪食品安全的基础。

中国现在的人口将近 13 亿,粮食总产量已突破 5 000 亿公斤。进入 21 世纪后,我国人口将继续增加,如果不切实采取增产措施,粮食问题仍然会困扰经济发展,甚至会威胁到我们的生存。据预测,到 2030 年,我国人口将进入最高峰,达 16 亿,以人均占有粮食 400 公斤计,中国的粮食总产应该达到 6 400 亿公斤。由于中国经济仍处在一个快速发展时期,今后相当长的一段时期内,人均粮食消耗仍会处于消费结构快速转换和消费水平快速增长的时期。也就是说,到 2030 年,人民生活水平将显著

<sup>\*</sup> 收稿日期:2003 年 9 月 1 日

改善,人均耗粮会达到一个新的水平。根据中国科学院国情小组的调查,1995 年北京、上海、天津三大城市的人均粮食消费量已达 483 公斤。若以较低水平的 450 公斤计算,我国粮食总产要达到 7 200 亿公斤。可见在中国耕地面积不足并不断下降的情况下,要实现这种粮食安全目标仍有很多困难。尽管我国目前的粮食生产可以满足国家需求,但基础仍很脆弱,因此在农业结构调整过程中,虽然可以适当压缩粮食种植面积,但必须确保耕地不受冲击,以保障粮食的生产潜力,一旦遇到严重的自然灾害或国际粮食市场波动,可以适时恢复粮食的生产能力。

在过去相当长的时间内,我国农业生产上普遍存在着以农产品增产、高产为目标,注重农业投入的产量效应,而忽视农产品的质量和环境效应。改革开放以来,随着农业集约化水平的提高,农业投入加大,农业生产取得了突破性进展。粮食、棉花、油菜籽、蔬菜总产量跃居世界首位,肉、蛋、奶、水产品的人均占有量已超过世界人均水平。但随着农业集约化水平的提高,化肥、农药等的大量投入,过去所忽视的农业自身面源污染对环境的负面影响和食品安全性问题正日益显露出来。尤其在近 20 年,随着工业化、城市化、农业集约化快速发展和经济持续增长,人们生活方式迅速变更和资源高强度开发利用,大量未经妥善处理的污水排放和农田灌溉、固体废弃物的任意丢弃、废气 / 尾气的沉降以及大量不合理的化肥、农药的施用与残留,已造成我国大面积农田土壤环境的显性和潜性污染,这一问题已严重制约我国农产品的出口创汇以及加入 WTO 后的国际竞争能力,严重影响到我国农田生态系统的生物多样性、食物链安全、人体健康和经济社会的可持续发展,这必将影响到新世纪的中国特别是农业在世界上的地位和命运。目前影响食品安全的主要问题包括土壤中氮肥的过量投入导致农产品特别是蔬菜的硝酸盐含量超标;化学农药的大量施用导致农产品污染,并在土壤中残留给未来农业生产带来长期影响;农田及蔬菜土壤重金属污染情况日趋严重,使产品污染,土壤质量逐年下降。更令人不安的是,许多污染物的影响是长期的,可能长达数十年,影响数代人。因此,要保证农产品的

质量安全,土壤质量是至关重要的。

在实现食物安全的过程中,保障农民的经济安全是必须的。粮食生产仍然是我国农民特别是粮食主产区农民收入的重要来源。粮食的稳定,对整个国民经济健康发展和社会稳定都具有十分重要的意义。由于我国各农户拥有的农田面积很小,不能从事规模经营,粮食价格又不能上涨,导致从事粮食生产的农民收益增加缓慢,甚至下降,这已严重影响了农民的种粮积极性。在目前情况下,粮食生产要优化品种、搞好转化、提高效益。粮食主产区在全国粮食生产中举足轻重,要充分发挥粮食生产优势,加快优质品种的引进、繁育和推广,大力发展粮食的加工转化。国家要调整商品粮基地建设内容和布局,在农业基础设施建设、粮食收购贮存、粮食加工方面加大对粮食主产区的支持力度。与此同时,要发挥科学技术的作用,使农民在粮食生产中做到精准管理,降低生产成本,提高产品质量进而提高农民的经济收入。除了进行农业结构调整,做到精准管理外,选择适宜的土壤生产不同的产品也具有重要意义。无公害食物、绿色食品和出口农产品的生产都必须以土壤质量为基础。

另外,农业生产是一项长期活动,必须强调可持续发展。这就要求我们在农业生产过程中,保证土壤质量的健康,并尽可能地减少对生态环境带来的冲击。目前,农田生态系统对温室气体排放和水体富营养化的影响日益受到关注,农业活动与整个生态环境的关系也日趋密切。在我国由传统农业向现代化农业转变进程中,如何在实现高产、高效、优质生产的同时,又能维护良好的生态环境是各级政府都必须关注的问题。应该说农业的清洁生产是新世纪中国食物安全的需要,也给土壤科学工作者提出了更高的要求。

2 土壤研究中的几个科学问题

土壤科学在农业生产、环境保护以及工程建设中发挥着直接而又重要的作用,特别是土壤学的研究成果在农业生产上所做出的重大贡献,为土壤学的进一步发展奠定了基础。然而,自 20 世纪 80 年代以来,由于西欧、北美和澳洲等许多发达国家出现粮食过剩,已不再局限于关注粮食的产量,而是更加重视粮食的品质和粮食生产过程对环境的污

染。国际上土壤学研究重点已从增产粮食为主转向以提高粮食品质、保护环境和可持续发展及促进人畜健康为主要目标。

正如上节所述,中国是一个人多地少的国家,土壤的高强度利用所带来的土壤质量退化、农产品质量低下、环境质量下降问题尤为突出。由于人口的巨大压力,在可预见的未来,土壤高强度利用的现状不会改变,如何在高强度利用土壤资源的同时,维护土壤质量和生态健康是我国土壤科技工作者面对的首要问题。土壤资源的高效利用、农业生产和生态环境的协调对土壤学提出了新的要求,加强土壤学的基础理论研究,为土壤学处理越来越复杂的实际问题提供新思路、新方法已迫在眉睫。

## 2.1 土壤质量的新概念

随着全球范围内土壤退化以及伴随而来的环境问题的出现,使以增加粮食生产为主要目标的传统土壤学正在向以提高粮食生产、改善农产品品质、保护环境和促进人畜健康等多目标的现代土壤学发展。这就使得表征土壤生物生产能力的土壤肥力不再是评价土壤的惟一指标,而土壤容纳、吸收和降解各种环境污染物的功能和生产能促进人畜健康产品的功能已成为评价土壤的另外两个基本指标。因此,综合表征土壤维持生产力、环境净化能力以及保障动植物健康能力的土壤质量概念的引入就成为现代土壤学的发展标志。它不仅仅表现为研究内容的拓展,更是体现了土壤科学研究重心的转移,这是土壤科学发展过程中的一次重大飞跃。通过研究土壤质量的演变规律,不仅能了解土壤与水、气、生之间物质能量交换及其对生态环境和人类健康的影响,而且能极大地丰富和扩充现有土壤学理论。

在土壤资源持续利用的实践中,人们认识到土壤质量是一种指示土壤动态变化最敏感的方法,它既能反映土壤管理的变化,也能反映土壤恢复退化的能力。正是基于这样的认识,1991 年在美国首次召开了土壤质量问题学术讨论会,1992 年紧接着召开了第二次学术讨论会,并于 1994 年正式出版了《土壤质量与持续利用 (Defining Soil Quality for a Sustainable Environment)》一书。这两次学术讨论会着重探讨了土壤质量的指标、定量化方法以及土壤

质量与土壤特性和适度利用之间的关系,明确了土壤质量应从生产力、环境质量、动植物及人类健康三个方面进行评价,而高质量土壤的定向培育也应以上述三个方面为目标。不少科学家对土壤质量的定义、指标与定量化方法;土壤质量评价与土壤特性、土壤利用适宜度之间的关系;国家级与全球土壤质量的评价模型与监测指标、土壤质量管理与长期土地利用对环境的影响等方面都作了深入的探讨。1997 年 11 月在韩国召开了“土壤质量管理与健康的农业生态系统建设”国际学术讨论会,1998 年在法国召开的第 16 届国际土壤学会会议上都把土壤质量的学术问题作为重要内容。许多学者认为研究土壤质量的演变过程是防止土壤质量退化,构建良性生态系统的最重要的部分。但在世界范围内,土壤质量概念的形成还是初步的,对土壤质量指标的确定、评价体系的构建、演变规律、影响因子以及调控机理和措施还没有系统深入的研究。中国科学院南京土壤研究所从 1999 年开始主持了国家重点基础研究规划项目“土壤质量演变规律与持续利用”,就土壤质量问题开展了系统研究,其研究成果不仅能推动中国土壤学的发展,对国际土壤学也会产生重要影响。

## 2.2 圈层物质和能量交换理论

社会发展使土壤学的研究领域不断拓宽,作为岩石圈、水圈、大气圈和生物圈交汇界面的土壤圈在生态系统中的作用日益受到科学家们的关注,环境科学和生态学涉及的土壤科学问题也越来越多。土壤圈是一个活的、呈动态变化的自然体,土壤圈中的物质和能量每时每刻都在固相、液相和气相之间进行交换,与此同时,土壤圈与岩石圈、水圈、大气圈和生物圈之间也每时每刻存在着物质和能量的交换。因此要解决土壤、农业、环境和生态中存在的问题,就必须研究土壤圈与岩石圈、水圈、大气圈和生物圈的物质和能量的交换过程和机理。土壤圈的概念最早是 Matson 于 1938 年根据物质循环理论提出的,认为土壤圈是岩石圈、水圈、大气圈和生物圈相互作用的产物。但在 20 世纪 60 年代前,人们更多关注的是岩石圈、水圈、大气圈和生物圈对土壤圈的影响,而很少注意土壤圈对岩石圈、水圈、大气圈和生物圈的反馈作用。



人类活动在改变土壤性质和质量的同时,也极大地促进了土壤与水体和大气之间的物质和能量交换,并对水体和大气质量产生显著的影响。随着全球环境问题的日益突出,土壤圈与其它圈层间物质和能量的界面交换机理及其环境效应,已成为 20 世纪 80 年代以来环境科学和土壤学的研究热点之一。国际土壤学界近年来在养分和污染物从土体向水体的迁移及水体富营养化,养分和污染物在根际的迁移转化,农田温室气体排放对农田生态系统的影响及农田生态系统对全球变化的响应等方面做了大量的研究工作。我国在土壤与植物根系的相互作用及根际养分迁移转化规律研究中取得显著进展,在世界范围内产生了积极的影响;在土壤生态系统  $\text{CH}_4$  和  $\text{N}_2\text{O}$  等温室气体的生成、排放等方面的研究获得了有意义的成果,特别是稻田甲烷排放量的研究为国际上对稻田甲烷排放的正确估计作出了重要贡献。FACE(Free-Air  $\text{CO}_2$  Enrichment)研究平台的建立和运行,为我国探明农田生态系统对全球变化的响应提供了理想的研究基地,将为我国未来农业发展战略提供科学依据。然而,土壤圈与岩石圈、水圈、大气圈和生物圈之间物质和能量交换的研究工作还不够深入和系统,特别是缺少理论上的探索,需要从宏观与微观尺度深化对土壤圈层及界面间物质和能量交换规律及其对土壤质量和环境的影响机理的认识,创立比较完整的土壤圈层理论。

### 2.3 可变电荷土壤特性

我们在回顾土壤学发展历史时,不得不承认土壤学理论所具有的先天不足。传统的土壤学理论是 19 世纪在欧洲建立起来的,其基础是温带土壤矿物的恒电荷特性,而以此基础建立起来的土壤学理论很难适应亚热带和热带的可变电荷土壤。土壤颗粒带有表面电荷是土壤具有肥力和影响环境质量的根本原因。土壤表面电荷包括永久(恒)电荷和可变电荷。20 世纪 60 年代以后,由于对热带、亚热带地区土壤的研究日益增多,科学家们逐渐认识到这些土壤所带的表面电荷具有很大的可变性。1981 年国际土壤学会召开了“可变电荷土壤会议”,掀起了研究可变电荷土壤的热潮,而近 10 多年来对这类土壤的大量研究结果表明这类土壤的表面化学性质

明显不同于恒电荷土壤。

由于可变电荷土壤与恒电荷土壤的表面化学性质明显不同,从而影响土壤对各种养分离子的保持能力、养分离子向植物根系表面的迁移能力、土壤酸碱和氧化还原的缓冲能力以及土壤中污染物质的生物有效性等。因此,在农业生产和生态环境中对这两类土壤的利用和管理措施也应有所差异。我国可变电荷土壤(红壤)面积广大,其研究在农业生产和环境保护上具有重要意义。此外,可变电荷土壤主要分布在科学欠发达的第三世界国家,目前对这类土壤的认识较少。因此,我国对可变电荷土壤的研究成果将对国际土壤学的发展产生深远影响。

近年来,我国在可变电荷土壤研究方面创建了一些有鲜明特色的土壤电化学研究方法,并用这些方法观测到新的土壤化学现象,提出了新的学术观点,开辟了一些新的学术领域。通过比较研究,我们较系统地阐明了可变电荷土壤和恒电荷土壤的表面电化学特征,从本质上揭示了两类土壤表面化学性质的异同,丰富了土壤化学的内容。可变电荷土壤的微观研究方面取得的重要进展,为创立新的土壤化学理论体系奠定了基础,并将对其它土壤学分支学科的发展产生重要影响。

### 2.4 土壤高强度利用与环境协调理论

我国耕地资源的数量不足和质量不高,使我国农业不得不提高复种指数和增施农用化学品以提高土壤产出,保障社会对粮食、纤维以及其它农产品的需求。而高强度的土壤利用和不合理的管理技术,导致许多地区土壤质量发生退化,如在一些生态脆弱区,水土流失和荒漠化面积不断扩大,使生态环境进一步恶化;而在一些农业主产区,土壤肥力退化明显或养分非均衡化不断加大,导致土壤生产力显著下降;外源物质(化肥、农药、污染物等)大量进入农田,土壤污染程度加重,由此而引起的面源污染导致水质下降;农产品中有害物质含量提高,质量下降;温室气体排放增加引发全球气候变化等。

我国是世界上土壤资源利用强度最高的国家之一。人均耕地资源不足的客观实际不仅仍然需要充分发挥土壤的农业生产功能,又必须有效地防治

高强度利用过程中的土壤环境与生态问题。这些客观需求决定了国外的土壤质量培育理论不能适应我国的实际需要,同时我国几千年来形成的以施用有机肥为主的土壤质量培育理论目前也已无法满足耕地日趋减少和人口日益增加条件下对食物生产的需求。因此,我国必须本着着重研究土壤质量演变过程与机制的基础上,建立实现作物持续优质高产,环境负面效应最小的土壤质量调控与培育理论及相应的技术体系。建立土壤高强度利用与环境协调理论,就是要在利用土壤生产功能的同时,发挥土壤的环境净化、保护功能。我们对土壤资源的利用与管理要达到比欧美发达国家更高的目标,即在高度集约化条件下,既要保持农作物的高产出和高质量,又要保证投入的高效益和生产过程的环境友好。可以预见,我国土壤高强度利用与环境协调理论的研究成果不仅将对我国土壤学的发展发挥重要作用,而且对国际土壤学的发展也将做出重大贡献。

主要参考文献

1 Blum W. E. H. Challenges for soil science at the dawn of the 21<sup>st</sup> century. In Kheoruenromne I. and Theerawong S ed. Soil Science: Accomplishments and Changing Paradigm Towards the 21<sup>st</sup> Century. Bangkok, Thailand, 2000, 1-5.

2 De Kimpe C. Accomplishments and progress on study in soil and environment. In Kheoruenromne I. and Theerawong S. ed. Soil Science: Accomplishments and Changing Paradigm Towards the 21<sup>st</sup> Century. Bangkok, Thailand, 2000, 39-47.

3 Huang P M. Environmental Soil Chemistry and Human Welfare. In Kheoruenromne I. and Theerawong S. ed. Soil Science: Accomplishments and Changing Paradigm Towards the 21<sup>st</sup> Century. Bangkok, Thailand, 2000, 69-79.

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——参加第 17 届国际土壤学大会综述. 土壤, 2002, 34 (5): 237-256.

Social Demand and Development of Soil Science in Early 21<sup>st</sup> Century

Zhou Jianmin

(Institute of Soil Science, CAS, 210008 Nanjing)

**Abstract** Social demand and development of soil science in China in 21<sup>st</sup> century is briefly demonstrated in this paper. Food Security including quantity, quality, economy, and ecology security for food production is believed to be closely related to soil quality and soil utilization. Chinese soil scientists should pay more attention to the following aspects to promote the development of soil science:(1)new concept of soil quality; (2) theory on exchange of matter and energy between pedosphere and atmosphere, hydrosphere, lithosphere, and biosphere;(3)Characteristics of variable charge soils; (4) Theory on intensive use of soil and environmental production.

**Keywords** Soil Science, Agriculture, Environment, Development

**周健民** 南京土壤研究所所长, 研究员。1956 年 7 月出生。1982 年获南京大学化学系学士学位, 1985 年获南京土壤研究所硕士学位, 1995 年获加拿大萨斯喀彻温大学博士学位。回国后, 先后任土壤所研究室副主任、主任, 所长助理、副所长、所长。现为中国土壤学会常务副理事长、中国植物营养与肥料学会副理事长。长期从事土壤肥力和肥料及土壤化学的研究工作, 为国家重点基础研究规划(“973”)项目“土壤质量演变规律与持续利用”的首席科学家。