



## 论我国土壤保护宏观战略\*

文 / 赵其国 骆永明

中国科学院南京土壤研究所 南京 210008

**【摘要】**从土壤安全角度研究我国土壤保护战略问题,对持续利用和保护土壤资源,改善土壤环境质量,保障农业生产与食物质量安全具有重大的现实意义和深远的历史意义。文章在分析我国土壤存在的主要问题的基础上,提出了我国土壤保护宏观战略研究中亟需解决的一些关键问题,即土壤保护的战略思想、战略方针、战略目标、战略任务及战略重点,保护战略的实施对策,以及土壤安全工程创建思想,为制定国家土壤安全战略规划提供指导。

**【关键词】** 土壤资源,土壤保护,宏观战略,土壤安全工程

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.2015.Z1.004

### 1 我国土壤保护的战略意义

“民以食为天”,“土壤是万物之本、生命之源”。土壤是人类赖以生存、兴国安邦、文明建设的基础资源。土壤圈是地球表层系统最为活跃的圈层,是联接大气圈、水圈、岩石圈和生物圈的核心要素<sup>[1,2]</sup>。人类消耗的80%的热量,75%以上的蛋白质及大部分纤维,都直接来源于土壤,它不但为植物与动物提供良好的生态环境,也为人类提供良好的生活环境。过去的农业“八字宪法”中“土”摆在首位。我国早在2007年就将土壤保护战略作为重要环境要素战略之一。国

际上高度关注土壤资源安全利用。2013年12月20日第68届联合国大会决议通过了12月5日为世界土壤日,并宣布2015年为“国际土壤年”,主题为“健康土壤带来健康生活”。2014年7月,第20届世界土壤学大会的主题是“土壤拥抱生命和万物”。可见,土壤与地球——生命密切关联,保护土壤的安全,也就是保护生态环境的安全,生命的安全,它与整个国家与民族的安全密切相关,必须引起高度关注。当前,随着新型工业化、信息化、城镇化、农业现代化同步发展,我国土壤问题日趋突出,不仅威胁到国家食物安全、生态安全和人体健康,还影响到社会稳定、投资贸易和环境外交,制约了我国社会经济的可持续发展和生态文明建设。

\* 基金项目:国家自然科学基金重点项目(41130532)

修改稿收到日期:2015年6月3日



中国科学院

设。因此,针对我国土壤资源、肥力、生态和环境中的突出问题,以改善土壤质量、保障粮食安全、生态环境安全和人体健康为目标,提出适合我国国情的土壤保护宏观战略思想、战略任务、战略重点以及战略实施对策,构建人地和谐、永续利用的中国土壤安全保护体系,是新时期土壤环境保护工作的迫切需要。它对持续利用保护土壤资源,改善土壤生态环境质量,保障粮食数量安全、食品质量和城乡人居环境健康,促进国家全面建设小康社会和生态文明,都具有重大的现实意义和深远的历史意义。

## 2 我国土壤存在的主要问题

### 2.1 土壤资源减少,土壤退化加速

我国地域辽阔,自然条件复杂,土壤资源极为丰富。土壤资源的特点是土壤类型多,绝对数量大,人均土壤资源拥有量少,人均耕地仅  $0.30 \text{ hm}^2$  (世界人均约  $0.37 \text{ hm}^2$ )。目前我国土壤资源存在的主要问题:(1)耕地损失较大。据国土资源部《2014年国土资源公报》数据,全国现有耕地面积  $13\,516.34 \text{ 万 hm}^2$ 。大部分耕地后备资源的质量很差,地力也随即不断减退,粮食生产徘徊不前,可见,只有通过合理利用土地资源及不断提高其对粮食增产的承载力,才是解决这一问题的正确途径。(2)土壤退化。根据《2013年中国环境状况公报》,中国现有土壤侵蚀总面积  $294.91 \text{ 万 km}^2$ ,占国土面积的  $30.72\%$ 。我国目前拥有各类可利用盐碱地资源约  $5.5 \text{ 亿亩}$ ,其中具有农业利用前景的盐碱地总面积  $1.85 \text{ 亿亩}$ ,未治理改造的盐碱障碍耕地  $0.32 \text{ 亿亩}$ ,尚未利用和新形成的盐碱荒地  $1.53 \text{ 亿亩}$ 。我国石漠化土地总面积为  $12.96 \text{ 万 km}^2$ 。土壤酸化面积占国土面积的  $40\%$  以上,尤以南方为重。可见,当前我国土壤资源面临着水土流失、耕地肥力下降、土地荒漠化、土壤盐渍化、土壤石漠化及土壤酸化等诸多土壤退化的突出问题,构成了对我国生态安全的严重威胁。

### 2.2 土壤肥力失衡,耕地需加培育

我国耕地土壤化肥,氮、磷、钾的投入比例为  $1$

:  $0.41:0.27$ ,与合理施肥水平有明显差距,同时肥料利用率氮肥  $30\%—35\%$ ,磷肥  $10\%—20\%$ ,有机肥未能充分利用,大量养分进入环境损失。目前制约肥料高效利用的因素是,氮素在土壤中易于损失,磷肥固定强烈,有机无机肥料配比不调,未能平衡施用,优化施肥方法也不能适应发展需要。因此,今后应在土壤肥料养分持续高效利用研究基础上,最大限度地提高肥料利用率,做到合理平衡施肥,以不断加强耕地肥力培育,提高农业全面增产。

### 2.3 土壤污染加速,区域污染突显

近30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<sup>[3,4]</sup>。全国土壤污染状况调查结果显示,全国部分地区土壤污染较重,耕地土壤环境质量堪忧,工矿业废弃地土壤环境问题突出。全国土壤总的点位超标率为  $16.1\%$ ,其中轻微、轻度、中度和重度污染点位比例分别为  $11.2\%$ 、 $2.3\%$ 、 $1.5\%$  和  $1.1\%$ 。从土地利用类型看,耕地、林地、草地土壤点位超标率分别为  $19.4\%$ 、 $10.0\%$ 、 $10.4\%$ 。从污染类型看,以无机型为主,有机型次之,无机污染物超标点位占全部超标点位的  $82.8\%$ 。从污染物超标情况看,镉、汞、砷、铜、铅、铬、锌和镍8种无机污染物点位超标率分别为  $7.0\%$ 、 $1.6\%$ 、 $2.7\%$ 、 $2.1\%$ 、 $1.5\%$ 、 $1.1\%$ 、 $0.9\%$  和  $4.8\%$ ;六六六、滴滴涕、多环芳烃3类有机污染物点位超标率分别为  $0.5\%$ 、 $1.9\%$  和  $1.4\%$ 。从污染分布情况看,南方土壤污染重于北方;长江三角洲、珠江三角洲、东北老工业基地等部分区域土壤污染问题较为突出,而这些地区正是我国主要的粮食产区。特别值得注意的是,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。

### 2.4 科技支撑薄弱,亟需技术创新

虽然我国土壤污染基础调查、污染土壤的物

理修复、化学修复和生物修复等方面取得了显著进展,但与发达国家相比还存在很大的差距。我国在土壤污染控制和受污染土壤修复的技术、材料、工艺和设备等研发工作均起步较晚,基础研究薄弱,尤其在许多技术方面仍为空白。当前亟需针对农田、矿区土壤污染和工业污染场地土壤等修复,开展具有自主知识产权的修复技术创新,形成可供选择的系统性修复技术、设备及管理体系。

## 2.5 保护意识薄弱,法规有待健全

近年来,我国对土壤保护问题的认识和重视虽有所提高,但对土壤资源、土壤质量、土壤功能及土壤的社会价值认识尚显不足,缺乏倡导公众自觉、积极保护土壤的意识。2015年1月,我国虽颁布了《中华人民共和国环境保护法》,但在土壤环境质量基准及标准制定方面尚缺乏明确的规定与界限,致使政府有关部门,难以通过“法制”在土壤污染防治上起到实质性的推动作用。这种情况必须引起国家有关部门重视并希望尽快加以解决。

# 3 中国土壤保护的宏观战略

## 3.1 指导思想和战略方针

### 3.1.1 指导思想

在建设创新型国家,实现中华民族伟大复兴中国梦的精神指导下,以“人地和谐,地力常新,安全健康,永续利用”为土壤保护的出发点,以流域性、区域性、城乡工矿区土壤障碍及污染问题综合防治为重点,构建具有我国特色的“土—水—气—生—人”一体化的土壤圈研究体系,建立适合国情的融“预防—控制—修复—监管”为一体的土壤圈管理体系;通过全面实施土壤保护战略,稳固维系中华民族繁荣与文明发展的土壤资源数量和质量的根基,保障国家粮食安全、环境安全、生态安全和国民健康,促进全面小

康和生态文明社会的全面建设。

### 3.1.2 战略方针

面对现阶段和未来相当长一段时期显现或潜在的土壤资源退化和土壤环境污染问题,统筹土壤资源保护与社会经济建设,统筹土壤肥力维护与农业持续发展,统筹土壤生态建设与生物多样性保护,统筹土壤污染治理与人居环境安全保障,统筹土壤合理利用与全球变化影响,统筹服务土壤保护的中央、地方政府和社会各方资源投入;坚持“土壤利用与土壤保护同步,土壤数量与土壤质量并重”,坚持预防为主,综合治理,坚持土壤分区分类保护;依靠科技进步,强化土壤环境保护法治,提高社会公众的土壤保护意识,长期不懈地努力建设具有中国特色的土壤安全保护体系<sup>[6]</sup>。

### 3.1.3 战略目标

以维护土壤生态功能、改善土壤环境质量,保障农业生产、食物安全和人体健康为目标,查明全国土壤资源数量和质量状况,提高土壤肥力和净化功能,有效避免、遏制或消除土壤资源退化和土壤环境污染;积极推进土壤科技创新,发展土壤圈层理论和新兴研究方法,建立土壤退化和土壤污染的预防控制修复技术应用体系,创新现代土壤科学,促进土壤科技进步和专业队伍建设;不断完善中国土壤保护法制、体制和机制,提升土壤质量监管能力,逐步健全国家土壤保护体系。最终创建“我国土壤安全工程体系”。

为实现以上总体目标,分别确定近期、中期和长期的土壤保护阶段性目标。

(1)近期目标(2020年):建立和健全我国土壤保护法制、体制和机制,初步建立国家土壤保护体系,实现土壤资源数量和质量的有效监管;进一步摸清全国土壤资源数量和质量状况,提升土壤保护科技研究水平;



中国科学院



使土壤污染退化趋势总体得到有效遏制,对食品安全、饮用水资源和人群健康构成重大隐患的土壤污染区得到有效治理,生态环境脆弱区和农业主产区的土壤保护取得阶段性成效。

(2)中期目标(2030年):进一步完善国家土壤保护体系,健全土壤保护监管体系,全面提升国家土壤科技研究和教育水平;基本遏制区域土壤资源退化和环境污染趋势,修复具有不可接受的高风险土壤污染区,使全国土壤环境质量状况明显改善。

(3)长期目标(2050年):基本消除土壤污染区,总体稳定土壤退化区;全面改善土壤生态功能和土壤环境质量;健全国家土壤保护体系与科学技术支撑体系;土壤资源持续利用和生态环境保护工作整体进入与国家社会经济发展水平相适应、符合生态文明要求的良性循环阶段。

## 3.2 六大战略任务

### 3.2.1 保护土壤资源,提高利用潜力

掌握我国土壤资源数量、质量动态变化状况和突出环境问题,建立全国土壤资源和土壤质量数据信息系统,实施生态环境脆弱区的土壤保护,进一步加大区域水土流失、沙尘暴源头区和退化土壤的治理力度,使全国水土流失、草地退化、沙漠化、盐碱化和石漠化面积扩大趋势得到有效控制,退化区得到明显治理恢复。加强重要生态保护功能区(如水源涵养区、洪水调蓄区、防风固沙区、水土保持区及重要物种资源集中分布区等)和自然保护区的土壤保护和治理,使土壤环境质量达到满足保护生物和水质的标准<sup>[6]</sup>。

### 3.2.2 加强耕地建设,促进“三农”发展

加强耕地数量与质量建设,加大对农业主产区基本农田的土壤保护力度,严守耕地基本红线,通过“强农业、富农民,美农村”,促进“三农”发展。要坚定不移地加快转变农业发展方式,尽快转到数量质量效益并重、注重提高竞争力、注重农业技术创新、注重可持续的集约发展上来,走产出高效、产品安全、资源节约、环境友好的现代农业

发展道路。要深化农村各项改革,完善强农惠农政策,完善农产品价格形成机制,完善农业补贴办法,强化金融服务。要完善农村土地经营权流转政策,搞好土地承包经营权确权登记颁证工作,健全公开规范的土地流转市场。要完善职业培训政策,提高培训质量,造就一支适应现代农业发展的高素质职业农民队伍。

### 3.2.3 保护生态安全,防治环境污染

从生物与环境安全,即“生态安全”的措施出发,针对土壤不同污染渠道,从源头防止土壤污染。严格控制大气酸沉降,有效防治土壤酸化过程;建立基于风险的土壤环境质量评估与管理体系统;有计划、分步骤地综合整治城乡土壤污染,有效修复和基本消除高风险的土壤污染区,保护农产品与食品安全,加强城乡人居环境安全与人体健康保护工作;明确我国土壤环境质量现状、污染来源、污染途径与风险,构建基于风险的农田及场地土壤和地下水污染治理与修复关键技术及装备体系。建立污染农田土壤修复工程,污染场地及其含水层的修复示范工程。实现全国土壤及其含水层的“综合防控、持续利用”目标。全面形成区域土壤和地下水污染控制、综合治理及成套修复技术与装备体系,建立污染农田土壤修复工程,污染场地及其含水层的修复示范工程。重点区域农田土壤环境质量全面达到国家土壤环境质量标准,实现企业场地污染净化和功能恢复。建立国家土壤环境监测、预警与信息管理平台。提高城乡环境质量,保障土地和地下水资源可持续利用,实现“土净食洁居安”的战略目标。

### 3.2.4 制定科技战略,突出环境管理

实施国家土壤环境科技创新、土壤环保标准体系建设和土壤环境技术管理体系建设等任务。开展基础理论、环境标准和高新技术推广应用研究,形成一套有机联系的土壤环境科技创新体系。加强长期、稳定的土壤科学研究和关键技术开发,有针对性地系统研究全国性和区域性土壤保护科学问题,认识和掌握土壤障碍问题成因与



质量演变规律;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,构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,科学建立土壤质量基准和保护标准体系;在土壤环境监测、土壤退化以及土壤污染控制和修复、耕层土壤保护、土壤次生盐碱化防治

和土壤肥力平衡等技术及设备方面,形成适合国情的自主创新研发体系。

### 3.2.5 健全完善法制,确保项目实施

建立和完善土壤保护法制、体制和机制,构建基于风险的我国土壤保护体系。研究并颁布土壤保护的国家法律和地方法规,制定相关政策,实施土壤环境质量标准战略;建立严格的土壤保护责任制度,经济赔偿和投入机制,毁损和污染土壤的经济、刑事惩罚制度和行政问责制度等;建立生态补偿制度和管理机制;完善国家和地方土壤保护监管机构,建立有效的土壤监测网络;培育土壤保护的市场经济机制,加强土壤保护宣传教育,提高人民群众的土壤保护意识和生态文明程度。

### 3.2.6 突出区域特点,加强保护对策

我国地域辽阔,自然条件复杂,土壤类型多样性,空间分异性及性状差异性显著。针对自然生态环境及土壤的差异,需要制定针对性和区域差异性的土壤保护战略措施。可将我国陆地国土划分为东部沿海经

济发达地区、中部粮食主产区、华北内蒙地区、东北老工业基地、西部生态脆弱区、高寒地区六个重点区域,并提出各重点区域的土壤保护的主要对策(图1)。

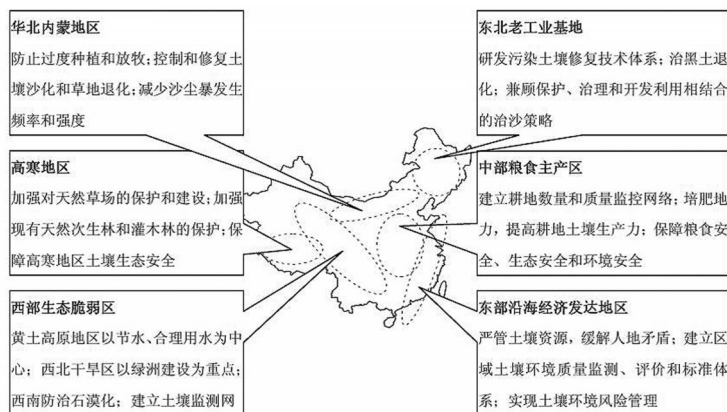


图1 中国重点区域土壤保护对策

## 3.3 创建土壤安全工程,保障国泰民康

土壤与“地球及生命”息息相关,因此,创建“土壤安全工程”既是保护土壤安全的屏障,也是保护生态环境安全、民生安全,整个国家及民族安全的坚实基础。创建“土壤安全工程”的途径有两个方面:(1)从土壤本身所具有的功能创建“土壤安全工程”。这是因为土壤本身具有七大功能(生物质生产、营养物质和水的储转、生物多样性、物理与文化环境、原料来源、碳库、地质与文化遗产)。通过这些功能,它能应对全球土壤的六大挑战(食品安全、能源安全、水源安全、气候变化治理、生态多样性保护、生态系统服务),达到“土壤安全”的目的。(2)从土壤环境综合治理的角度创建“土壤安全工程”。首先,土壤污染的产生与发展受土壤圈层关系的制约,因此必须从圈层中水、土、气、生因素界面对土壤污染的源与汇的关系进行治理(图2)。其次,土壤污染治理的核心是必须解决“污土”与“净土”的矛盾。如同大气是解决“蓝天”与“霾天”,水体是解决“碧水”与“浊水”的矛盾一样,必须在解决

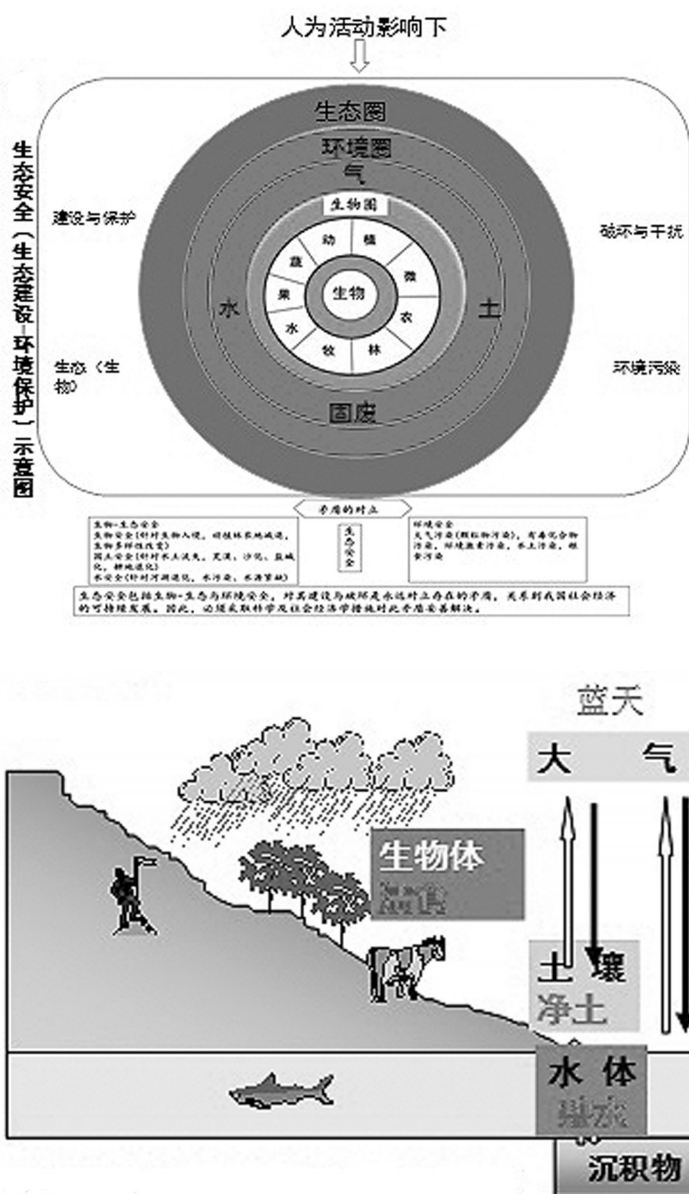


图3 污染物多介质循环污染及环境、健康效应

“净土”的基础上,统筹解决蓝天与碧水的问题,有了“蓝天常在,碧水长流,净土常存”,最终才有“洁食”,才会有土壤安全、生命安全(图3)。

综上所述,我国“土壤安全工程”的构建,正是“中国土壤保护宏观战略”的最终目标,它的构建体系是由上述土壤保护六大战略任务与“土壤安全工程”的两个途径共同组成,这是一项科学理论与实践相结合的系统工程,今后尚有待通过研究与实践验证。

### 参考文献

- 1 赵其国. 发展与创新现代土壤科学. 土壤学报, 2003, 40(3): 321-327.
- 2 赵其国, 史学正, 等. 土壤资源概论. 北京: 科学出版社, 2007.
- 3 骆永明, 等. 土壤环境与生态安全. 北京: 科学出版社, 2009.
- 4 骆永明, 滕应. 我国土壤污染退化状况及防治对策. 土壤, 2006, 38: 505-508.
- 5 赵其国, 骆永明, 滕应. 中国土壤保护宏观战略思考. 土壤学报, 2009, 46(6): 1141-1145.
- 6 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, 2009.

## The Macro Strategy of Soil Protection in China

Zhao Qiguo Luo Yongming

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

**Abstract** Research on China's soil protection strategy from soil security perspective is of great significance for sustainable use and protection of soil resources, improvement of soil quality, and ensuring agricultural production and food safety. Based on the analysis of major current soil problems, this paper puts forward some key issues on macro-strategy for soil protection that urgently need to be solved in China. These issues include the strategic thinking, strategic principle, strategic target, strategic mission and strategic emphasis, the implementation of the strategy of protection countermeasures, and soil security engi-



neering. This paper provides a useful guidance for national soil security strategy planning in China.

**Keywords** soil resources; soil protection; macro strategy; soil security engineering

**赵其国** 土壤学家, 中科院院士, 中科院南京土壤所研究员。曾任中国土壤学会理事长, 国际土壤学会盐渍土分委员会主席, 国际土壤学会土壤环境委员会第一副主席, 国际山地研究中心理事, 江苏省和南京市科协副主席。长期从事中国及世界土壤地理与土壤资源研究。在热带土壤发生方面, 首次明确提出中国红壤具有古风化过程及现代红壤化过程两种对立统一的特征。提出“土壤圈”研究的新方向, 建立了“土壤圈物质循环开放实验室”。提出南方红壤分区整治、退化土壤改良, 以及土壤生态与环境评价的多种规划与开发方案。曾建议并参与国家“土壤质量”及“东南环境质量”等“973”研究项目, 对农业与环境、生态可持续发展, 农业清洁生产等重大问题均参与咨询与研究。2008—2011年参与“中国至2050年农业科技发展路线图”研究并担任组长。近年来提出了发展我国“生态高值农业”的理念与建议。曾获中科院竺可桢奖、国际道库恰也夫奖、第四届日经亚洲大奖等国际、国家及中科院奖20次。发表专著21本, 论文400余篇, 已培养研究生100多名。E-mail: qg-zhao@issas.ac.cn

**Zhao Qiguo**, a distinguished soil scientist, academy member of the Chinese Academy of Sciences and PhD. supervisor of graduated school of Chinese Academy of Sciences. Previously, he served as Chairman of Soil Science Society of China, Chairman of the International Soil Science Society of Saline Soil Sub-Committee, Vice-Chairman of Soil and Environment Committee, Academic Member of International Mountain Research Center, Vice President of Science & technology Association of Jiangsu Province and Nanjing City. Dr. Zhao has been dedicated to the research on soil geography and soil resources in China as well as internationally. During the study of tropical soil, he proposed that the Chinese red soil has both the opposite and unified features of ancient weathering and modern rubefaction processes. He also puts forward the evaluation plan for utilizing the tropical crops based on the thermal conditions and soil properties, which provided the scientific reference for compiling the tropical crop development plan and distribution. In recent years, he has pointed out pedosphere theory as a new direction of soil science and established the Open Laboratory of Material Cycling in Pedosphere to promote the development of soil science. Based on the long-term study of southern red soil, he has proposed and participated in research projects of Major State Basic Research and Development Program of the People's Republic of China (973 program) on “soil quality” and “the southeast environmental quality”. Besides, he has also provided advices for decision-making of government on the major issues such as agriculture and environment, ecologically sustainable development, and agricultural cleaner production. From 2008 to 2011, as a team leader, he participated in the research on Chinese Roadmap to the Year of 2050 for the development of agricultural science and technology. He has won 20 domestic and international awards by now, such as Zhu Kezhen Award from Chinese Academy of Sciences, Dokuchaev Basic Soil Science Award, Nikkei Asia Award and so on. He published 21 monographs, over 400 scientific papers, and trained more than 100 postgraduates. E-mail: qgzhao@issas.ac.cn



中国科学院