

中国土壤学会第十次全国会员代表大会暨
文集
第五届海峡两岸土壤肥料学术交流研讨会

面向农业与环境的土壤科学

综 述 篇



2004年7月 沈阳



科学出版社

www.sciencep.com

中国科学院沈阳应用生态研究所出版基金资助出版

中国土壤学会第十届全国会员代表大会暨文集
第五届海峡两岸土壤肥料学术交流研讨会

面向农业与环境的土壤科学

综 述 篇

中国土壤学会
2004年7月 沈阳

科学出版社
北 京

内 容 简 介

本书内容涵盖了土壤科学发展、土壤质量与环境保护、植物营养与施肥、土壤化学、土壤微生物、台湾地区土壤科学研究与精准农业等,多为近期研究新成果、新技术的总结与概括,对指导我国今后农业的发展,提高人们保护环境意识,提高农业粮食安全生产具有重要价值和指导意义。

本书可供广大农业、环保、土壤工作者及相关大专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

面向农业与环境的土壤科学/石元亮等编. —北京:
科学出版社, 2004. 6

ISBN 7-03-013449-4

I. 面... II. 石... III. 土壤学: 肥料学—文集
IV. S158-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 044430 号

责任编辑:孟宪奎/封面设计:石元亮、肖海福

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码 100717

<http://www.sciencep.com>

吉林农业大学印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

2004 年 7 月第一版

开本: 787 × 1 092 1/16

2004 年 7 月第一次印刷

印张: 31 1/4

印数: 1-1 100

字数: 700 000

定价: 70.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

编辑委员会

主 编：周健民 石元亮

副主编：孙桂芳 臧 双

编 委：(按姓氏笔画为序)

王秋兵 石元亮 刘作新 孙 毅

孙桂芳 李金凤 汪 仁 肖笃宁

张玉龙 张旭东 张继宏 须湘成

臧 双

序

《面向农业与环境的土壤科学》是为迎接中国土壤学会第十届全国会员代表大会暨第五届海峡两岸土壤肥料学术交流研讨会而出版的一本综合性论文集。文集围绕“面向农业与环境的土壤科学”这一主题,共收集编入论文 58 篇,涵盖了土壤学科发展、土壤环境、植物营养与肥料、土壤与施肥管理、土壤微生物以及相关边缘交叉学科的研究现状、研究前沿与研究动态,从多角度概述了国际及我国近年来土壤与肥料(植物营养)学的最新进展情况,对指导我国今后农业的发展,提高人们保护环境意识,提高农业粮食安全生产具有重要价值和指导意义。

本文集由中国土壤学会主编,辽宁省土壤学会组织编辑,在出版审核工作和编审的过程中,中国科学院沈阳应用生态研究所和沈阳农业大学的专家、教授做了大量的工作,同时得到了科学出版社的大力支持,在此一并表示感谢。

本书作为这次大会的核心材料,以期能促进土壤科学的发展。

朱 北 良

2004 年 3 月 12 日

前 言

跨入 21 世纪,我国的社会主义现代化事业进入到新的改革和发展阶段。随着科学发展观的确立,协调和可持续发展的思想更加深入民心。作为农业基础学科与生态环境支撑学科的土壤科学,面临着发展与创新的机遇,也面临着繁重的使命和严峻的挑战。秉承中国土壤学会的决定,于 2004 年 7 月 26 ~ 29 日在沈阳召开中国土壤学会第十届会员代表大会暨海峡两岸土壤肥料学术交流研讨会。为保证这次会议顺利、成功地召开,在中国土壤学会指导下承办单位辽宁省土壤学会(包含中国科学院沈阳应用生态研究所、沈阳农业大学、辽宁省农业科学院土壤肥料研究所、辽宁省土壤肥料总站等)进行了周密的筹备工作,并分别向海峡两岸的专家学者征邀论文。经筹备组认真参阅,从中选出与主题密切相关的 58 篇论文编辑成此论文集。

文集紧密围绕大会主题,包括以下几个方面的内容:土壤科学的创新与发展;世界土壤科学研究的新动向、新进展;土地资源与环境保护;区域可持续发展与现代土壤科学;土壤培肥与化学肥料利用;作物营养与施肥;土壤化学;土壤微生物;台湾地区土壤科学研究与精准农业;土壤分类、制图;土壤科学与教学;土壤科学新技术应用等。

论文多为近期研究的新成果、新技术的总结与概括,贴近实际,富于创新,有很强的理论和应用价值,是一本高水平的综合性论文集。

希望本文集的出版能对我国土壤科学、农业科学与环境科学乃至农业高产、优质、高效及可持续发展做出贡献!

在文集的编辑出版过程中,须湘成、张继宏、郭鹏程、金耀青、郭爱民、高玉山、林秀峰、张启发等先生做了大量工作,中国土壤学会第九届理事长朱兆良院士提笔作序,在此一并表示感谢!

由于编辑水平有限,文集中缺点、错误及不当之处,恳请广大读者指正。

肖笃宁

2004 年 3 月 28 日

目 录

土壤科学的创新与发展	赵其国(1)
我国土壤氮素研究中的某些进展	朱兆良(7)
土壤电化学	于天仁 季国亮(13)
环境土壤学与污染土壤生态修复	孙铁珩(22)
新世纪中国土壤学面临的任务	周健民(29)
添加化学改良剂及 EDTA 对于植物累积重金属之影响	赖鸿裕 李泽铭 陈尊贤(36)
土壤酶学研究的新近进展	周礼恺 陈冠雄 陈利军等(44)
精准农业研究进展	金继运 白由路(53)
我国农业发展现状与化肥需求趋势	高祥照 马常宝 杜 森(66)
当今土壤科学面临的挑战与土壤化学基础研究侧重点和前沿	李学垣(81)
保护地土壤水分管理与土壤退化防治	张玉龙(88)
十多年来我国植物营养研究的部分进展与启示	张福锁 马文奇 李 隆等(96)
锆与铈在红壤与富铁碳酸钙土壤中的吸附动力学研究	江博能 王明光(104)
台湾中、南部水稻田、旱田氧化亚氮之排放量	赵震庆 王树仁(113)
中国稻田 CH ₄ 排放减缓对策	蔡祖聪 徐 华(117)
我国土壤-植物营养研究的进展	李生秀(126)
我国 1:100 万土壤数据库及其应用	史学正 于东升 潘贤章等(142)
我国土壤环境保护的研究进展	陈怀满 郑春荣 周东美(146)
土壤动物对土壤质量的影响及研究展望	胡 锋 刘满强 李辉信(160)
中国土壤侵蚀与水土保持的态势和土壤科学的任务	唐克丽(174)
质材之添加对强酸性土壤剖面酸性及钙和钾有效性的改良效应	陈仁炫 徐琳媛(182)
中国土壤遥感与信息系统技术研究的新进展	曾志远 潘建军 史 舟等(194)
森林土壤学科研究现状与发展趋势	杨承栋 焦如珍 孙启武(200)
关于《农业资源与环境》本科专业人才培养类型的探讨	王敬国(207)
土壤学科普中的化肥问题	奚振邦(212)
土壤溶质运移模型的研究及应用进展	李保国 胡克林 黄元仿(224)
台湾地区精准农业发展现状	申 雍 杨纯明 林俊义(234)
21 世纪我国肥料科学展望	武志杰 张海军 陈利军(241)
植物高效吸收利用土壤养分的分子生物学机制—分子植物营养学研究进展	施卫明(247)
植物液泡中硝酸盐行为的研究概况与技术	沈其荣 范晓荣 Tony Miller 等(253)
我国有机肥料利用现状、问题和产业化	张夫道 王玉军 张建峰(260)
规模化畜禽养殖场环境治理	罗安程 孙晓华 周 焱(268)

土壤腐殖物质(HS)研究进展	窦 森 张晋京(277)
微生物代谢过程中的能量学	黄昌勇 陆文静(286)
溶磷酸铁细菌之功效及应用	杨秋忠 赵震庆 洪美华(294)
丛枝菌根真菌研究进展	林先贵 王发园(301)
土壤分类:进展、方向 and 任务	张甘霖 龚子同(311)
土壤地质科学的回顾与展望	东野光亮(320)
城市化对我国土壤资源的影响:现状与问题	陈 杰(324)
非点源污染研究及控制对策	朱建国 郭红岩 王晓蓉(336)
土壤质量演变规律与持续利用研究的进展	曹志洪(354)
土壤质量指标及评价体系研究进展	徐建民 汪海珍(365)
西南地区农业可持续发展与土壤科学	朱钟麟 涂仕华(373)
关于发展我国旱作节水农业的几点思考	许发辉(382)
西北干旱区绿洲水土资源合理利用若干问题的探讨	宋郁东 胡顺军(391)
氮肥增效剂在农业中的应用	石元亮 孙爱文 孙桂芳等(402)
土壤有机质的功能及其可持续管理	张旭东 诸葛玉平 解宏图等(412)
土壤生物空间异质性及其在土壤生态学研究中的意义	梁文举 姜 勇 闻大中(420)
土壤退化的文化根源探析	王秋兵 董秀茹(427)
水稻氮营养之遥感探测技术	申 雍 李裕娟 章国威等(434)
精准农耕水稻施肥决策系统建置	陈琦玲 陈世峰 林毓雯等(439)
南仁山区土壤性质在不同地形位置之分布	崔君至 陈尊贤(444)
硫素对大豆氮素代谢影响研究	李金凤 张玉龙 董 旭等(450)
台湾桃园地区水田土壤之颜色指标与还原程度之关系	简士濠 许正一 陈尊贤(457)
台湾南部亚热带季风雨林土壤水分含量及土壤溶液组成之变化	蔡呈奇 陈慧美 陈尊贤(464)
台湾北部火山灰土壤之地形土序及其化育作用	蔡呈奇 高政毅 张学雷等(469)
以化学改良剂降低污染水田土壤之重金属生物有效性浓度	许正一 郑双福(475)
台湾太平山地区森林土壤薄胶层之特性与生成作用	吴森博 陈尊贤(484)

土壤科学的创新与发展

——第 17 届国际土壤学大会的启示

赵其国

(中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

第 17 届国际土壤学大会已于 2002 年 8 月在泰国曼谷召开, 此次会议参加的代表达 1 880 人, 共代表 96 个国家和地区, 其中中国 94 人, 这次大会, 共组织了 65 个专题学术报告组(Symposium), 其中包括 5 篇主题报告, 440 篇口头报告, 1 352 篇墙报, 分属 8 个土壤委员会(Commission), 5 个土壤分委员会(Sub-Commission)及 22 个土壤工作组(Working Group), 中国代表口头报告的论文共 18 篇, 墙报论文 51 篇, 这是在 21 世纪举行的首次全球性的土壤科学学术盛会, 对我国土壤科学的发展有很大启示。

1 土壤分支, 不断开拓

这次大会共邀请了 5 位科学家作主题报告, 分别从不同的角度阐明了 21 世纪土壤学所面临的问题和挑战。格鲁吉亚乔治亚土壤学会主席 Tengiz F Urushadze 的报告是“土壤的空间和时间: 21 世纪的现实和挑战”; 美国 Delaware 大学的 Donald F Sparks 的报告是“关于尺度与界面: 基础土壤学研究领域”; 加州大学 Berkeley 分校的 Pedro A Sanchez 的报告是“土壤科学是世界发展中的主角”; 国际土壤学联合会秘书长 Winfried E H Blum 的报告是“土壤学在社会和环境持续发展中的作用: 21 世纪面对的现实和挑战”; 泰国皇家项目基金主任 Santhad Rojanasoonthon 的报告是“热带土壤学: 现实和挑战”。

土壤物理涉及的热点问题是: ①土壤结构和性质对优势流动力学及污染物运移的影响; ②以景观尺度研究土壤和水质量变异的理论与方法; ③利用现有土壤属性数据预测土壤物理性质的方法及其意义、限制和有效条件; ④土壤生物活性对改变土壤物理性质的作用。最新进展信息是: ①运用现代技术研究微观尺度土壤结构特征和土壤性质空间变异规律、优势流发生机理、动态过程; ②在景观尺度上研究土壤溶质与水分空间变异, 建立区域管理模型; ③建立了区域、直至世界尺度的土壤转换函数数据库, 实现模型的区域尺度预报。

土壤化学涉及的热点问题是: ①热带土壤中有机质的性质、功能与动力学; ②根圈土壤化学和生物化学前沿; ③土壤化学与生物化学过程对全球气候变化的作用; ④运用分子技术测定土壤污染物形态与土壤修复。最新进展信息是: ①热带土壤有机物组成与转化, 及受人为与自然因素的关系; ②作物种类、土壤性质以及土壤中不同元素、盐、微生物等对根际的作用; ③土壤有机物的固定、温室气体排放及影响因子研究; ④用光谱、同位素、ESR 等手段研究土壤微量元素、粘土矿物、胡敏质等物质组成及变化机理。

土壤生物涉及的热点问题是: ①土壤微生物和动物群落组成; ②增强土壤碳固定的研

究;③淹水土壤中的微生物过程和种群数量;④土壤微生物和酶活性的调适。最新进展信息是:①菌根与养分吸收,根瘤菌和其他细菌的基因资源与多样性;②增加陆地的 CO_2 吸收,进一步了解碳流通的生物地球化学机理、不同尺度碳储存潜力;③淹水土壤中微生物多样性,微生物过程与 C、N 循环,环境条件对淹水土壤微生物的影响等;④土壤微生物量、多样性—研究土壤质量的指示及土壤环境条件影响因素。

土壤肥力与植物营养的热点问题是:①热带条件下增加土壤肥力与有机质管理;②土壤肥力的生态系统概念;③土壤管理的理念:知识与实践体系;④集约化管理下土壤营养机理与指标;⑤自然营养源的使用与改善:种类、地点、时间、实践等。最新进展信息是:①热带湿润环境下,有机废弃物施用对土壤肥力、作物产量、农业可持续发展的效用;②新技术研究养分运移与转化;③不同条件下不同来源有机物的再利用,养分在不同生态环境中的交互作用,最佳养分利用和农田管理模式;④从自然资源获取不同种类的养分、矿物等的方法对土壤所带来的各种不利影响。

土壤发生、分类及制图的热点问题是:①土壤形成的人为发生因子;②土壤体系和土地利用;③干旱和半干旱土壤:过去气候的记录,碳固定、发生和管理;④全球和国家土地数字化数据库(SOTER):建立和应用;⑤城市土壤。最新进展信息是:①充分重视人为活动对土壤与环境的(轻度与重度)影响,城市和城市土壤作为人为活动影响的特殊类型;②国际土壤学会和 FAO 共同推举的分类体系 WRB,与美国土壤系统分类相比,近年来的发展虽较为活跃,但两大流派分歧依然存在;③土壤空间关系和制图将迎来突破。以地表形态分析预测微域土壤分布特征、以地统计学结合模型来建立异于传统土壤图概论的连续分布土壤图。

土壤技术的热点问题是:①克服根际土壤制约的技术;②预测土壤退化的模型和参数方法;③工业和城市垃圾在农业土壤上的利用。最新进展信息是:①根据经济实力发展克服根际制约的技术来处理土层板结、养分缺乏、盐碱化、酸化、有毒元素、微生物和动物活性低等在全世界根际土壤中所遇到的问题;②通过土壤性质(pH、电导、容重、有机质等)的空间变异信息对土壤退化和产量管理,污染土壤生物修复的预测,土壤与农业管理维护的最优化,加强可持续性管理的决策;③城市垃圾的特性和处理,垃圾对土壤和水体的影响,重金属污染土壤的绿色修复,土壤和水体富营养化的改善和防治技术。

土壤矿物涉及的热点问题是:①粘土矿物学与土被的地球化过程;②气候变化和土壤管理对土壤矿物的影响;③成土过程中的矿物学和微形态学研究,包括利用同位素示踪方法和土壤过程的时间序列研究;④土壤肥力及毒性与粘土矿物的关系;⑤根圈探索;⑥土壤在生物圈中的功能。最新进展信息是:①人为措施对粘土矿物转化的影响,粘土矿物对微量元素特别是环境污染的影响等;②粘土矿物与有机质及微生物的交互作用对土壤中的物理、化学、生物、与生物化学过程的影响。

土壤环境主要涉及的热点问题是:①城市与城郊土壤对人类健康和城市农业的危害;②土地利用与粮食安全;③土壤和土地利用的过去与现在;④可持续性态度利用的土壤指标。最新进展信息是:①各种因素造成的城市污泥、污水、重金属以及食物污染,城市工业、生活和花园灌溉的水污染,重金属、污水和污泥污染及其农业恢复;②不同土地利用方式下土壤的退化原因、状况以及耕作施肥的集约化管理模式;③区域及世界尺度下,土地

的可持续性利用与发展、经济与环境研究;④表征土地可持续利用的有效性指标。

盐碱土主要涉及的热点问题是:①盐碱土与环境;②盐碱化和水的管理与政策。最新进展信息是:①不同类型盐碱土的特征、管理与改良利用;土壤盐分及其分布状况的评估、制图和水盐动态模型;人类活动和环境变迁与盐碱化交互作用;土壤盐分对植物的胁迫和植物耐盐性;②土壤盐分及其分布的评估(感应电导等电程物理方法、TDR、盐分分布的时空分异评估等);盐渍土的基本特性研究;植物耐盐性及其利用研究;咸水灌、排再利用及其对土壤中长期影响研究等。

土壤微形态涉及的热点问题是:①应用土壤形态定量土壤结构;②土壤微形态和亚显微镜方法解释土壤质量;③土壤环境力学;④非饱和带防止地下水污染的管理策略。最新进展信息是:①将实用技术(光学与电子显微镜、水银孔隙法、X光计算机扫描成像、红外光谱、能量分散X光镜和图像分析等)用于再现土壤结构,分析土壤结构性质,确定微生物在土壤中分布特征和土壤水力性质等;②针对压实、水土流失和土壤膨胀收缩等自然力学过程中的土壤水力学、土壤性质以及新的分析测试技术;③非饱和带防止地下水污染集中在化肥、农药、除草剂和重金属对地下水质量的影响,在方法上着重应用GIS技术结合水文和数学模型来寻找最优地下水管理模式。

水土保持涉及的热点问题是:①确定土壤质量参数来评价对可持续能力和社会经济的影响;②采用综合模型反映土壤保持决策。最新进展信息是:①土壤侵蚀的模拟和控制,如:用植被来改善土壤侵蚀状况,侵蚀造成环境退化的危险性评价及社会分析,土壤物质随粘粒迁移所造成的富集率计算预测等;②土壤侵蚀的测定;短期调控土壤可蚀性研究;通过流域尺度地形分析来确定养分流失率等。

土壤修复涉及的热点问题是:①污染土壤的物理化学方法修复;②污染土壤的生物学方法修复。最新进展信息是:①物理化学修复的机理研究,多集中在污染物对不同土壤的生物、化学有效性以及其迁移的动力学过程;有机物料、含Fe矿物(矿渣)原位固定土壤中的污染物;②生物修复研究多集中在微生物降解以及重金属污染元素的植物修复。

最新进展:一是采用转基因技术来解决传统超积累植物生长缓慢、生物量小的问题,并对其富含重金属元素的生物学基础有了进一步的了解;二是利用更自然的方法来修复土壤。此外,用化学—生物学联合治理的方法加速修复过程。

2 学科发展,动向更新

这次大会主题报告的核心内容是“土壤学面临的现实与挑战”,从五个主题报告可见,当前国际土壤学研究的动向仍然是重视基础研究与应用研究两个方面。土壤科学的基础研究,从宏观看,应重视土壤在时间和空间上演替规律的研究,在这方面需加强建立土壤条件与土壤覆被世界数据库;建立全球土壤保护和合理利用体系与建立全球土壤及土壤覆被监测网等研究(Urushadze)。从微观看,“分子环境科学”即在分子水平上研究污染物在土壤、沉积物、自然水体,大气中的化学、物理形态和分布的科学,这种分子尺度的土壤研究领域将会建立。Sparks认为,21世纪土壤学研究的主题之一,将是研究生物作用对土壤化学和物理反应和过程的影响。

另一方面,土壤科学的应用研究,诸如解决粮食保障体系、土壤退化、环境改善中的土

壤问题研究,必须重视获得可信的数据,并需通过十年以上长期定位研究。

总之,21 世纪对土壤学的挑战是科学技术挑战;是在空间和时间上对土壤的了解;是对土壤性质和过程的了解;是土壤利用、管理以及文化、社会和经济挑战。应当看到,今后在区域、地区及全球尺度上,土壤的文化、社会和经济的功能将会变得越来越重要。

3 学科建设,有所发展

国际土壤学会自 1927 年建立以来,已经 75 年,虽然与 150 年土壤学发展的历史相比,仅及一半历程,但从全球土壤学有组织的发展看,这是一个漫长与重大的,值得回顾的科学发展过程。

自 1927 年第 1 次到 1982 年第 12 次国际土壤学大会召开的 55 年间,土壤科学的发展是较为缓慢的,自第 13 届到第 17 届会议期间的近 16 年(1986~2002 年),在此期间历届会议各专业委员会的论文数量超过以往各届的 4~5 倍,论文总数超过历届的 5~6 倍。

值得注意的是,近 16 年来,特别是近 5 年来,土壤矿物、土壤肥力、土壤生物与土壤信息研究有了新的进展,在土壤环境研究上,不但创建了新的领域,而且在研究内容上有新的推进。此外,随着全球科学与社会经济迅速发展,国际土壤学会在近 16 年来在原有学术委员会基础上不断增添了一些新的研究领域,包括 5 个分委员会及 20 个工作组,内容涉及水土保持、土壤微形态、盐渍土、森林土、土壤修复、冻土、土壤全球变化、土地退化与砂化、土壤数据库、水稻土肥力、古土壤、根圈、有机肥改良、土壤地下水污染等,均紧密与全球性土壤研究及生产实际相结合。

在这次的国际会议上,正式提出土壤学科组织新的结构调整方案,将全球土壤科学领归为四个部门,18 个委员会(原来的工作组基本不变)。第一个部门是土壤时空变化(时空中的土壤),主要研究土壤在形态、地理、发生和分类中的时空演变规律;第二个部门是土壤性质与过程,主要研究土壤中物理、化学、生物及生物学过程的基本特性;第三个部门是土壤的利用与管理,主要研究水土保持、利用评价、肥力、营养、退化防治及工程技术等内容;第四个部门是土壤在社会发展与环境中的作用,包括研究土壤环境、食物保障、人类健康、公众福利及社会学等。显然,前两部门是土壤科学的基础研究领域,后两部门是土壤科学的应用研究领域,所有这些是当前土壤科学领域发展的新方向,应该重视。

4 研究方向,面临挑战

从国际土壤科学的发展看,21 世纪土壤科学将面临新的挑战。我国土壤科学必须不断创新,发展新的土壤研究内容,以适应当今社会发展对土壤科学的要求。

4.1 发展土壤科学自身的理论与应用研究

首先应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;土壤动力与模型等。“土壤是生命的保障”。在面临生命科学对土壤学挑战的形势下,今后必须加强土壤生物(包括微生物)、土壤根圈与微生态、土壤生物工程及土壤资源生物工程等方面的基础研究,同时要进一步探索 Sparks 提出的“土壤分子环境科学”的研究方向。

在应用研究上必须加强土地利用评价、肥力工程技术、土壤退化的修复重建、粮食保

障、农产品质量与人体健康、土壤质量评价及区域治理的研究,始终将生态环境与人类健康和持续发展的研究作为应用研究的重点。

4.2 加强土壤与农业可持续发展研究

在这方面,应进一步开展与创建我国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的技术体系及农田土壤水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与新体系。

4.3 重视土壤生态环境质量保持与调控研究

应创建我国不同地区土壤退化时空演变规律、形成机理与调控对策的新途径与体系。深入探索土壤生态与环境质量在不同区域,如南方土壤质量演变及调控机理的配套技术,并对不同地区如太湖、长江等地区水、土、生态、环境污染(非点源污染)调控对策的研究。

4.4 加强文化与可持续发展对土壤学影响的研究

应建立土壤与社会可持续发展的新理论体系,包括;人口、资源、环境、经济的协调及与土壤科学关系的研究;我国文化、社会和经济功能对土壤科学发展影响的研究及我国土壤资源在国民经济中的地位与作用的研究内容等。

总之,上面这些土壤学所面临的新挑战,对土壤学的发展是显而易见的,如何应对这些面临的现实与挑战,不断调整与创建我国土壤科学研究的新内容,是一项值得重视的问题。

5 学科发展,国际接轨

我国是国际土壤学会的主要参加国,早在 1935 年在英国举办的第三届国际土壤学会上,我国老一辈土壤学家李庆逵教授即担任过该届副主席,1986~1994 年(第 13~15 届)国际土壤学会期间我国有同志曾担任过国际土壤学会常务理事,并连任两届国际盐渍土分委员会主席,一届土壤环境委员会副主席。另有同志曾担任过土壤分类委员会副主席、水稻土肥力组主席等职务。这次也有两位同志分别担任土壤发生委员会副主席及土壤工程与技术委员会秘书。虽然如此,随着国际土壤事业的不断发展,我国土壤学界与国际接轨的现状,却越来越与发展需要不相适应。近 16 年的统计数据可见,我国近 5 届参加会议的人数虽未减少,无论是口头报告还是墙报论文的数量均仅为大会论文总数的 3%~4%,而且有递减的趋势。中国在全会上的主题报告,仅在第 14 届会上作过一次。值得注意的是,这次在土壤肥力委员会的 276 篇报告中,中国仅有 4 篇墙报,口头报告论文则一篇没有,其他如土壤环境、土壤遥感与土壤质量方面的报告也是空白。

国际土壤学会的参与度与影响程度,应该是衡量一个国家土壤科学发展水平的重要标志,因此,我们必须重视我国土壤学界参与国际的接轨。今后,应加强与国际土壤学会新领导层的密切接触,加强与国际土壤学会的学术活动与学术交流,不断沟通信息,积极参与国际土壤学会有关学术委员会的领导机构,并组织相关的国际土壤学术活动,认真作好 2006 年参加在美国费城召开的第 18 届国际土壤学大会的学术准备,并为争取 2014 年在中国举办第 20 届国际土壤学大会创造有利条件。

6 立足国内,开拓创新

土壤科学的发展,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。

首先,土壤学的发展必须出综合性、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学事业接替者的努力方向。

与时俱进,争创一流,进入国际土壤科学的领先行列是我国土壤学的发展目标。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。

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。国际土壤学会自 1927 年建立以来,已经 75 年,虽然与 160 年土壤学发展的历史相比,仅及一半历程,但从全球土壤科学有组织的发展看,这是一个漫长与重大的,值得回顾的科学发展过程。

我国土壤学的发展历史如果从 1930 年我国土壤研究室(现地质所)及 1953 年中科院土壤所成立开始,也有 70 年。这半个多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。中国土壤科学在此期间,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,奠定了传统土壤科学的发展基础,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,并将对人类生存与自然环境的改善作出新的更大的贡献。

参考文献:

- [1] 17th WCSS. Bangkok Thailand[M]. Abstracts (Vol: I - V), 2002.
- [2] 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[J],土壤,2002,34(5):237 ~ 256.

我国土壤氮素研究中的某些进展

朱兆良

(中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

摘 要:在前文(朱兆良,1999)的基础上,围绕农业及环境问题,对近年来我国土壤氮素研究中取得的某些进展加以综述。化肥 N 的去向始终为人们所关注。我国农业中化肥 N 当季作物利用 35%, NH_3 挥发 11%,反硝化损失 34%,淋失 2%,径流损失 5%,另有 13%,未能明确其去向。加强田间定位观测;研究解决反硝化损失的观测等方法问题,并加强模型工作。提高 N 肥利用率主要采取“平均适宜施氮量法”,大面积施 N 量可控制在 $150 \sim 180 \text{ kg/hm}^2$ 。为提高田块推荐施 N 量的准确性,需要进一步探索宏观控制与点的测试相结合的方法,并对已有的有关参数作出评估。另外,深施 N 肥,并将 N 肥施用重点转移到作物生长中期,以使供 N 与作物取 N 同步。另外,硝化抑制剂与脲酶抑制剂的应用可延长肥效期并提高 N 肥利用率,但与减少 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的淋失和 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 挥发总失量中相关性不大。我国有机肥料资源日益增多,1998 年统计有机肥总资源中 N 约为 $1.642 \times 10^4 \text{ t}$ 和 $718 \times 10^4 \text{ t P}_2\text{O}_5$,未被利用的 N 为 $1.089 \times 10^4 \text{ t}$ 和 $210 \times 10^4 \text{ t P}_2\text{O}_5$,并大量进入了地表水而污染水体。另外,人畜粪尿在积造、储存和使用中 N 素损失也不容忽视。据估算,人畜粪尿中 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 挥发达 $382 \times 10^4 \text{ t}$,占肥料 N 损失总量的 59%。强调有机肥和化肥配合施用,随着时间推移,化肥与有机肥配合施用的增产效果将显示出它的优越性。本文最后指出,我国农业正向质量和效益型转变,土肥工作者应围绕优质、高产与环境保护相协调这一目标,建立与环境关系良好的肥料管理体系。在土壤 N 素学科方面,应加强不同尺度的 N 素循环研究,与 N 素的生物地球化学循环相联系,以服务于农业和环境。

关键词:化肥 N 去向;N 肥利用率;有机肥 N;环境保护

1 农田土壤中化肥氮去向的定量评价

1.1 氮肥利用率

无论是否存在标记化肥氮对土壤氮矿化的激发作用,从农学的角度来看,首先考虑的是施用氮肥后当季作物所增加的吸氮量,因此,在评价氮肥对当季作物的农学效用时应采用差减法(或称表观法)(朱兆良,1999)。对 1990 年以前国内各地田间小区试验中的 784 数据进行统计得出,水稻和小麦(元麦、大麦)对硫酸铵、碳酸氢铵和尿素的当季利用率(差减法)的平均值变动于 28%~41%之间。据此估计,全国农业生产中氮肥利用率约为 30%~35%,高产地区明显低于 30%(朱兆良,1998)。

但是,在长期试验中如何评价氮肥的农学效用则是一个需要探讨的问题。例如,在一些长期试验中发现,氮肥的表观利用率都在 50%以上(钦绳武等,1998;李世清等,1999)。其中除了包括可能存在的氮肥后效(例如,根茬中氮素的再利用等)外,这一较高的氮肥利用率可能也与对照区因长期单纯施用 PK 肥所引起的土壤性状的恶化从而导致作物生长

逐渐变差有关。对此需要做进一步的研究。

1.2 化肥氮在土壤中的残留

在 ^{15}N 田间微区试验中,由于存在着 ^{15}N 标记化肥氮与土壤氮之间的生物交换作用,在当季作物收获时测得的土壤中残留的 ^{15}N 标记氮肥量不是净残留。在合理施用量下,一般没有明显的净残留,但是,在过量施用氮肥时残留明显,且随施氮量的增加而增多。根据在陕西及江苏等地的观测,当季作物收获后土壤中矿质氮特别是硝态氮有明显积累,其N量约为 $72 \sim 342\text{kg}/\text{hm}^2$ (Zhu and Chen, 2002)。近些年来,这一现象有加重之势。这一部分矿质氮虽然存在着部分地被下季作物吸收利用的可能性,但对环境来说也是一个潜在的威胁。因此,当季作物收获时残留在土壤中的矿质氮量可以作为衡量氮肥施用量是否适当的一个指标。

1.3 土壤-作物系统中化肥氮的损失

一般,氮肥损失率与利用率有反相关关系,减少损失率是提高利用率和降低对环境压力的潜力之所在,因此,是协调农业与环境的氮素管理研究中的一个重点。

1.3.1 气态损失

田间 ^{15}N 微区试验中,由于没有径流损失和明显的淋洗损失,因此以 ^{15}N 平衡法测得的总损失基本上是气态总损失。总结国内的已有结果,在禾谷类作物上,氮肥的损失率大多在30%~70%范围内,其中水稻田中的损失率高于玉米地,后者又高于小麦地。由于微区的面积较小,且筒壁高出田面或稻田水面影响风速和光照,从而导致氨挥发损失减少,也由于微区试验中的管理较精细,微区试验中测得的损失率应低于大田生产中的损失率。考虑到这些情况,我国农业中化肥氮的气态总损失可能在45%左右(Zhu and Chen, 2002)。但是,采用这种平衡法时,由于土壤N与 ^{15}N 标记化肥N之间的生物交换作用,从而导致对化肥氮损失的低估。从农田生态系统的角度来看,需要定量评价的是施用氮肥所引起的整个系统(包括土壤N、氮肥及有机肥N)中氮素损失的增加量。

1.3.2 氨挥发损失

用微气象学法对我国某些农区的水稻田、玉米和小麦地的氨挥发进行的田间定量观测表明,尿素和碳酸氢铵的氨挥发量约占施N量的1%~40%,据此,并根据主要作物的播种面积及不同氮肥的数量进行加权平均得出,我国农业中化肥氮的氨挥发率约为11% (Zhu and Chen, 2002)。从而计得,1998年我国化肥氮的氨挥发量约为 $273 \times 10^4\text{t}$,约占全球化肥氮氨挥发总量 $900 \times 10^4\text{t}$ (Laegreid, et/ al., 1999)的30%。

1.3.3 硝化及反硝化损失

硝化过程中有微量 N_2O 逸出,虽然没有明显的农学意义,但是具有重要的环境意义。在氮素损失中,反硝化作用的重要性远大于硝化作用,其产物主要是 N_2 ,也有少量 N_2O 产生。反硝化作用的田间测定方法分为直接法和表观法两大类,前者又分为乙炔抑制法和 ^{15}N 氮肥-气体通量法,但所测得的结果大多明显偏低。因此,目前多用表观法,即差减法,但是,由于各项测定结果的误差都累加到表观反硝化值上,因此,其误差较大。从国内的结果来看,如上所述,我国农业中化肥氮的气态总损失约为45%,氨挥发约为11%,因此,表观硝化-反硝化损失的平均值约为34%, (Zhu and Chen, 2002; 朱兆良, 2003),其中 $\text{N}_2\text{O}-\text{N}$ 约为1.1% (Xing and Zhu, 2001),其余33%为不影响环境的 N_2 。据估计,

1999 年我国化肥氮的 $\text{N}_2\text{O}-\text{N}$ 排放量约为 $27.5 \times 10^4 \text{t}$, 加上其它来源部分后农业土壤的 $\text{N}_2\text{O}-\text{N}$ 排放总量约为 $33.6 \times 10^4 \text{t}$ (Xing and Zhu, 2001), 约占全球农业土壤 $330 \times 10^4 \text{N}_2\text{O}-\text{N}$ 排放总量 (Laegreid, et al., 1999) 的 10%。

1.3.4 淋洗损失

从植物营养角度来看, 化肥氮下移至根系活动层以下不能被根系吸收时即可视为淋失, 而从环境角度来看, 则应将下移至地下水的化肥氮视为淋失。国内的观测结果都是以前者来定义的。国内已有的观测结果表明, 不同年份和试验条件下化肥氮的淋失率的变幅很大, 约在 1~19% 之间 (Zhu and Chen, 2002)。考虑到: (1) 从环境角度来定义淋洗损失, (2) 我国有较大面积的干旱、半干旱地区; (3) 全国有效灌溉面积约占总播种面积的 1/3, 和 (4) 硝态氮下移时发生反硝化因而只有一部分下移的化肥氮进入地下水等因素, 将全国化肥氮的淋失率暂定为 2% (未包括土壤氮和有机肥氮的淋失量) (Zhu and Chen, 2002)。

1.3.5 径流损失

国内的观测结果很少。根据对苏南稻麦轮作区 5 个点进行的观测结果平均, 其量约占氮肥用量的约 6%, 但是, 未能扣除土壤及有机肥料来源氮的径流损失。据此暂且估计全国化肥氮的径流损失率约为 5% (未计入土壤 N 的径流损失) (Zhu and Chen, 2002)。综上所述, 我国农业中化肥氮的去向大体上是: 当季作物利用 35%, 氨挥发损失 11%, 硝化-反硝化损失 34%, 淋洗损失 2%, 径流损失 5%, 另有 13% 未能明确其去向, 其中应当包括在农田土壤中的净残留部分 (朱兆良, 2003)。当然, 这一估计显然存在着较大的不确定性, 因而还需加强田间定位观测, 特别是连续多年的观测, 为此, 还需研究解决反硝化损失的观测等方法问题, 并加强模型工作。

2 提高氮肥利用率、减少损失的技术

在这一方面已进行了长期大量的研究 (朱兆良, 1992, 1998)。总结已有的研究结果, 减少氮肥损失、提高利用率的施用原则应该是: (1) 尽量避免土壤中矿质氮的过量积累, (2) 充分利用作物根系对矿质氮的竞争吸收作用, 和 (3) 针对氮肥的主要损失途径采取相应的对策。已经进行了研究的技术主要有: 适宜的施用量和施用时期的确定、改进施用方法、铵态氮肥和尿素中添加硝化抑制剂、尿素中添加脲酶抑制剂、稻田中施用杀藻剂或表面成膜物质、缓效(控释)氮肥, 以及平衡施肥等。其中的主要技术难点是协调高产与环保关系, 特别是既能达到高产又对环境的影响最小的适宜施氮量的确定。下面对其其中的一些主要技术作一简单分析。

2.1 氮肥适宜施用量的推荐

主要可分 2 大类推荐方法: (1) 以土壤供氮量的预测为基础的方法, 和 (2) 不需要预测土壤供氮量的方法。目前, 两类方法都只是半定量的 (朱兆良, 1999), 这里需要强调的是: (1) 以无氮区作物累积氮量为量度的土壤供氮量 (N_s) 与作物特性及生长期间的水热条件等密切相关, 而且还受到非土壤来源氮量的强烈影响, 因而不是一个固定值; (2) 土壤有机氮的形态与其生物分解性并无明确的联系, 因此, 土壤有机氮的矿化量 (N_m) 的化学指标