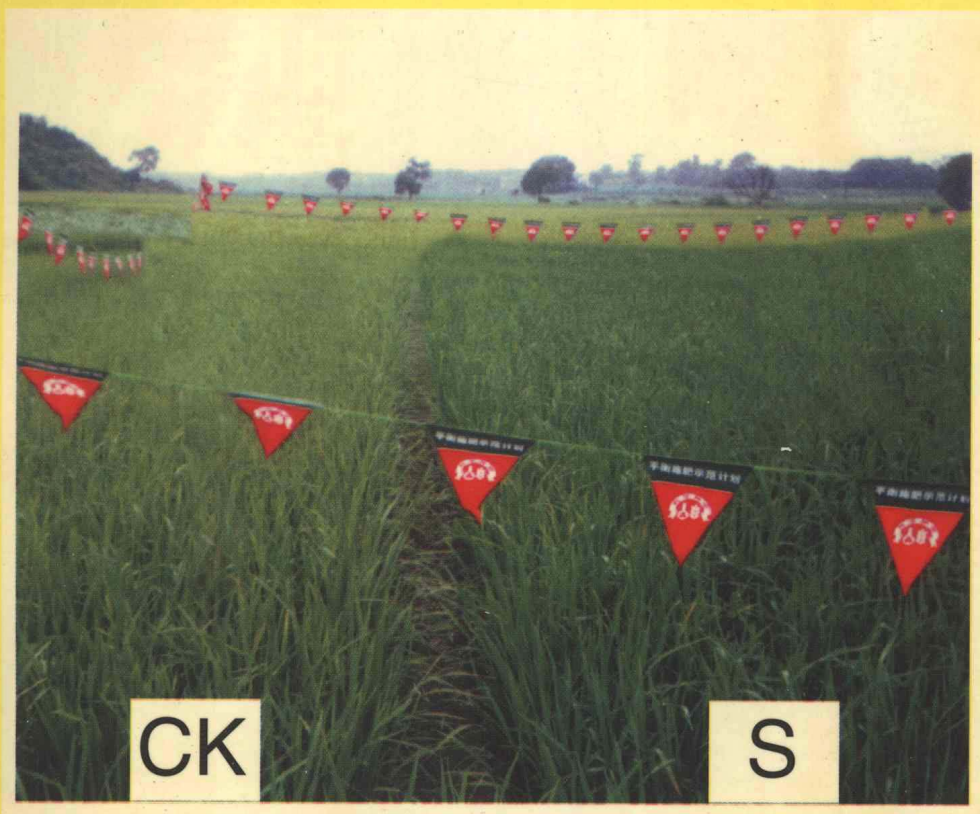


中国农业硫肥研究进展和需求展望

Sulphur for Chinese Agriculture: Agronomic Progress and Strategies for Meeting Future Requirements



May 2 – 3, 1997

Nanjing, People's Republic of China



Institute of Soil Science, Academia Sinica
PRISM Sulphur Corporation
Australian Centre for International Agricultural Research

Proceedings of the International Workshop on
Sulphur for Chinese Agriculture:
Agronomic Progress and Strategies for
Meeting Future Requirements

中国农业硫肥研究进展和需求展望
国际研讨会论文集

May 2-3, 1997
Nanjing, People's Republic of China

The Sulphur Institute
Institute of Soil Science, Academia Sinica
PRISM Sulphur Corporation
Australian Centre for International Agricultural Research

**中国农业硫肥研究进展和需求展望
国际研讨会论文集**

国际硫研究所
中国科学院南京土壤研究所 联合汇编
PRISM 硫磺公司
澳大利亚国际农业研究中心

古桥印刷厂印刷
1999 年 9 月第一版
1999 年 9 月第一次印刷
印数: 1 - 2500

前 言

氮、磷、钾一样，硫也是植物必需的营养元素。然而，以往对硫在植物营养的重要性以及农业中硫需求认识不足。由于含硫肥料硫酸铵、过磷酸钙等施用、有机肥、灌溉水、降水硫补给以及对土壤硫的掠夺性利用等原因，农业生产中硫肥不足常被掩盖。直到最近，中国才开始从事土壤硫肥力状况以及作物生产硫需求等方面研究。

由于作物产量提高，不含硫的高浓度肥料的使用等原因，已导致一些地区土壤硫失衡，土壤硫素亏缺逐渐增加。1993 年，在国际硫研究所（TSI）、中国农科院土壤肥料研究所以及中国硫酸工业协会共同组织召开“中国硫资源和硫肥需求的现状和展望国际讨论会”上讨论认为：土壤硫亏缺在中国主要农产区都有不同程度地发生，有必要开展中国土壤硫肥力状况及中国农业硫需求等方面研究。自 1993 年以来，TSI 在中国资助了 11 个单位开展中国农业硫研究工作。联合国粮农组织、澳大利亚农业发展中心（ACIAR）等国际组织也给予了积极支持。在项目承担单位及中外科学家的共同努力下，中国农业硫研究日趋活跃。

1994 年以来，中国农业硫研究已经取得了很大进展。在 17 个省进行了 110 多个硫肥效应田间试验，在主要农业区共采集并测定了 10000 多个土壤，评价了这些土壤硫肥力状况。为了总结中国农业硫研究进展，促进中国农业硫研究和使用。1997 年 5 月 2—3 日在中国南京由 TSI、PRISM 硫磺公司、ACIAR 和中国科学院南京土壤研究所共同主持召开了“中国农业硫研究进展及其发展战略国际讨论会”。讨论会期间共收到 23 篇研究论文，其中 15 篇在大会上报告。这些研究论文主要报导了中国区域土壤硫亏缺和硫需求、主要作物施硫效应、硫肥管理及施用技术等方面最新研究成果。对中国农业生产硫供需，中国在世界农业和环境硫研究中作用，农业生态系统硫循环，土壤—植物硫亏缺诊断方法等方面也进行了讨论。为了推动中国农业硫研究和使用，与会代表一致同意建立中国农业硫研究协作网，以便协调硫研究计划，促进科学家之间的相互交流，寻求政府支持。讨论会结束后，TSI 决定出版论文集。考虑到中外读者阅读和使用的方便，论文集内容以中文出版，但摘要、图表部分将用中、英文对照。本次讨论会圆满完成以及论文集顺利出版是中国科学院南京土壤研究所、TSI、PRISM 硫磺公司和与会代表共同努力、集体智慧的结晶，特别是 PRISM 硫磺公司和 TSI 资助。讨论会圆满完成以及论文集顺利出版也是推进中国农业硫研究和使用的一个里程碑。

FOREWORD

Like N, P, and K, S is an essential plant nutrient. However, its importance as a fertilizer nutrient and requirements in agriculture were neglected in the past. Historically S deficiencies in crop production have been masked by the depletion of soil S and S input through precipitation, irrigation water, manures, and S containing fertilizers, such as ammonium sulphate and single superphosphate (SSP). Therefore, until recently, little S research has been conducted to evaluate soil S availability and its requirements for crop production.

The incidence of soil S deficiency is increasing rapidly throughout China, as agricultural production intensifies and high-analysis fertilizers containing little S are increasingly used. As discussed at the 1993 "International Symposium on Present and Future Raw Material and Fertilizer S Requirements for China" in Beijing, which was organized by The Sulphur Institute (TSI), the Chinese Soil and Fertilizer Institute, and the Chinese Sulphuric Acid Industry Association, S deficiencies were prevalent in all the major agricultural regions of China, indicating the need for trials to evaluate soil S fertility status and sulphur fertilizer requirements. Since then, TSI organized and funded numerous collaborative projects on S research in 11 institutions throughout China, as a cooperative network from 1993 to 1996. Also, there have been activities of other international organizations, namely the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and the Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR), that have evolved into a concerted effort by Chinese scientists and collaborative institutions in S research projects in Chinese agriculture.

Since 1994, research on plant nutrient sulphur in China has progressed considerably. Over 110 field trials on S fertilizers have been conducted in 17 provinces; over 10,000 soil samples have been analyzed from major agricultural soils to determine the soil S fertility status. To summarize this progress and promote sulphur research and use in Chinese agriculture, TSI, PRISM Sulphur Corporation, ACIAR, and Academia Sinica organized the "International Symposium on Sulphur for Chinese Agriculture: Agronomic Progress and Strategies for Meeting Future Requirements" on May 2-3, 1997 in Nanjing, China. At this workshop, 23 papers were submitted for the proceedings; 15 were selected to be presented during the workshop. These papers highlighted the most recent findings concerning regional soil S deficiency and S fertilizer requirements, S responses in major cropping systems, S fertilizer management

and related technologies. Some important topics related to strategies for meeting future S requirements as S production and consumption in China, China's role in world agricultural and environmental S research, S cycling in agro-ecological systems, soil and plant S deficiency diagnosis methods were also addressed. After a discussion on what obstacles exist to further S research and fertilizer S consumption, the workshop concluded that a national network needs to be established to coordinate research projects, improve communications, and acquire governmental support. Following the workshop, TSI decided to publish the *Proceedings* as a combination of Chinese text with bilingual abstracts, tables, and figures, because the majority of those who will use the presented information are Chinese. The workshop and the *Proceedings* represent a cooperative effort on behalf of a series of organizations, including the Institute of Soil Sciences, CAS, with their role in co-organizing the workshop and co-editing the *Proceedings* with The Sulphur Institute; PRISM Sulphur Corporation and The Sulphur Institute, who financially supported the workshop; as well as speakers, participants, and staff. This successful workshop and the *Proceedings* are an important milestone in promoting S fertilizer research and use in Chinese agriculture.

目 录

前 言

环境对农业中硫平衡的影响及目前中国农业硫平衡现状

.....	S. P. Ceccotti and D. L. Messick	(1)
中国的硫源和利用	冯元琦	(11)
江淮丘陵地区农田生态系统硫循环研究	曹志洪 胡正义	(20)
土壤有效硫测定方法概述	G. J. Blair	(25)
比浊法测定土壤有效硫	刘崇群	(36)
土壤硫有效性与植物根际硫的化学动态研究	周卫 李书田 林葆	(42)
北方部分土壤有效硫含量和硫的吸附研究	杨俐苹 金继运 程明芳	(51)
甘肃省土壤硫素状况调查	刘崇群 曹淑卿	(58)
陕西省土壤硫含量分布	刘崇群 曹淑卿	(65)
皖南地区水稻土硫肥力初步研究	蔡庆生 褚海燕	(70)
茶园硫的状况	刘崇群 韩文炎	(76)
广西水田、旱地耕作体系中不同硫肥效应及土壤硫素平衡	谭宏伟 谢如林 周柳强 卢锦屏 黄美福	(83)
贵州省土壤硫素调查及硫肥研究	尹迪信 朱青 肖厚军 阎献芳 曾令能	(92)
天津土壤硫的状况和硫肥的效应	赵宏孺 王德芳	(103)
长江中下游降雨中硫的含量分布及其对土壤硫的影响	郑泽厚 刘崇群 金涛 G. J. Blair	(110)
石灰性土壤中的硫及酸化对土壤养分的影响	曲东 王鹏新 尉庆丰	(121)
油菜硫肥效应研究	刘昌智 廖星 金河成 王江薇 陈仲西	(128)
安徽省土壤硫状况及作物施硫效应研究	张继榛 胡正义 马友华 竺伟民 章力干	(143)
湖北三种土壤施硫对油菜、大白菜和花生的效应	郑泽厚 金涛 方满 朱俊林 王文革 王红丽 G. J. Blair	(155)
福建硫肥研究与应用状况的回顾与展望	章明清 彭嘉桂 蔡阿瑜 林琰 杨杰	(166)
广东持续农业中硫肥效应研究 I. 水稻	姚建武 刘国坚 周修冲 徐培智 曾秋朋	(172)
内蒙古典型草原中的硫	汪诗平 王艳芬 姚依群	(177)
世界硫肥概述	樊明宪	(186)
国内外硫肥发展现状及趋势	孙先良	(195)

CONTENTS

Foreword

An overview of global agricultural and environmental S aspects and China's situation

D. L. Messick and S. P. Ceccotti (1)

Sulphur resources and use in China.....Feng Yuanqi (11)

An overview of the inputs and outputs of the S cycle in hill region between Yangtze

and Huaihe Rivers..... Cao Zhihong and Hu Zhengyi (20)

A review of available soil S testing methods.....G. J. Blair (25)

Determination of soil-available S by the turbidimetric methodLiu Chongqun (36)

Studies on soil S availability and S dynamic in rhizosphere of plant

.....Zhou Wei, Li Shutian and Lin Bao (42)

Available S content and S sorption study of selected soils from Northern China

..... Yang Liping, Jin Jiyun, Cheng Mingfang (51)

A summary of soil S status in Gansu Province.....Liu Chongqun and Cao Shuqing (58)

A survey of soil S status in ShaanxiLiu Chongqun and Cao Shuqing (65)

Preliminary studies on S fertility in paddy soil in southern Anhui Province

..... Cai Qingsheng and Chu Haiyan (70)

Soil S status and S fertilizer effect in Chinese tea gardens..... Liu Chongqun and Han Wenyan (76)

Effect and S balance of various applied S fertilizers on cropping systems of lowland and upland

soils in Guangxi Tan Hongwei, Xie Rulin, Zhou Liuqiang, Lu Jinping, Huang Meifu (83)

Soil S status and crop responses to S fertilizers in Guizhou Province

..... Yin Dixin, Zhu qing, Xiao Houjun, Yan Xianfang and Zeng Lingneng (92)

Soil S fertility status and S fertilization in Tianjing.....Zhao Hongru and Wang Defang (103)

Distribution of rainfall S content and its effect on soil S in the middle-lower reaches of

the Yangtze RiverZheng Zehou, Liu Chongqun, Jin Tao, G. J. Blair (110)

Effect on soil nutrients availability in loessial soils

.....Dong Qu, Pengxin Wang and Qingfeng Wei (121)

Rapeseed yield as affected by S fertilizers and the interactions of S with N and B

.....Liu Changzhi, Liao Xing, Jin Hecheng, Wang Jiangwei, Chen Zhongxi (128)

Soil S situation and crop responses to S-application in Anhui Province

.....Zhang Jizhen, Hu Zhengyi, Ma Youhua, Zhu Weimin, Zhang Ligan (143)

Effect of S fertilizer on rapeseed, Chinese cabbage, and peanut growth and yield in three major

soils in Hubei Province

Zheng Zehou, Jin Tao, Fang Man, Zhu Junli, Wang Wenge, Wang Hongli, G. J. Blair ... (155)

Historical review of S fertilizer and its application future in Fujian Province

..... Zhang Mingqing, Peng Jiagui, Cai Ayu, Lin Qiong, Yang Jie (166)

Effects of S fertilizer on rice in Guangdong Province	 Yao Jianwu, Liu Guojian, Zhou Xiuchong, Xu Peizhi, Zeng Qiupeng (172)
The S of grazing system of in Inner Mongolia Steppe	 Wang Shiping, Wang Yanfen, Yao Yiqun (177)
Sulphur fertilizer characteristics and newer materials availability worldwide	 Fan Mingxian and D. L. Messick (186)
Current status and trend of the development of S fertilizer at home and abroad	 Sun Xianliang (195)

环境对农业中硫平衡的影响及目前中国 农业硫平衡现状

S. P. Ceccotti and D. L. Messick
(国际硫研究所, 美国华盛顿, 20036)

摘 要

近二十多年来, 植物必需养分硫在世界作物生产中的作用日益明显。缺硫现象的增加已经成为大多数农业地区持续发展和提高土壤肥力所必须考虑的重要因素。许多肥料公司正在努力开发和推广新的硫肥。在欧洲, 随着人们对环境污染问题的关注, 加强了环境保护的立法, 工业二氧化硫排放量大大减少, 从而导致了大面积农作物的缺硫。例如, 欧洲农田每年平均从降雨中得到的硫由 70 年代的 50 公斤/公顷, 下降到目前的 10 公斤/公顷。欧洲的这个教训可以作为中国农业今后发展的借鉴。中国集约式的农业生产经营方式每年从土壤中消耗了大量的硫, 高浓度无硫化肥使用的增加使土壤和作物缺硫的现象更加普遍。如果中国不采取相应的措施, 目前农业缺硫的问题将随着工业二氧化硫气体排放量的减少而变得更加严重。

在 1974 年到 1994 年二十年间, 中国粮食生产以平均 2.8 % 的速度递增, 但收获面积则以 1.1 % 的平均速度递减。这表明中国农业生产集约化的强度越来越大, 这必然增加了对土壤肥力和生产力的压力。许多中国土壤含硫量和吸附硫的能力都很低, 农业生产全靠当年硫的投入来维持。

充分认识将来农业土壤缺硫的严重性, 以及发展和使用硫肥对中国农业生产的关键作用一直是国际硫研究所过去十多年来在中国努力工作的主要课题和任务。通过和中国有关的科研机构和科研人员的合作, 国际硫研究所率先在中国组织了系统地研究硫在农业中作用的合作攻关项目。在这次讨论会上, 我们将全面总结近几年来在硫肥研究工作中取得的成果, 检查目前研究状况, 找出将来需要继续研究的领域。研究结果表明, 农业土壤中缺硫不仅导致产量降低, 而且降低其它农业投入的效益, 从而使农业生产成本增加。根据国际硫研究所的研究, 中国目前农业中硫肥的亏缺量为 90 万吨。如果不采取有效措施, 到 2010 年这个亏缺量将增加到 240 万吨。因此, 今后中国的农业发展战略计划必须重视硫在农业生产和产品质量中的重要作用。

一、引 言

近二十年来, 世界各国对硫在作物生产中的作用日益重视, 缺硫现象的日益增加, 使之成为大多数农业地区发展生产和提高土壤肥力必须考虑的一个重要因素。目前世界范围内土壤缺硫的主要原因包括: 农业生产的提高增加了单位面积上养分的输出; 大量使用高浓度的无硫化肥。在发达国家, 人们对环境问题的关注和环境立法迫使大气二氧化硫的沉降量大幅度减少, 从而加重了土壤硫的缺乏。在发展中国家和地区, 特别是南亚和东亚,

由于人口压力而不断在有限甚至是逐年减少的土地上提高农业生产是缺硫现象日益扩大的主要原因。随着发展中国家经济的发展，环境问题必然引起国内外的关注和采取相应的环保措施，如减少工业二氧化硫的释放。这将使日前由于农业生产提高和使用无硫化肥而引起的农业缺硫现象更加严重。

根据目前粮食生产和肥料使用趋势，国际硫研究所预测世界农业缺硫量将由目前的 820 万吨增加到 2010 年的 1200 万吨。土壤缺硫造成越来越多的农民由于减产或产品质量降低而收入减少，这样促使农民增加使用硫肥料和肥料工业开发新的含硫肥料来满足农业对硫肥的需要。随着中国近年来农作物单产的不断增加，以及大量使用高浓度磷酸铵肥，农业年缺硫现象迅速增加。中国土壤大部分吸附硫能力低，作物生长需要的硫主要依靠当年硫的投入。因此，提高对农业缺硫的认识，增加硫在农业中的使用对将来中国的农业生产有重要意义，

二、世界各地区农业中养分硫的平衡

随着工业国家大气中硫的供应量继续减少和发展中国家产量的不断增加而引起世界范围内土壤硫亏缺。农业中硫的缺乏已经成为受影响地区限制农业生产的重要因素之一。根据目前粮食生产和肥料消耗趋势，国际硫研究所估计目前农业中硫亏缺量达每年 820 万吨；到 2010 年将达到 1200 万吨。

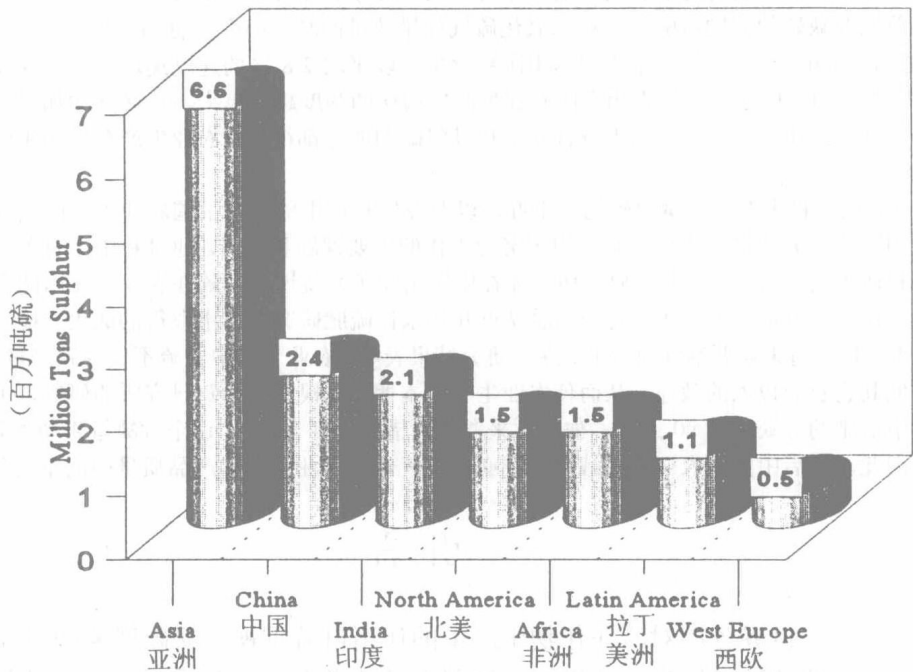


图1. 世界各地区 2010 年作物养分硫亏缺量预测
Fig. 1. Regional plant nutrient sulphur deficit predicted in 2010

图 1 指出经济快速发展的亚洲，特别是中国和印度，是农业中缺硫量最大的地区。欧洲也由于环境立法降低工业二氧化硫排放而普遍出现了缺硫现象 (表 1)。欧洲农田每年从大气得到的硫供应量由 70 年代末的 50 公斤/公顷降低到目前不到 10 公斤/公顷水平，这个水平与一个世纪前的测定值相当 (MacKenzie, 1995)。北欧缺硫的情况更严重。Schung (1992) 报道土壤缺硫已成为农作物的主要营养问题。在英国、瑞典、丹麦、德国和法国，缺硫也影响小麦和其它禾谷类作物的产量 (Schung, 1991, 1992)。据估计，北欧油菜的平均产量自 1990 年以来几乎每年下降 5 %。另外英国农业发展和咨询服务中心的调查表明，英格兰缺硫面积已经由 1991 年的 24 % 增加到 1992 年的 39 % (Sutton, 1994)。该份报告还指出苏格兰 100 % 的油菜以及英格兰 40 % 的油菜缺硫。根据一份最新预测报告，由于英国政府承诺 5 年内将二氧化硫的排放量降低到 1980 年水平的 60 %，那时将有 23 % 的农田出现严重缺硫，约有 27 % 的农田出现中等缺硫 (Anon, 1995)。在中部欧洲，清洁空气法实行以来，最近在原东德、波兰的小麦和油菜种植区域也报道了缺硫 (Schung, 1993)。这些发现证明，由于硫酸根离子在土壤中的移动性大，过去长期由于大气供硫，土壤硫丰富的地区在二氧化硫排放量降低后也可能很快变成缺硫。

表 1. 人为释放 SO₂ 量 (千吨/年)
Table 1. Total SO₂ emissions from anthropogenic sources (Thousand Tons yr⁻¹)

国 家 County	1980	1990	平均每人释放量 per capita (kg yr ⁻¹)	1980 至 1990 年变化 1980 to 1990 (% change)
奥地利	390	98	13.1	-75
比利时	828	420	42.3	-49
前捷克斯洛伐克	3100	2564	177.1	-17
丹 麦	448	266	52.0	-41
芬 兰	584	256	51.5	-56
法 国	3338	1206	21.5	-64
德 国	3194	1002	16.6	-69
意大利	3800	2406	42.0	-37
荷 兰	466	238	16.1	-49
挪 威	142	60	14.2	-58
波 兰	4100	3210	83.5	-22
西班牙	3250	2190	56.7	-33
瑞 典	514	204	24.5	-60
英 国	4898	3774	66.3	-23

资料来源: UNEP (1993)

欧洲的经验对中国农业有借鉴作用。和欧洲一样，中国的集约式农业栽培每年从土壤中带走了大量的硫，加上近年来无硫高浓度化肥的使用，正在导致全国范围内土壤和作物普遍发生缺硫现象。如果中国不采取有力的措施，那么今后工业二氧化硫排放量受环境保

护压力降低后，目前这种缺硫现象将会更加严重。

在丹麦、法国、德国、挪威和英国等欧洲国家，目前硫肥施用水平为：菜地 10 — 25 公斤/公顷；油菜 10 — 80 公斤/公顷；禾谷类作物 5 — 50 公斤/公顷。

美国从 1990 年起开始实行空气净化法，根据这个法律，美国的二氧化硫排放量将由 1980 年的 2100 万吨降低到 2000 年的 1000 万吨，这将引起美国发生类似欧洲那样的缺硫现象。

加拿大也执行了更加严厉的控制二氧化硫排放的标准，从 1980 年到 1990 年，加拿大的二氧化硫排放量由 4643 吨降低到 3800 吨。北美目前还没有象欧洲那样迅速出现大面积缺硫现象，因为北美的农业集约化程度较低，作物从单位面积土壤中带走的养分较少。

国际硫研究所对美国各大学进行的一次调查结果表明，美国各地的肥料推荐施用量普遍增加 (Messick, 1992)。有几个地区已经把施用硫肥纳入到常规施肥计划中，如加利福尼亚、太平洋西北部、以及东西部玉米带的沙土。

最近几年在太平洋西北部和北达柯塔的许多地区，由于土壤含硫量低，当农民转为种植需硫较多的油菜时就必须施用硫肥。美国各州都有不同的土壤测定方法和推荐施用硫肥的标准。在大西洋中部地区，对于缺硫土壤的硫肥推荐施用量为 22 — 44 公斤/公顷，而南部地区施用量为 11 — 22 公斤/公顷。在路易斯安娜州和阿肯色州，牧草硫肥推荐施用量为 28 — 56 公斤/公顷。过去美国中西部一般不象其它地区那样有缺硫现象，但是对于砂土和土壤测定值低的土壤，也推荐每公顷施用 11 — 28 公斤硫肥。

加拿大也有大面积农田需要施用硫以确保高产。仅阿伯塔省，就约有 209 万公顷的粮食作物对施用硫肥有反应；300 万公顷油菜需要施用硫肥 (Sack, 1995)；随着加拿大油菜生产面积的扩大，硫肥的需要量也会增加。如果照目前这种农业生产和肥料施用的趋势发展，北美每年的硫肥赤字将在 2010 年达 150 万吨，其中美国占 80 %。随着二氧化硫排放的限制量继续降低，北美的缺硫现象将继续扩大。

与欧洲和北美相反，亚洲国家对 SO_2 排放的限制立法较少。但是，随着世界范围对环境污染的关注不断增加，要求控制 SO_2 排放的压力也必然增大。例如，日本制定了严厉的环境法，同时要求中国和南朝鲜降低二氧化硫的排放量，因为这是造成日本酸雨的主要原因。因此，亚洲二氧化硫的排放必须会降低，这将使亚洲地区土壤缺硫的问题更加严重。

目前，亚洲必须在世界上大约 30 % 的土地上进行农业生产，养活近 60 % 的世界人口 (Mutert 等, 1993)。许多研究结果表明，亚洲许多地区都需要施用中量养分肥料。在过去的 20 多年里，亚洲的农业生产随着氮肥施用量的持续提高在不断增加，同时也导致了养分硫的不平衡和作物普遍缺硫的现象。特别是亚洲热带多雨或亚热带湿润地区，有大面积的氧化土和老成土，土壤含硫或其它中量元素养分低。为了维持这些地区的农业生产力，硫肥施用的重要性日益明显。硫肥施用应该成为综合推荐施肥计划的一个部分。亚洲在过去 10 年里含硫肥料的施用量不断增加，但为了满足提高生产的需要，硫肥的需求量增长速度比施用量增加速度更大，每年增加约 2 % — 3 % (图 2)。如果按照目前这种趋势发展，亚洲目前的硫肥赤字是 360 万吨，到 2010 年，将增加到 660 万吨。其中南亚和东南亚地区，特别是中国和印度的经济发展，将会出现长时期的、最大的硫肥赤字。中国到 2010 年每年硫肥亏缺量将达到 240 万吨，印度为 210 万吨。中国和印度的硫肥亏缺量将占亚洲的 68 % 和占世界亏缺量的 38 %。

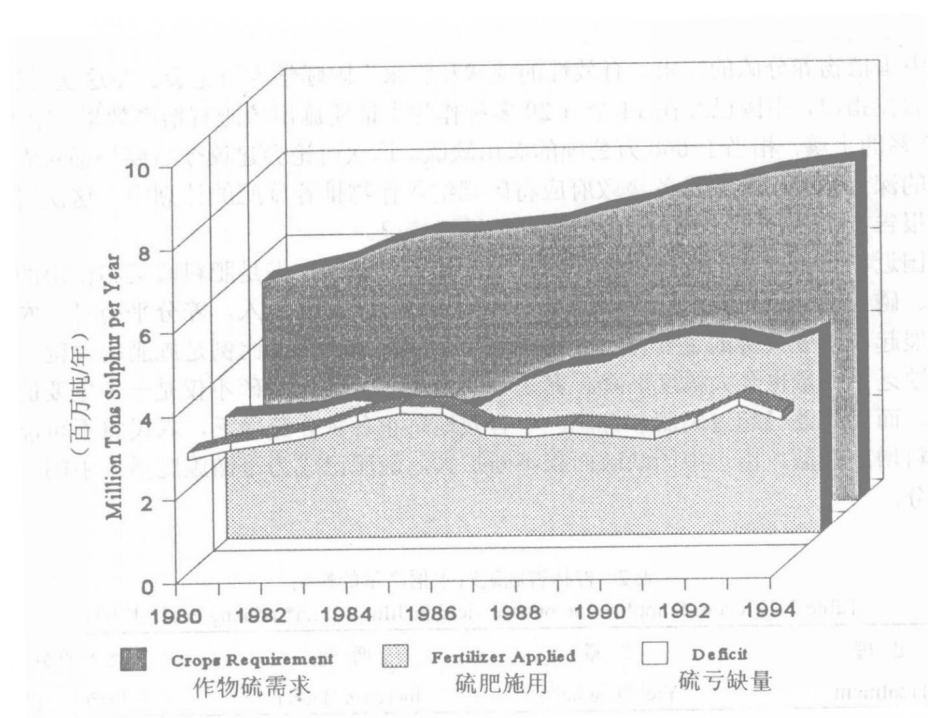


图 2. 亚洲植物硫营养平衡状况演变
Fig.2. Historical plant nutrient sulphur balance trends in Asia

三、中国目前形势和展望

80 年代初期，中国对土壤缺硫程度以及施用硫肥的经济效益还很少报道，80 年代后期以来，对硫肥的研究发展很快，国际组织如：联合国粮农组织、澳大利亚国际农业发展中心、国际硫研究所等，积极与中国科研机构和科学家合作，对中国的各主要农业地区土壤硫肥力状况进行了系统的、广泛的调查研究。

过去 10 年中，国际硫研究所在中国积极开展了一项研究和教育项目，并且建立了一个全国范围内的硫肥研究协作网，这个研究协作网目前包括了 34 个田间试验，并且计划到 1997 年底田间试验将扩大 1 倍，这次讨论会将为农业科学者提供一个机会，讨论目前硫肥研究状况及今后需要继续研究的项目和地区。大会发言者将分别介绍有关硫肥领域内的新发现和发展，如土壤有效硫的测试方法、硫肥的商品性质和技术要点，土壤硫循环和有效性对农业和环境的影响，等等。

1991 年国际硫研究所在中国成都召开了一次讨论会，会上宣读了 20 余篇关于硫在作物生产中作用的论文，到 1993 年 6 月，为了进一步促进中国硫肥研究的工作，国际硫研究所在中国北京组织召开了第一次关于“中国硫资源和硫肥需求的现状和展望”国际讨论会。在这次讨论会上，许多科学工作者证实了中国缺硫现象正在日益增加，施用硫肥已成为提高农业生产的必需措施之一。1995 年 5 月，国际硫研究所又在中国北京组织召开了第二次

关于“中国植物养分硫的需求、有效性的现状和将来”国际学术讨论会。在这次讨论会上，刘崇群教授指出，中国已经在 14 个省 20 多种作物上证明施用硫肥有增产效果。南方 10 省约有 27 % 的土壤，相当于 660 万公顷的农田缺硫。这次讨论会建议今后要加强对农业中硫肥效果的深入研究，并要求各级政府应将硫肥纳入作物推荐施肥的计划中。这次讨论会将进一步报告上次讨论会以来中国硫肥研究的进展情况。

中国近年来粮食生产发展很快，肥料使用量不断增加。但是肥料政策和使用的重点主要是氮、磷、钾肥。提高农业生产取决于持续和更多的养分投入。养分平衡对于农业生产持续发展起着十分关键的重要作用。正确的肥料使用量和养分比例是施肥的关键。一旦某种养分缺乏，产量也会大幅度下降。表 2 和表 3 的结果表明，硫不仅是一个主要的产量限制因素，而且肥效已超过磷肥和钾肥。不有效地矫正各种养分缺乏，农民将不可能获得最大的肥料增产效益。由于中国缺硫面积不断扩大，硫肥已成为平衡施肥措施中的一个重要组成部分。

表 2. 吉林省施硫对水稻产量的影响
Table 2. Effect of S application on rice yield in Jilin, China* (Zhang et al., 1993)

处 理 Treatment	产 量 Yield (kg ha ⁻¹)	增产量 Increase (kg ha ⁻¹)	增产百分数 Increase (%)
N-P-K	5745	-	-
N-K-S	7358	1613	28
N-P-K-S	7680	1935	34
N-P-S	7808	2063	36

*N=160 kg N ha⁻¹, P=80 kg P₂O₅ ha⁻¹, K=120 kg K₂O ha⁻¹, S=192 kg S ha⁻¹.

LSD 0.05=242; LSD0.01=367.

表 3. 江西鹰潭作物施硫效应
Table 3. Yield response to S fertilizer in Yingtan Jiangxi* (Liu et al., 1993)

省 份 Province	作 物 Crop	处 理 Treatment		增 产 Yield increase		
		N-P-K	N-P-K+S	公斤/小区 kg plot ⁻¹	%	LSD
鹰 潭	油 菜	9.6	13.3	3.7**	38.5	1.16
鹰 潭	早 稻	64.4	72.1	7.7**	12.0	4.66
鹰 潭	晚 稻	60.9	64.3	3.4**	5.6	2.38
鹰 潭	红花草	22.5	24.1	1.6**	7.1	0.78
江 西	油 菜	8.4	12.2	3.8**	45.2	0.68
江 西	花 生	37.5	47.3	9.8**	26.1	4.26

** 5 % 显著水平。

农作物单产的提高和磷酸铵使用的增加引起了中国各地缺硫现象的普遍发生。例如，从1984年到1994年10年间，中国粮食生产每年增加了2.8%（图3），而收获面积每年减少1.1%（FAO，1995）。这无疑进一步增加了对土壤肥力和生产力的压力。随着工业上控制二氧化硫的排放量，农业中的缺硫现象会更加严重，如果忽视这个问题，将会不可避免地导致产量和经济效益的降低，生产成本增加。

根据国际硫研究所的预测，中国目前硫肥亏缺量为每年90万吨，如果不采取强有力的相应措施，到2010年硫肥亏缺量将可能增加到240万吨。因此，中国必须认真考虑硫在提高农作物产量和质量中的作用。

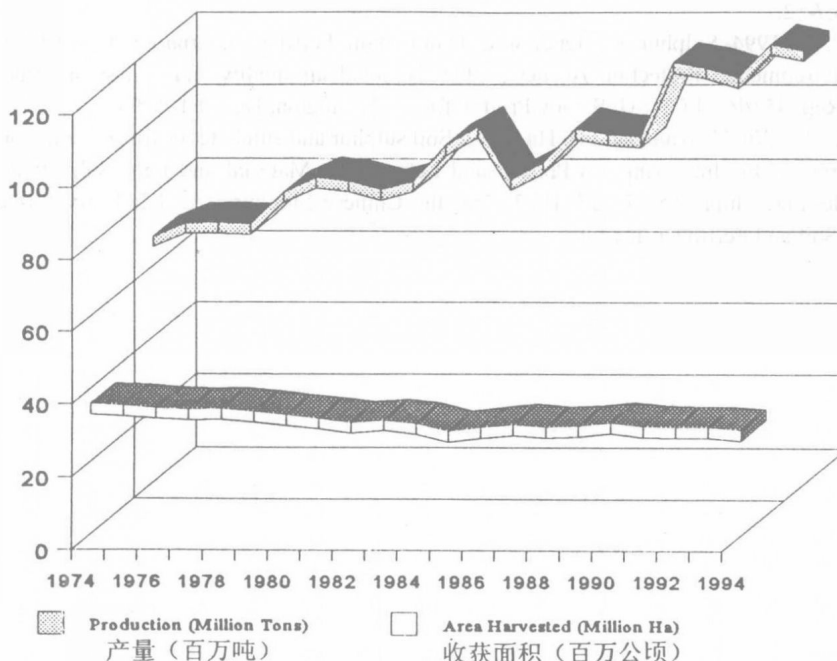


图3. 中国粮食生产发展状况

Fig. 3. Coarse grains production trend in China

参 考 文 献

- [1] Anonymous, 1995. Choosing a treatment to beat sulphur deficiencies. *Farmers Weekly*. 6 Oct. 1995, p. 60.
- [2] Blair, G. J., 1996. Sulphur research in Australia, Indonesia, and China: Lessons for other countries. *Proc. Symp. on Sulphur in Agricultural Soils*, Seoul, Korea. 22-23 Oct. 1996. TSI, Korean Soil Science and Fertilizer Society, and Korean Mineralogical Society.
- [3] Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1995. *FAOSTAT PC/Production*. FAO, Rome, Italy.
- [4] Liu, C., 1995. Soil sulphur status and sulphate fertilizer requirements in southern China. *Proc. of the Int. Workshop on Current and Future Plant Nutrient Sulphur Requirements, Availability, and Commercial Issues for China*, Beijing, China. 9 Mar., 1995. TSI, Chinese Sulphuric Acid Industry Association, Chinese Phosphate Fertilizer Industry Association, and Chinese Society of Plant Nutrition and Fertilizer Sciences.

- [5] Liu C., S. Cao and X. Wu, 1993. Sulphur status in agriculture of China. Technical Report. Institute of Soil Science Academia Sinica, Nanjing, People's Republic of China.
- [6] MacKenzie, D., 1995. Killing crops with cleanliness. *New Scientist*. 23 Sep. 1995, p. 4.
- [7] Messick, D., 1992. Soil test interpretation for sulphur in the United States-an overview. *Sulphur in Agric.* 16:24-25.
- [8] Mutert, E. S., Portch, and Y. C. Woo., 1993. Asia's present and future agronomic problems. *Agro-Chemicals News in Brief*. Vol. XVI, No. 4, Oct.-Dec., 1993.
- [9] Salk, R. 1995., Sulphur-turning crops on! *Fertilizer Focus*. Apr. 1995.
- [10] Schung E., 1992. Baking quality and sulphur content of wheat I. Influence of grain sulphur and protein concentrations on loaf volume. *Sulphur in Agric.* 16:31-34.
- [11] Schung E., 1991. Sulphur nutritional status of European crops and consequences for agriculture. *Sulphur in Agric.* 15:7-12.
- [12] Sutton, C. D., 1994. Sulphur deficiency spreads in Britain. *Fertilizer International*. 329:40. Jan. 1994.
- [13] U. S. Environmental Protection Agency., 1994. National air quality and emissions trends report, 1993. USEPA Rep. 454/R-94-026. U. S. Gov.Print. Office, Washington, DC. Oct. 1994.
- [14] Zhang, K., W. Wu, X. Wang, and H. Hu, 1993. Soil sulphur and sulphate fertilizer use in northeast China. p. 64-70. *Proc. of the Int. Symp. on Present and Future Raw Material and Fert. Sulphur Requirements for China*, Beijing, China. 15-17 Jun. 1993. TSI, the Chinese Sulphuric Acid Industry Association, and the Chinese Soil and Fertilizer Institute.