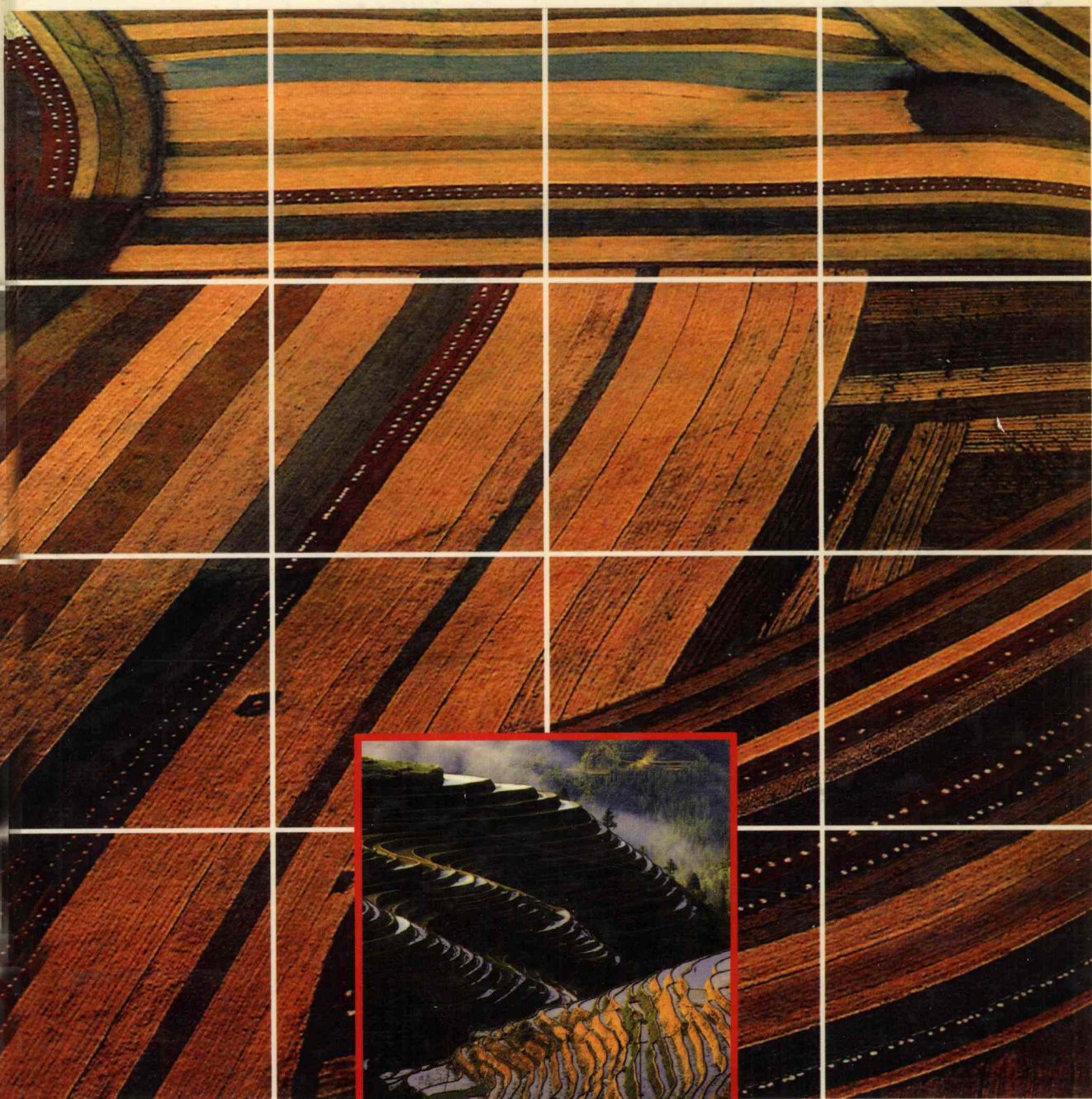


中国土壤 微量元素

刘铮 主编

MICROELEMENTS IN SOILS OF CHINA



江 苏 科 学 技 术 出 版 社

中国土壤微量元素

刘 铮 主编

江苏科学技术出版社

MICROELEMENTS IN SOILS OF CHINA

Liu Zheng et alii

Jiangsu Science and Technology Publishing House
Nanjing, China

中国土壤微量元素

主 编 刘 铮
责任编辑 陆宝珠

出版发行 江苏科学技术出版社
(南京市中央路 165 号, 邮编: 210009)
经 销 江苏省新华书店
照 排 南京理工大学激光照排公司
印 刷 淮阴新华印刷厂

开 本 787×1092 毫米 1/16
印 张 26
插 页 4
字 数 620,000
版 次 1996 年 12 月第 1 版
印 次 1996 年 12 月第 1 次印刷
印 数 1—1,000 册

标准书号 ISBN 7-5345-2278-1/S345
定 价 40.00 元(精)

我社图书如有印装质量问题,可随时向承印厂调换。

撰写人员

前言		刘 铮
第一章	自然界中的微量元素	刘 铮
第二章	微量元素与农牧业生产	刘 铮
第三章	土壤微量元素与环境质量	蔡祖聪
第四章	土壤中的硼	刘 铮
第五章	土壤中的钼	刘 铮
第六章	土壤中的锰	刘 铮
第七章	土壤中的锌	朱其清
第八章	土壤中的铜	刘 铮
第九章	土壤中的钴	蔡祖聪
第十章	土壤中的镍	汪金舫
第十一章	土壤中的钒	汪金舫
第十二章	土壤中的钛	刘 铮
第十三章	土壤中的稀土元素	刘 铮
第十四章	土壤中的硒	丁维新
第十五章	土壤中的镉、砷、汞、铅和铬	蔡祖聪

CONTRIBUTORS

Introduction			Liu Zheng
Chapter	1	Microelements in nature	Liu Zheng
Chapter	2	Microelements in agriculture and animal husbandry	Liu Zheng
Chapter	3	Soil microelements and environmental quality	Cai Zucong
Chapter	4	Boron in soils	Liu Zheng
Chapter	5	Molybdenum in soils	Liu Zheng
Chapter	6	Manganese in soils	Liu Zheng
Chapter	7	Zinc in soils	Zhu Qiqing
Chapter	8	Copper in soils	Liu Zheng
Chapter	9	Cobalt in soils	Cai Zucong
Chapter	10	Nickel in soils	Wang Jinfang
Chapter	11	Vanadium in soils	Wang Jinfang
Chapter	12	Titanium in soils	Liu Zheng
Chapter	13	Rare earth elements in soils	Liu Zheng
Chapter	14	Selenium in soils	Ding Weixin
Chapter	15	Cadmium, arsenic, mercury, lead and chromium in soils	Cai Zucong

内 容 简 介

本书系统地介绍中国土壤中微量元素的含量、分布、形态、有效性及其影响因子,缺乏微量元素的土壤类型和分布,微量元素与植物生长和产量的关系,与人和动物健康的关系,以及与环境质量的关系等。所包括的微量元素为硼、钼、锰、锌、铜、钴、镍、钒、钛、硒、镉、铅、铬、汞、砷、稀土元素等。

本书可供农业科学工作者,特别是土壤和农业化学工作者、环境保护工作者和有关的科学工作者和高等院校师生参考。

Summary

This book deals with the content, distribution, form, availability and its affecting factors in soils of China, the type and distribution of soils deficient in microelements, and the role of microelements in plant growth and agricultural production and in animal health. The relation between microelements and environmental quality is considered also. The microelements discussed are boron, molybdenum, manganese, zinc, copper, cobalt, nickel, vanadium, titanium, selenium, cadmium, lead, chromium, mercury, arsenic and rare earth elements. A large amount of work of authors of the Institute of Soil Science of Chinese Academy of Sciences is included in this book. This is a reference work for soil and agricultural scientists and scientists of related disciplines, and teachers and students of universities.

前 言

微量元素指自然界中广泛存在的含量极低的化学元素。微量元素的研究和应用已有 60 年以上的历史。科学研究和生产实践证实,许多微量元素为有机体正常生命活动所必需,在有机体的生活和生长中起着重要作用。微量元素在农业生产中有重要意义,不仅是土壤学和农业化学研究中的一个新的生长点,当微量元素供给不足或者过多时,又会影响人和动物的健康,有时还会导致种种地方病的发生。近年来,由于工农业生产活动频繁,发生微量元素的扩散和积聚,有的影响环境质量,有的形成污染和中毒,这一情况已引起人们广泛的关注。目前微量元素已成为许多科学领域中的重要内容,农学、土壤学、农业化学、生态学、植物生理学、环境化学、地球化学、医学、畜牧学等,无不与微量元素有关,引起了这些领域的科学工作者的重视,进行了大量的研究工作。就农业生产而论,在土壤微量元素供给不足的情况下,施用微量元素肥料,已成为提高作物单位面积产量和产品质量的有效、简便、节本的措施,由于用量小而收效大,因而有良好的经济效益。科学研究和生产实践都证实,土壤微量元素供给不足,往往成为限制农产品产量进一步提高的障碍因素。微量元素肥料的应用便是克服这些障碍的必要措施,这是不容忽视的,且已在国内外得到证实。

土壤是植物的立足点和所需养分的主要给源,因而土壤微量元素的供给情况与植物和以植物为食的动物的生长,以及人类的健康都有密切的关系。由于土壤来源于岩石,因而土壤微量元素的丰缺常与地质情况有密切关系。在一定程度上,土壤微量元素含量继承了成土母质的特征,有时会形成特定的微量元素缺乏或过多的地区。明确上述的种种规律,将会有助于对土壤微量元素的供给情况作出评价。

我国的土壤微量元素研究在建国前完全是个空白。本世纪 50 年代初期才开始这方面的研究。50 年代中期将土壤微量元素和稀土元素的含量、分布、形态、转化、移动、有效性等规律,以及与植物生长的关系的研究方向和课题,列入中国科学 12 年远景规划,填补了空白,从此土壤微量元素研究正式纳入了国家科学计划的轨道。我国的微量元素研究工作便是根据上述计划从两个方面展开的,即土壤微量元素的含量、分布、形态、转化、化学行为、有效性及其影响因子等规律性的研究,微量元素在植物体中的作用的研究,以及在农业中的增产效果的试验、微量元素肥料的应用技术的试验等。

农作物对微量元素肥料的反应,是这些元素的生理功能的具体表现和反映。施用微量元素肥料的增产效果,又是对土壤和植物中的微量元素研究所总结出的种种规律的验证。

此外,近年来国内对动物和人的微量元素也进行了大量的工作,证实在我国的具体条件下,微量元素供给是否充足,与人和动物健康有密切关系,有的地方病便是微量元素供给不足或者过多而引起的。与环境质量有关的微量元素的研究,也取得很大的进展。土壤作为一个缓冲体系,对于污染的防治是一个重要环节,许多调控措施都与土壤有密切关系。土壤中的这些元素的情况以及有关的种种规律,为环境质量评价和调控措施提供了依据。

回顾我国关于土壤微量元素的研究和试验,不论在理论方面或者在实践中,都积累了大

量资料,对这些宝贵的资料加以整理,对以后的工作有很大的裨益。这便是编写本书的目的。

本书所论述的微量元素包括植物的必需元素硼、钼、锰、锌、铜,有益元素钴、钛、钒、镍和稀土元素,与动物营养和健康有关的钼和硒,以及与环境质量有关的镉、汞、铬、铅、砷等。近年来我国在农业中成功地应用了稀土元素,而土壤中稀土元素的研究在国内外几乎都是一个空白。我国是世界上应用钴最早的国家,但是土壤中钴的研究一直停留在空白状态。钛和钒则是重要的有益元素,前者已在农业生产中获得实际应用,但是并没有就土壤学的角度加以考虑,既缺乏系统的资料,又未曾就土壤中钛的有效性进行相应的研究和评价。针对这些情况,我们对这几个微量元素在土壤中含量的分布规律和化学行为,进行了系统的研究,填补了空白。这些内容,都在本书中各自作为一章单独来讨论。

近些年来,我国关于土壤微量元素的论文和报告的数量很多,本书所引用的并不是有关文献的全貌,只是将所引用的文献在各章后面列出,以供进一步阅读时参考。由于工作量大,时间短促,疏漏和错误之处,尚希读者指正。

刘 铮

目 录

第一章 自然界和土壤中的微量元素	1
一、自然界中的微量元素	1
(一)微量元素的一般概念	2
(二)必需元素的周期性	4
(三)土壤圈	7
二、土壤中的微量元素	8
(一)土壤中微量元素的来源	9
(二)土壤中微量元素的含量	12
(三)土壤中微量元素的形态	15
(四)土壤中微量元素的有效性	17
(五)土壤中微量元素的循环	21
(六)中国土壤中的微量元素情况	21
参考文献	24
第二章 微量元素与农牧业生产	25
一、微量元素与农业生产	25
(一)微量元素在农业生产中的作用	25
(二)微量元素在植物营养中的作用	28
(三)微量元素肥料的应用	29
二、微量元素与畜牧业	29
(一)微量元素在畜牧业中的重要性	29
(二)微量元素在动物营养中的作用	30
(三)动物缺乏微量元素的防治途径	34
参考文献	35
第三章 土壤微量元素与环境质量	36
一、微量元素与土壤生物活性	36
(一)微量元素对土壤微生物过程的影响	36
(二)土壤微生物对微量元素的抗性	37
二、过量的微量元素对植物生长和品质的影响	38
(一)植物对微量元素的吸收	38
(二)微量元素过多对植物的毒害	40
(三)微量元素对农产品品质的影响	40
三、土壤微量元素与大气质量	41
(一)土壤扬尘	41
(二)微量元素的挥发	41
四、土壤微量元素与水质	42

(一)地表径流和侵蚀	42
(二)微量元素的渗滤迁移	42
(三)影响微量元素迁移的因素	42
五、微量元素污染土壤的治理和利用	43
参考文献	44
第四章 土壤中的硼	47
一、土壤中硼的来源	47
二、土壤中硼的含量	48
三、土壤中硼的形态	51
四、土壤中硼的有效性及其影响因子	53
五、土壤中硼的吸附	60
(一)硼的无机吸附	61
(二)硼的有机吸附	62
六、中国土壤中的硼	63
(一)红壤区土壤中的硼	63
(二)黄土区土壤及黄潮土中的硼	70
(三)华北区土壤中的硼	73
(四)青藏区土壤中的硼	75
(五)盐土中的硼	77
(六)水稻土中的硼	79
(七)中国土壤中硼的分布图	80
(八)中国的缺硼土壤	82
七、硼与农业生产	85
参考文献	88
第五章 土壤中的钼	92
一、土壤中钼的来源	92
二、土壤中钼的含量	93
三、土壤中钼的形态	96
四、土壤中钼的有效性及其影响因子	99
五、土壤中钼的吸附	102
六、中国土壤中的钼	105
(一)红壤区土壤中的钼	105
(二)黄土区土壤中的钼	111
(三)华北区土壤中的钼	114
(四)东北区土壤中的钼	118
(五)西北区土壤中的钼	119
(六)青藏区土壤中的钼	121
(七)水稻土中的钼	123
(八)中国土壤中钼的分布图	124
(九)中国的缺钼土壤	126

七、钼与农牧业生产	128
参考文献	131
第六章 土壤中的锰	134
一、土壤中锰的来源	134
二、土壤中锰的含量	135
三、土壤中锰的形态	136
四、土壤中锰的有效性及其影响因子	141
五、中国土壤中的锰	150
(一)红壤区土壤中的锰	151
(二)黄土区土壤中的锰	156
(三)华北区土壤中的锰	158
(四)东北区土壤中的锰	162
(五)西北区土壤中的锰	163
(六)西藏土壤中的锰	164
(七)水稻土中的锰	165
(八)中国土壤中锰的分布图	167
(九)中国的缺锰土壤	169
六、锰与农业生产	171
参考文献	174
第七章 土壤中的锌	177
一、土壤中锌的来源	177
二、土壤中锌的含量	178
三、土壤中锌的形态	182
四、土壤中锌的有效性及其影响因子	187
五、中国土壤中的锌	190
(一)红壤区土壤中的锌	192
(二)华北区土壤中的锌	193
(三)东北区土壤中的锌	194
(四)黄土区土壤中的锌	195
(五)四川土壤中的锌	195
(六)新疆土壤中的锌	196
(七)水稻土中的锌	196
(八)中国土壤中有效态锌的分布图	197
(九)中国的缺锌土壤	197
六、锌与农业生产	199
参考文献	201
第八章 土壤中的铜	204
一、土壤中铜的来源	204
二、土壤中铜的含量	205

三、土壤中铜的形态	206
四、土壤中铜的有效性及其影响因子	210
五、中国土壤中的铜	213
(一)红壤区土壤中的铜	214
(二)黄土地土壤中的铜	217
(三)华北区土壤中的铜	219
(四)东北区土壤中的铜	220
(五)西北区土壤中的铜	222
(六)青藏区土壤中的铜	223
(七)水稻土中的铜	224
(八)中国土壤中铜的分布图	226
六、铜与农牧业生产	228
参考文献	231

第九章 土壤中的钴

一、土壤中钴的来源	233
二、土壤中钴的含量	235
三、土壤中钴的形态	239
四、土壤中钴的有效性及其影响因子	243
五、中国土壤中的钴	247
六、钴与农牧业生产	248
(一)钴与畜牧业生产	248
(二)钴与农业生产	249
(三)甲基钴胺素在环境中的作用	250
(四)钴的毒害作用	250
参考文献	251

第十章 土壤中的镍

一、土壤中镍的来源	254
二、土壤中镍的含量	255
三、土壤中镍的形态	256
四、土壤中镍的有效性及其影响因子	256
五、中国土壤中的镍	258
六、镍与农业生产	261
参考文献	261

第十一章 土壤中的钒

一、土壤中钒的来源	266
二、土壤中钒的含量	267
三、土壤中钒的形态	268
四、土壤中钒的有效性及其影响因子	269

五、中国土壤中的钒	270
六、钒与农业生产	273
参考文献	275
第十二章 土壤中的钛	280
一、土壤中钛的来源	280
二、土壤中钛的含量	281
三、中国土壤中的钛	282
四、钛与农业生产	286
参考文献	291
第十三章 土壤中的稀土元素	293
一、稀土元素的来源	293
二、土壤中稀土元素的含量	295
(一)土壤中稀土元素的总含量	295
(二)土壤中单一稀土元素的含量	298
(三)土壤中可溶态稀土元素的含量	308
三、土壤中稀土元素的形态	311
四、土壤中稀土元素的有效性及其影响因子	313
五、土壤中稀土元素的吸附和解吸	317
(一)土壤中稀土元素的吸附	317
(二)土壤中稀土元素的解吸	320
六、中国土壤中的稀土元素	320
七、稀土元素与农业生产	321
参考文献	327
第十四章 土壤中的硒	330
一、土壤中硒的来源	330
二、土壤中硒的含量	335
(一)土壤中硒的含量分布特点	335
(二)影响土壤中硒含量的因素	336
(三)硒在土壤剖面中的分布	338
三、土壤中硒的形态及其转化	338
(一)土壤中各形态的硒	339
(二)土壤中硒形态的转化	340
四、土壤中硒的有效性及其影响因子	341
五、中国土壤中的硒	347
(一)东北区土壤中的硒	349
(二)西北区土壤中的硒	351
(三)东部沿海及红壤区土壤中的硒	351
(四)华北地区土壤中的硒	355

(五)中国土壤中水溶态硒的含量 355

(六)缺硒土壤 358

(七)富硒土壤 359

六、硒与人和动物健康 359

 (一)硒在畜牧业中的意义 359

 (二)硒与人类健康 361

参考文献 362

第十五章 土壤中的镉、砷、汞、铅和铬 369

一、土壤中镉、砷、汞、铅和铬的来源 369

二、土壤中镉、砷、汞、铅和铬的含量 373

三、土壤中镉、砷、汞、铅和铬的形态及其转化 379

 (一)土壤中镉、砷、汞、铅和铬的形态 381

 (二)土壤中水溶态镉、砷、汞、铅和铬 384

 (三)土壤中镉、砷、汞、铅和铬的形态转化 384

四、土壤中镉、砷、汞、铅和铬的有效性及其影响因子 387

五、中国农业土壤中镉、砷、汞、铅和铬的污染现状 390

参考文献 391

CONTENTS

Chapter 1 Microelements in nature	1
1. Microelements in nature	1
(1) General concepts of microelements	2
(2) Microelements and periodical table of chemical elements	4
(3) Pedosphere	7
2. Microelements in soils	8
(1) Origin of microelements in soils	9
(2) Content of microelements in soils	12
(3) Forms of microelements in soils	15
(4) Availability of microelements in soils	17
(5) Cycles of microelements in soils	21
(6) Status of microelements in soils of China	21
References	24
Chapter 2 Microelements and agriculture	25
1. Microelements and agriculture	25
(1) Role of microelements in agriculture	25
(2) Microelements and plant nutrition	28
(3) Application of microelement fertilizers	29
2. Microelements and animal health	29
(1) Role of microelements in animal husbandry	29
(2) Microelements and animal nutrition	30
(3) Prevention and curing of microelement deficiency of animals	34
References	35
Chapter 3 Soil microelements and environmental quality	36
1. Microelements and bioactivity of soils	36
(1) Influence of microelements on soil microbiological processes	36
(2) Resistance of soil microorganisms to microelements	37
2. Influences of microelements in soils on growth and quality of plants	38
(1) Absorption of microelements by plants	38
(2) Toxicity of microelement excess to plants	40
(3) Influences of microelement excess on quality of agricultural products	40
3. Soil microelements and quality of atmosphere	41
(1) Dusts in atmosphere	41
(2) Volatilization of microelements	41
4. Soil microelements and quality of water	42

(1) Surface runoff and erosion	42
(2) Percolation and transportation of soil microelements	42
(3) Factors influencing transportation of soil microelements	42
5. Amelioration and utilization of soils polluted by microelements	43
References	44

Chapter 4 Boron in soils 47

1. Origin of boron in soils	47
2. Content of boron in soils	48
3. Forms of boron in soils	51
4. Availability of boron and affecting factors	53
5. Adsorption of boron	60
(1) Inorganic adsorption	61
(2) Organic adsorption	62
6. Boron in soils of China	63
(1) Boron in red soils	63
(2) Boron in loessial soils and yellow fluvo-aquic soil	70
(3) Boron in soils of North China	73
(4) Boron in soils of Qinghai and Xizang region	75
(5) Boron in saline soils	77
(6) Boron in paddy soils	79
(7) Map of distribution of boron in soils of China	80
(8) Boron-deficient soils of China	82
7. Role of boron in agricultural production	85
References	88

Chapter 5 Molybdenum in soils 92

1. Origin of molybdenum in soils	92
2. Content of molybdenum in soils	93
3. Forms of molybdenum in soils	96
4. Availability of molybdenum in soils and affecting factors	99
5. Adsorption of molybdenum	102
6. Molybdenum in soils of China	105
(1) Molybdenum in red soils	105
(2) Molybdenum in loessial soil and yellow fluvo-aquic soil	111
(3) Molybdenum in soils of North China	114
(4) Molybdenum in soils of Northeast China	118
(5) Molybdenum in soils of Northwest China	119
(6) Molybdenum in soils of Qinghai and Xizang region	121
(7) Molybdenum in paddy soils	123
(8) Map of distribution of molybdenum in soils of China	124
(9) Molybdenum-deficient soils of China	126