

中国红树林研究与管理

RESEARCH AND MANAGEMENT ON CHINA MANGROVES

范航清 梁士楚 主编

Edited by Fan Hangqing and Liang Shichu

科学出版社

Science Press

1995

序

自从本世纪 60 年代蓬勃兴起环境保护以来,湿地一直是环境保护的重点之一。在湿地之中,热带、亚热带海岸的红树林又是最受注意的对象。1992 年 6 月在巴西里约热内卢召开的联合国环境与发展大会上制定的我们时代的最重要文献之一——《二十一世纪议程》的第二部分第 17 章“保护海洋资源”中指出:“珊瑚礁和沿海生境,如红树林……是生产力高的区域,现在却受到来自许多方面的威胁。”

对红树林的破坏,在全世界正受到越来越大的关注。究其原因,是以前人们对红树林的价值认识不足,现在则随着生态学的发展,对它的价值的认识越来越清楚了。从环境价值来说,首先,它抵抗风浪的袭击,促淤保滩,巩固堤岸,在海岸带没有其他植物和设施能替代它,在台风袭击的沿海尤为重要;当前,全球变暖,海平面上升,从而威胁到沿海低地的问题,而根据国外新近的研究,红树林能随海平面的上升而上长,至少能与 8cm 内的海平面上升同步,从而减少海水的威胁。其次,有机质丰富的红树林土壤对大气气体是一种净碳汇(sink),如果把红树林砍伐变成农地,就会引起这种汇的丧失,以碳源(source)代替它们,这对气候的改变和全球变暖有一定影响。第三,红树林有一定净化污水的能力。最后,红树林为候鸟提供了重要的季节性生境,因而它是《拉姆萨公约》(即《湿地和水禽栖息地公约》)保护的對象。

从经济价值来说,第一,红树林是许多海洋生物,特别是某些鱼、虾、蟹、贝类的繁殖场,为在深水區活动的许多生物提供了支持,这是它的间接经济价值。第二,红树林直接的经济价值是提供单宁、木材,还可作为药用。

从审美和科学价值来说,红树林在碧海、蓝天的背景下,加之有大批候鸟珍禽出没,具有独特的观赏价值。在科学上它对于研究生物适应不利的过渡环境(生态过渡带 ecotone)有十分重要的意义。

还应该指出,以上的价值只是在我们目前的知识水平上认识到的,随着科学技术的进步,还可能发现其他的现在还不了解的价值。美国科学家曾计算出 1ha 潮间沼泽地(包括红树林在内),作为海岸保护和鱼类繁殖的生境系统,其价值每年可达 7.2 万美元,这可以给我们关于红树林价值的一个粗略概念。

正是由于红树林具有重要价值,而目前在世界许多地方受到严重破坏,近 20 年来国际上红树林研究蓬勃发展,出现了多个地区性研究计划,召开了多次以红树林为对象或包括红树林在内的国际性或地区性的湿地学术讨论会,并于 1990 年成立了“国际红树林

① M. K. Tolba et al. (eds) The World Environment 1972—1992. 1993.

生态系统协会”(ISME)。1991年还由 UNESCO, UNDP, ISME 联合召开了“红树林宪章”起草工作会议。

我国红树林的分布北起浙江甌江口,南至海南岛。组成的红树植物目前有 20 科 25 属 37 种。无论组成种类和分布范围,在太平洋西岸都具有代表性。可是,近 40 年来,由于围垦、砍伐以及其他破坏,面积急剧减少,林相日益残败。据估计,40 年来,面积从 4.2 万 ha 减少到目前的 1.4 万 ha,减少了 66%。因此,与世界其他红树林分布地区相比,我们面临更加艰巨的保护和恢复的任务。

对我国红树林的近代研究,虽然从 50 年代就已开始,但系统的较大规模的研究是在 70 年代以后,以林鹏教授为首的厦门大学红树林研究集体一直是我国红树林研究的主力。此外,中山大学、中国科学院华南植物研究所、中国林业科学院华南热带林业研究所、国家海洋局第三海洋研究所、中国科学院南海海洋研究所、广西海洋研究所等单位也从事过或尚在从事红树林的有关研究。广西壮族自治区政府于 1991 年在北海市成立了专门的“红树林研究中心”。1992 年在中国生态学会下设立了“红树林生态学研究学组”。在研究力量方面已形成了 30 余人的研究队伍,发表有关红树林的生态、分类、保护、栽培、繁殖等论文数十篇。出版了林鹏的《红树林研究论文集》(1990, 1993),广西红树林研究中心的《广西科学院学报·红树林论文专辑》(1993)等。

随着我国环保事业的开展,红树林进一步受到各界和各级政府领导的重视。到 1993 年底为止,先后在海南、广西、广东和福建建立了 7 个红树林保护区(其中海南东寨港、广东深圳福田和广西山口 3 个为国家级;海南文昌头宛、广西北仑河口、广东湛江、福建九龙江口 4 个为省级),保护红树林面积 6 781ha,约占现有全国红树林面积的 46%。此外,台湾有淡水河口红树林自然保护区,香港有米埔红树林自然保护区。

1993 年 10 月在广西北海市召开了全国第一届红树林生态系统学术研讨会,来自国内外的 50 余名科学工作者参加,会上共宣读了 30 篇论文。

1994 年 8 月由国家海洋局牵头,组织了全国各地红树林工作者在广西南宁起草了“中国红树林保护行动计划”,同年,国家环保局还向东南沿海各省颁布了关于保护海岸红树林的文件,包括红树林湿地在内的我国重点湿地保护名单也于同年公布。

从这个文集可看出,中国红树林研究无论在深度和广度方面都已取得了很大的成就,特别是,提出论文的大多是青年科学工作者。它预示着充满了活力的年轻的中国红树林科学将为我国红树林的保护、合理利用、恢复和发展,为世界的红树林科学的发展做出重要的贡献!

中国生态学会理事长 陈昌笃

1995 年 2 月

① 范航清. 成立“中国红树林研究中心”的必要性和中心任务. 广西科学院学报. 1993, 9 (2).

前言

红树林是生长于热带和亚热带海岸和河口潮间带的木本植物群落,红树林生态系是陆地到海洋过渡的生态系。由于边缘效应,红树林生态系开放性很强,生物繁多,生产力高,具有独特的生态功能和重大的生态经济效益,因此引起国际上的高度重视,成为目前全球海洋生物多样性保护的重点对象之一。

我国东南沿海省(区)曾生长着大量的红树林,但长期以来认为红树林在用材方面的直接经济价值不大,对红树林的综合经济价值和生态价值又认识不足,红树林的破坏非常严重。近10年来,我国沿海地区的经济发展迅速,将红树林滩涂用于发展港口、工业、房地产、虾塘、污水排放地的现象时有发生,任其发展下去我国的红树林将有灭绝的危险。加强海岸和河口红树林生态系的科学研究、保护和恢复红树林生态系已迫在眉睫。1980年以来我国先后成立了7个国家级和省(区)级红树林自然保护区(未包括台湾和港澳地区),1991年广西成立了红树林研究中心,1992年中国生态学会红树林生态研究学组成立,1993年召开了我国首届红树林生态系统学术讨论会,1994年起草了中国红树林保护行动计划。与此同时,各级政府的红树林立法保护得到重视,各地的红树林科研工作~~和~~对外学术交流亦得到加强。有鉴于此,我们组织出版《中国红树林研究与管理》一书,以期总结过去,展望未来,促进地区间的合作和学科间的渗透,促进我国作为一个整体开展红树林国际学术交流活动和~~合作研究~~,推动我国红树林事业的发展。

本书由红树林环境及其效应,生理与生态,生态系的生物,恢复、保护与管理四部分组成,从种群与群落、生理生态、植化、土壤、底栖动物、潮汐动力、物质与能量、环境、植物解剖、系统分析、分解作用、造林、管理与教育等方面探讨了红树林生态系统的特征与作用。本书的作者大部分是我国各地区的红树林专家和学者,代表了我国红树林生态系研究和管理的前沿水平。

感谢广西壮族自治区政府李振潜副主席、广西壮族自治区科学技术委员会、广西海洋资源研究开发保护领导小组办公室和广西科学院领导关怀和支持本书的出版,并提供部分资助,特此致谢!中国生态学会理事长陈昌笃教授对出版本书的重视,并欣然作序。中国生态学会红树林生态研究学组组长林鹏教授和广西科学院前院长钱迎倩教授从多方面支持本书的出版工作;林鹏、张宏达等教授审阅书稿,张乔民提供封面照片。对支持本书出版及作出贡献的同志表示衷心的感谢。

由于编者经验有限,难免存在不足之处,恳请读者批评指正。

范航清 梁士楚

1995年2月20日于广西北海

《中国红树林研究与管理》编委会

主 编：范航清 梁士楚

编 委（以姓氏笔画为序）：

韦受庆	卢昌义	江锦祥	张乔民	何明海	何斌源
陈桂珠	李振基	范航清	莫竹承	梁士楚	韩博平

目 录

序 前言

第一部分 红树林生态环境及其效应

海南岛的红树林盐土	廖金凤(1)
红树林与酸性硫酸盐土壤	祝寿泉 张粹雯(6)
红树林海岸潮汐动力学初步研究	张乔民 于红兵 陈欣树 温孝胜(13)
秋茄红树林凋落叶自然分解过程中的环境效应	
.....	庄铁诚 林 鹏(21)
污水处理对秋茄苗吸收运转同位素 ³² P 的影响	陈桂珠 缪绅裕 郭会军(27)
红树林抵御温室效应负影响的生态功能	
.....	卢昌义 林 鹏 叶 勇 崔胜辉 汪和海(33)

第二部分 红树林的生理与生态

红树植物叶片脂肪酸气相色谱分析及生态意义初探 ...	林良牧 汪和海 卢昌义(39)
三种红树群落碳素的对比研究	郑文教 林 鹏(44)
广西沙滩群落金属元素的数量与分布	范航清 何斌源 梁士楚(50)
温室中秋茄苗的光合速率与生态因子相关性初探	
.....	缪绅裕 陈桂珠 郭会军 周运强(59)
海滩盐度对两种红树叶肉细胞超微结构影响的研究	叶庆华 林 鹏(65)
适应度分析	
——一种从生理指标评价植物对逆境反应的方法	郭会军 陈桂珠(71)
红树林地史分布追溯及其意义	金建华 韩博平(76)
红树植物的生态位特征及其研究意义	韩博平 范航清(80)
广西曲湾红树植物种群分布格局的研究	梁士楚 莫竹承 葛文标(85)
广西英罗湾红海榄群落演替中种间竞争初探	梁士楚 葛文标(94)

九龙江口桐花树群落的生物量和能量的初步研究	林 鹏	王文卿	胡宏友(100)
秋茄群落中简单能量流动网络的分析	韩博平	林 鹏	(107)
光因子对几种红树植物胚轴根萌发及生长的影响	何斌源	范航清	梁士楚(115)

第三部分 红树林生态系的生物

深圳福田红树林湿地藻类生态及其系统包陷功能研究	刘 玉	陈桂珠	缪绅裕(121)
深圳福田红树林大型底栖动物的种类组成研究	余日清	陈桂珠	蓝崇玉
... 李世华	黄玉山	谭凤仪	陈湘如
刘治平(130)			
大亚湾埔渔洲红树林区大型底栖生物生态研究	李荣冠	江锦祥	鲁 淋
... 郑凤武	黄心光	吴启泉(136)	
红树林区大型底栖动物及其与家禽关系的调查	韦受庆	何斌源	陈 坚(146)

第四部分 红树林生态系的恢复、保护与管理

红海榄海上育苗和移栽实验及其受害因子初探	何斌源	范航清	梁士楚(153)
秋茄胎生幼苗异常生长的初步观察	梁 华		(160)
广西红树林造林技术的初步研究	莫竹承	梁士楚	范航清(164)
我国红树林保护与管理的现状	何明海	范航清	(173)
中国古代某些红树林管理法规的借鉴	卢昌义	林 鹏	陈焕雄(183)
广西海岸红树林现状及人为干扰	范航清		(189)
中学红树林的教学	凌俊文		(203)

CONTENTS

FOREWORD

PREFACE

PART I

THE ECOLOGICAL ENVIRONMENT AND EFFECTS OF MANGROVES

- The mangrove solonchak of Hainan Island Liao Jinfeng (5)
- Mangrove and acid sulphate soils Zhu Shouquan and Zhang Cuiwen (12)
- Preliminary studies on the tidal hydrodynamics of mangrove coasts
..... Zhang Qiaomin and Yu Hongbing, Chen Xinshu and Wen Xiaosheng (20)
- Environmental effects from the process of natural decomposition of litter leaves in
Kandelia candel mangrove forest Zhuang Tiecheng and Lin Peng (26)
- The effects of wastewater discharge on the law of uptaking and transporting isotope
³² P in *Kandelia* Chen Guzhu, Miao Shenyu and Guo Huijun (32)
- The ecological function of mangroves in resistance to negative impacts of the greenhouse
effect.....Lu Changyi and Lin Peng, Ye Yong, Cul Shenghul and Wang Hehai (37)

Part I

THE PHYSIOLOGY AND ECOLOGY OF MANGROVES

- A preliminary analysis on fatty acids compositions in leaves of mangroves by gas chrom-
atography and its ecological significance
..... Lin Liangmu, Wang Hehai and Lu Changyi (43)
- A comparative study on carbon elements in three mangrove communities
..... Zheng Wenjiao and Lin Peng (49)
- The quantity and distribution of metal elements of an *Avicennia marina* community at
the sand beach of Daguansha and Guangxi

.....	Fan Hangqing and He Binyuan and Liang Shichu (5 8)
A preliminary study on the correlation between photosynthetic rates of <i>Kandelia candel</i> seedling and ecological factors in a greenhouse	
.....	Miao Shenyu, Chen Guizhu, Guo Huijun and Zhou Yunqiang (6 4)
A study on the ultrastructure of mesophyll cells from leaves of two mangrove species to effects of salinity	Ye Qinghua and Lin Peng (6 8)
An adaptation analysis	
—— A method for physiological assessment of plant adverse reactions	
.....	Guo Huijun and Chen Guizhu (7 5)
Geohistorical distribution of mangroves and its significance	
.....	Jin Jianhua and Han Boping (7 9)
The niche characteristics of mangrove species and its significance	
.....	Han Boping and Fan Hanqing (8 4)
A study on the distribution pattern of mangrove plant populations in Quwan, Guangxi	
.....	Liang Shichu, Mo Zhucheng and Ge Wenbiao (9 3)
A preliminary study on interspecific competition of the succession in <i>Rhizophora stylosa</i> community in Yingluo Bay, Guangxi	Liang Shichu and Ge Wenbiao (9 9)
A study on the biomass and energy of <i>Aegiceras corniculatum</i> communities in Jiulong River estuary, Fujian	Lin Peng, Wang Wenqing and Hu Hongyou (106)
A simple network analysis of energy flow in a <i>Kandelia candel</i> community	
.....	Han Boping and Lin Peng (114)
Effects of the light factor on rooting and growth of several mangrove hypocotyls ...	
.....	He Binyuan, Fan Hanqing and Liang Shichu (119)

Part II

THE ORGANISMS IN THE MANGROVE ECOSYSTEM

A study on the algae ecology and the trap capability of the system in Futian mangrove ecosystem	Lin Yu, Chen Guizhu and Miao Shenyu (129)
A study on species composition of the benthic macrofauna in Futian mangroves, Shenzhen	Yu Riqing, Chen Guizhu, Lan Chongyu, Li Shihua, Yukshan Wong, Nora F. Y. Tam, Chen Xiangru and Liu Zhiping (135)
A study of the macrobenthos ecology on the mangrove region in Puyuzhou, Daya Bay	Li Rongguan, Jiang Jinxiang, Lu Lin, Zheng Fengwu, Huang Xinguang and Wu Qiquan (145)
A preliminary survey on benthic macrofauna and the relationship between benthic macrofauna and domestic fowls in mangrove swamps	

..... Wei Shouqing, He Binyuan and Chen Jian (152)

Part IV

THE RESTORATION, PROTECTION AND MANAGEMENT OF MANGROVE ECOSYSTEM

- A preliminary exploration on nursery and transplantation experiments of *Rhizophora stylosa* in the sea and its damaging factors
..... He Binyuan, Fan Hangqing and Liang Shichu (159)
- Preliminary observations on abnormal growth of *Kandelia candel* viviparous seedlings
..... Liang Va (163)
- A preliminary study on planting techniques of Guangxi mangroves
..... Mo Zhucheng, Liang Shichu and Fan Hangqing (172)
- The recent status of protection and management on mangroves in China
..... He Minghai and Fan Hangqing (182)
- Lessons on mangrove administration from ancient Chinese rules
..... Lu Changyi, Lin Peng and Chen Huanxiong (188)
- The current situations of mangroves along Guangxi coast and human disturbances
..... Fan Hangqing (202)
- Mangrove teaching in middle schools Ling Junwen (208)

海南岛的红树林盐土

廖 金 凤

(中山大学地理系, 广州 510275)

摘 要

红树林盐土是一类特殊土壤, 它广泛分布在海南岛沿海。海南岛红树林盐土的特点与植被和土壤母质等有关, 红树林盐土呈酸性, pH 值范围由 2.62 至 6.10, 土壤中阳离子交换量和 P_2O_5 的含量随剖面深度而减少, 但 TiO_2 和 K_2O 的含量变化不大。土壤水溶态离子 Cl^- 与 Na^+ , SO_4^{2-} 与 $(Ca^{2+}+Mg^{2+})$ 呈正相关。

关键词: 海南岛, 红树林盐土, 水溶性离子

红树林盐土又称红树林潮滩盐土、红树林沼泽土、酸性硫酸盐土。红树林盐土是潮滩盐土生长红树后发育而成的, 其分布与红树林的分布有关, 华南沿海许多咸酸田大多发育于红树林盐土。海南岛是我国红树林盐土分布最广的地区, 据统计, 1956 年有林面积约 1 万 $ha^{[1]}$, 目前有林面积仅剩约 0.5 万 ha 。红树林盐土用途较广泛, 可发展海水水产养殖, 其上的红树林可防风固岸。研究红树林盐土, 对开发利用海岸带自然资源, 改良咸酸田, 均有重要意义。

1 样品和方法

样品 1987 年采自海南琼山县演丰、塔市和文昌县头苑。

观察记载的土壤剖面有 6 个, 由于红树林盐土剖面层次大多不明显, 故采用分段采样, 自下而上每隔 20cm 采一个样品。每一土样风干处理后, 首先通过 20 目筛, 然后逐级处理, 分别得到通过 20 目、60 目、100 目筛的样品。

样品测试项目有全量 SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , K_2O , CaO , MgO , TiO_2 , MnO , P_2O_5 , 水溶性离子 K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , pH 值、有机质、阳离子交换量和机械组成, 共 19 个项目。

水溶性离子的提取水土比为 5:1, 振荡 30min, 测定 pH 值水土比为 2.5:1, 阳离子交换量测定用 $BaCl_2-H_2SO_4$ 交换法, 机械组成用甲种比重计法, 测定土壤有机质用通过 100 目筛的样品。其他项目的测定用常规方法^[2]。

2 结果和讨论

2.1 土壤剖面性质和特征

2.1.1 低潮位的土壤（每天受潮进潮退影响的土壤）

剖面 1, 琼山县演丰, 优势植物秋茄

- 0—20cm 棕灰色, 质地较粘, 根系少, pH6.06, 有机质 1.25%。
20—40cm 黑灰色, 较粘, 有少量细根, 夹有约 3cm 厚的泥炭和半分解的植物残体, pH4.08, 有机质 3.70%。
40—60cm 深灰色, 粘, 多根系, pH3.96, 有机质 3.54%。
60cm 以下 灰色, 较粘且紧实, 根系较少, pH3.61, 有机质 2.86%。

剖面 2, 琼山县塔市, 优势植物红海榄

- 0—20cm 深灰色, 轻粘, 有少量根系, 有少量锈纹锈斑, pH4.47, 有机质 1.61%。
20—40cm 灰色, 重壤, 根系中等, 有少量锈纹斑, pH3.67, 有机质 1.06%。
40—60cm 灰色, 重壤根系中等, pH3.55, 有机质 1.26%。
60cm 以下 深灰, 壤土, 根系较少, pH3.72, 有机质 0.26%。

2.1.2 中潮位的土壤（低潮时不能被淹没, 中潮时能被淹没的土壤）

剖面 3, 琼山县演丰, 优势植物木榄

- 0—20cm 灰黑色, 较粘, 根系较少, 有臭味, pH5.27, 有机质 5.67%。
20—40cm 黑灰色, 较粘, 根系较多, pH4.35, 有机质 4.81%。
40—60cm 灰色, 较粘, 根系较多, pH3.26, 有机质 3.57%。
60cm 以下 灰色, 较粘, 根系较少, pH3.20, 有机质 3.93%。

剖面 4, 文昌县头苑, 优势植物海桑

- 0—20cm 灰黑色, 轻粘, 很多须根, pH3.24, 有机质 14.97%。
20—40cm 灰色, 重壤, 粗根较多, pH2.93, 有机质 11.70%。
40—60cm 黄灰色, 轻壤土, 稍紧实, 根系极少, pH2.80, 有机质 6.43%。
60cm 以下 黄灰色, 重砂土, 较紧实, 无根系, pH3.10, 有机质 6.12%。

2.1.3 高潮位的土壤（中潮时不能被淹没, 大潮时才被淹没）:

剖面 5, 琼山演丰, 优势植物海漆

- 0—20cm 褐灰色, 粘, 无根系, pH6.10, 有机质 1.75%。
20—40cm 灰色, 粘, 根系中等, 有臭味, pH3.60, 有机质 2.98%。
40—60cm 灰色, 较粘, 根系较多, 有臭味, pH3.60, 有机质 2.71%。
60cm 以下 灰色, 粘且较紧实, 有少量根系, pH3.52, 有机质 1.32%。

剖面 6, 文昌县头苑, 优势种榄李、瓶花木, 高度约 80cm

- 0—10cm 灰色, 稍紧, 根很少。
10—20cm 黄灰, 较松, 根系较多。
20cm 以下 灰黄色, 砂土, 较松散, 无根系。

2.2 土壤化学组成

2.2.1 有机质

红树林盐土有机质含量普遍较高。大多数在 2.5% 以上, 甚至高达 10% 以上, 平均

4.48%。每年有大量残落物进入土壤，由于海水的浸渍作用，土壤常呈还原状态，有机质分解较慢，易于积累。又由于海洋沉积的影响，红树残落物常被埋藏，甚至产生泥炭化层或半分解的有机质层，致使有机质含量在剖面中变化不定。除了泥炭层外，似有一种趋势，即根系多的层次，有机质含量相对较高。

2.2.2 pH 值

红树林盐土的 pH 值普遍较低，pH 值为 2.80—6.10，这是红树林盐土与潮滩盐土的显著区别。潮滩盐土是呈碱性反应的。红树林盐土表层（0—20cm）的 pH 值比其下层明显高些，在 20cm 以下，pH 值变化较缓。

红树林盐土呈强酸性和酸性与红树植物密切相关。红树植物富含单宁，其含量为 1.27—4.09%^[3]，单宁具有多元酚基和羧基，略带酸性。红树又是富硫植物，含硫 0.2—0.95%，平均 0.43%^[4]。硫在氧化条件下，可氧化生成亚硫酸和硫酸。在还原状态下，有机物分解产生多种有机酸和硫化物。这是红树林盐土酸度较高的主要原因。土壤剖面中出现的臭味主要是极度还原环境产生的大量硫化氢。

2.2.3 土壤阳离子交换量

海南岛红树林盐土的阳离子交换量为 2.2—20me/100g 土，平均 9.58me/100g 土，表层阳离子交换量是下层的 1.5—5 倍。虽然红树林盐土的有机质含量较高，但由于还原环境，粗有机质含量较高，其吸附、络合阳离子的能力并不强，阳离子交换量与有机质含量的关系不明显，而与粘粒含量的关系较密切些，粘粒含量高的，阳离子交换量较高。

2.2.4 土壤矿质全量

土壤矿质全量测定结果如表 1。

表 1 供试土样的化学组成
Tab. 1 Chemical composition of soil samples

项 目	含量范围 (%)	平均含量 (%)	项 目	含量范围 (%)	平均含量 (%)
SiO ₂	45.47—78.56	66.79	MgO	0.28—1.03	0.59
Al ₂ O ₃	3.40—18.47	10.98	P ₂ O ₅	0.016—0.096	0.053
Fe ₂ O ₃	2.65—9.44	6.09	MnO	0.05—0.28	0.09
K ₂ O	0.42—1.19	0.77	TiO ₂	0.21—0.55	0.37
CaO	0.42—0.86	0.64	—	—	—

土壤中 SiO₂ 含量与陆源物质和土壤的物质组成有关，而与土壤离海岸的距离关系不密切。陆源物质较砂的，SiO₂ 含量明显较高。在有机质含最较高，尤其在夹有泥炭层的土层中，SiO₂ 的含量往往较低。在土壤剖面中，Fe, Mn, Ca 有自表层下移的趋势，P 在表层明显积累，K 和 Ti 在全剖面中分布较均匀。

2.2.5 水溶性盐分

红树林盐土水溶性盐分含量较高，尤以水溶性 Cl⁻ 和 Na⁺ 的含量较突出。水溶性 Cl⁻ 含量为 2.1—21.6me/100g 土，平均 11.75/100g 土。水溶性 Na⁺ 是 2.39—19.00me/100g 土，平均 11.40me/100g 土。水溶性 Cl⁻ 与 Na⁺ 含量显著相关，若用 x 和 y 分别代表水溶

性 Na^+ 和 Cl^- 的含量, 两者关系式如下, 相关系数 γ 为 0.978。

$$y = 1.091x - 0.682$$

水溶性 SO_4^{2-} 含量为 0.47—10.82me/100g 土, 平均 3.70me/100g 土。水溶性 Ca^{2+} 是 0.43—4.64me/100g 土, 平均 1.45me/100g 土。水溶性 Mg^{2+} 为 0.14—8.85me/100g 土, 平均 2.69me/100g 土。红树林盐土水溶性 $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$ 大多在 1.5—4.5 之间, 其比值平均为 1.86。当地砖红壤中水溶性 Ca^{2+} 含量往往高于 Mg^{2+} , 与红树林盐土有明显区别。

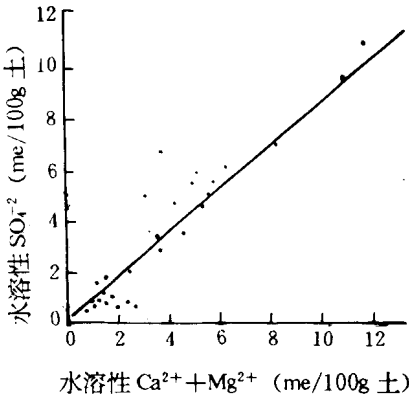


图1 土壤水溶性 SO_4^{2-} 与 $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ 的关系

Fig.1 Relationship between watersoluble SO_4^{2-} and $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ in soil

红树林盐土水溶性 SO_4^{2-} 含量与 Ca^{2+} , Mg^{2+} 总量有一定关系 (图1), 若用 x 和 y 分别代表水溶性 Ca^{2+} , Mg^{2+} 总量和水溶性 SO_4^{2-} 含量, 则有如下关系式, 其相关系数 γ 为 0.878。

$$y = 0.145 + 0.852x$$

由此看来, 在土壤溶液中, Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 对 SO_4^{2-} 的关系, 在一定程度上有互补关系。在土壤溶液中, 也可能 Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} 是以 CaSO_4 , MgSO_4 络合物的形式出现, 而不以氯化物的形式存在。

红树林盐土中水溶性 K^+ 的含量很低, 为 0.01—0.16me/100g 土。水溶性 K^+ 含量与粘粒含量有密切关系, 粘粒含量较多的表层, 水溶性 K^+ 含量相应较高。

2.3 土壤机械组成

红树林盐土颗粒大小较均匀, 绝大多数颗粒小于 1mm, 在风干土样的处理过程中, 很容易通过 20 目筛。红树林盐土几乎无砾石, 这是其与当地砖红壤的差别之一。从机械组成分析结果看, 0.05—0.01mm 的大多占 5—15%, 0.01—0.005mm 的约占 5%, 0.005—0.001 的大多占 10—15%, 小于 0.001mm 的大多在 10—15%。从颗粒组成看, 海南岛红树林盐土大多属壤土类和轻粘土类, 此与物质来源有关, 但土壤质地除了与颗粒大小、物质组成有关外, 还与土壤水分有关。红树林盐土常处在一定的湿状, 因此在剖面观察时, 又常给人以似有粘重的感觉。

红树林盐土一般分布在河口、港湾, 其颗粒组成并非离岸越远颗粒越细, 红树林盐土处在低、中、高潮位范围内, 均可有不同机械组成的土壤分布, 如剖面 1, 3, 5 土壤的质地较粘, 而剖面 2, 4, 6 土壤的质地较砂。

3 结 语

(1) 红树林盐土剖面层次不明显, 有一些层次常夹有数厘米厚的泥炭层或半分解的有机质层。红树林盐土含硫量较高, 由于海水浸渍, 土壤氧化还原电位较低, 其中硫常被还原成硫化氢, 产生臭味。红树林盐土全剖面大多以灰色为主, 在一些表层中由于氧

化还原交替, 也会出现一些锈纹锈斑。

(2) 红树林盐土的显著特点是土壤酸度较大, 这与红树植物富含单宁和硫有关, 其残落物分解产生有机酸、 H_2SO_4 、 H_2S 等是引起土壤酸性的重要因素。在还原状况下, 土壤酸化似更强烈, 导致表层 pH 值较高, 下层较低。

(3) 红树林盐土中的植物根系大多集中分布在土表以下 40—60cm 范围内。由于土壤常呈嫌气状况, 有机质分解缓慢, 容易积累。有机质含量较高, 而且在土壤剖面中变化不定, 大多数土壤在 60cm 以下, 仍然有一定量有机质存在。除了泥炭层外, 往往在根系发达的层次中, 有机质含量相对较高些。

(4) 海南岛红树林盐土大多属轻粘土和壤土类。粘粒含量和阳离子交换量一般随深度有所减小, 阳离子交换量与粘粒关系较密切, 有机质对其影响不明显。

(5) 在红树林盐土剖面中, P 常在表层积累, Fe、Mn、Ca 有下移现象, K、Ti 分布较均匀, Si、Al 含量时常与泥炭层或半分解的残落物层有关。

(6) 红树林盐土盐分含量较高, 水溶性离子含量是 $\text{Cl}^- > \text{Na}^+ > \text{SO}_4^{2-} > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{K}^+$ 。水溶性离子 Cl^- 与 Na^+ 含量, 水溶性 SO_4^{2-} 与 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 总量有一定相关性。

参 考 文 献

- [1] 高蕴璋. 广东的红树林. 热带地理, 1985, 5 (1): 4—7
- [2] 中国土壤学会农业化学委员会. 土壤农业化学常规分析方法. 北京: 科学出版社, 1983. 23—217
- [3] 何金海. 广东省海涂土壤资源及其开发利用. 广东土壤通讯, 1986, 2: 11—12
- [4] 侯学煜. 中国植被地理及优势植物化学成分. 北京: 科学出版社, 1982. 148—150

THE MANGROVE SOLONCHAK OF HAINAN ISLAND

Liao Jinfeng

(Department of Geography, Zhongshan University, Guangzhou 510275)

Mangrove solonchak is a special kind of soil. It is widely distributed in the coast of Hainan Island. The characteristics of the mangrove solonchak of Hainan Island are related to vegetation and soil parent material, etc. The mangrove soil is acidic with pH values ranging from 2.80 to 6.10. Cation exchange capacity and the content of P_2O_5 in soil decreases as depth increases, but the content of TiO_2 and K_2O changes only a little. The content of soil water-soluble ion, Cl^- and Na^+ , SO_4^{2-} and $(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$ have positive correlation.

Key words: mangrove solonchak, Hainan Island, content of watersoluble ion

红树林与酸性硫酸盐土壤*

祝寿泉 张粹雯

(中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

摘 要

本文研讨了酸性硫酸盐土壤的形成和特性与红树林生长发育的关系。红树林的残枝落叶和根系是酸性硫酸盐土中有机物质的重要来源, 大量红树林残体回归土壤并埋藏于土体中, 在微生物参与下, 经分解后, 产生硫化物与单宁酸等, 是土壤中酸性物质的来源及致酸的原由。还着重论述了国内外对酸性硫酸盐土壤分类的动向, 以及土壤系统分类中有关酸性硫酸盐土分类的进展。我国土壤系统分类(1991)将酸性硫酸盐盐土作为盐土类的一个亚类划分出, 这与美国土壤系统分类(1992)酸性硫酸盐潮湿始成土大土类中, 增加的盐积正常干旱酸性硫酸盐潮湿始成土相当, 其表层土壤含盐量一般大于 10g/kg, 呈酸性反应。

关键词: 红树林, 酸性硫酸盐土, 酸性硫酸盐土分类

酸性硫酸盐土是世界性分布的低产土壤之一, 它包括酸性硫酸盐土和潜在酸性硫酸盐土, 主要分布在潮湿的热带和亚热带背风静水海湾和河口三角洲地带, 与红树植物群落的生长范围相一致。在世界上广泛分布于亚洲和远东地区(670 万 ha), 非洲(370 万 ha), 拉丁美洲(210 万 ha)和北美洲(10 万 ha)等沿海岸地带, 其总面积约 1 300 万 ha, 约占世界耕地的 1%。在亚洲尤以越南和泰国分布面积最大^[1,2]。在我国, 酸性硫酸盐土壤大部分被开垦种植水稻, 过去又称酸性盐渍水稻土, 咸酸田, 反酸田, 滨海酸性硫酸盐盐土和红树林潮滩盐土等, 主要分布在广东、广西、海南、福建和台湾等省(区)沿海岸地区, 尤以广东省分布面积最大(6.64 万 ha)。韩江、东江、北江、西江和钦江的入海口及湛江湾分布较为集中, 据不完全统计全国总面积约 10 多万公顷^[3]。

1 酸性硫酸盐土的形成和特性

1.1 酸性硫酸盐土的形成

酸性硫酸盐土主要发育在过去和现在生长红树植物的近海沉积物上, 它的形成与红树林的生长演替有直接关系。我国红树植物种类甚多, 以海南岛红树种类最多, 有 27—

* 国家自然科学基金、中国科学院特别支持资助项目之一。

41种,其他如广东有13—18种,广西12种,台湾14种,福建最少仅7种^[4,5],它们主要分布在与海岸平行的潮间带。在低潮线以下,土壤经常被海水淹没,含盐量高达20—35g/kg,是桐花树(*Acgiceras corniculatum*)、白骨壤(*Avicennia marina*)、秋茄(*Kandelia candel*)等红树先锋植物种类生长的地带。在低潮线以上的中潮带,土壤常受海水间隙浸渍,含盐量为10—25g/kg,为红海榄(*Rhizophora stylosa*)、桐花树、秋茄、海蓬(*Salicornia herbacea*)等生长繁盛地带。在高潮带,土壤一般已脱离海水侵袭,只有特大潮汐才能上水,由于受雨水的淋洗,土壤含盐较低为5—15%,生长有海漆(*Excoecaria agallocha*)、木榄(*Bruguiera gymnorhiza*)等红树植物,是红树林带向陆岸过渡地带^[4]。由于红树植物具有特殊的形态、生态和生理适应性,如白骨壤(*Avicennia marina*),老鼠簕(*Acanthus ilicifolius*)等具有泌盐腺体^[6],所以它们能生长在长期受海水浸渍的淤泥沉积物上,从而形成滨海红树林—盐渍生态景观。

随着红树植物的生长发育,及其落叶、残枝等掉落物回归土壤,以及死亡根系的腐解,为土壤提供了十分丰富的有机物来源。据报道^[6],在世界范围内,红树林掉落物产量变化,从美国佛罗里达灌木状红树林的1.86t/(ha·a),到马来西亚20年生红树林23.4t/(ha·a),7个国家17个点产量平均为8.9t/(ha·a)。我国九龙江口掉落物产量为9.2t/(ha·a)。

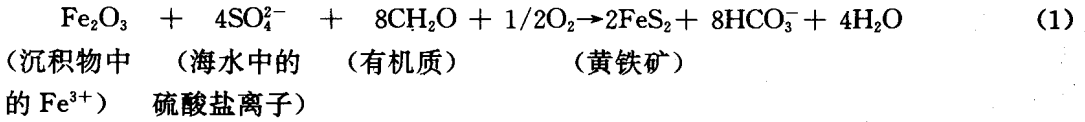
红树植物组织富含硫和单宁。据分析红树植物含硫量很高,一般为2—5g/kg,高的可达29g/kg,平均为3.82g/kg^[7],由于红树植物自海水中吸收SO₄²⁻,并富集于体内,成为土壤中硫的主要来源^[10](见表1)。红树植物含单宁量^[8]:桐花树为8.95%,红树(*Rhizophora apiculata*)为13.6%,秋茄为16—24%,海漆为6.8—9.9%,海桑(*Sonneratia caseolaris*)为17.6%,木果楝(*Xylocarpus grantum*)30%,白骨壤为0.8%,当大量红树林残体回归土壤并埋藏于土体中,经微生物分解后产生单宁酸和硫化物等,是土壤酸性物质的来源,因此,酸性硫酸盐土的发生和形成与红树植物的生长和分布相伴随。

表1 红树中硫含量

Tab. 1 Sulfur content of some mangrove plants in the Southern part of China

植 物	老鼠簕 (<i>Acanthus ilicifolius</i>)			桐花树 (<i>Aegiceras corniculatum</i>)		木 榄 <i>Bruguiera gymnorhiza</i>
	叶	根	茎	叶	茎	叶
全 硫	3.05	1.15	1.77	3.49	1.03	2.45

酸性硫酸盐土在形成发育过程中,硫化物物质的累积和黄钾铁矾斑纹层的形成,是在微生物参与下,经过一系列复杂的化学和生物化学历程。在还原条件下,硫化物的累积可用反应方程式(1)表示^[9]:



由式(1)可见,在还原条件下,硫化物物质的累积主要以黄铁矿(FeS₂)的形式存在。当土壤脱沼泽后,在氧化条件下,与土壤中钾作用形成黄钾铁矾{KFe₃(SO₄)₂(OH)₆}[见反应方程式(2)],