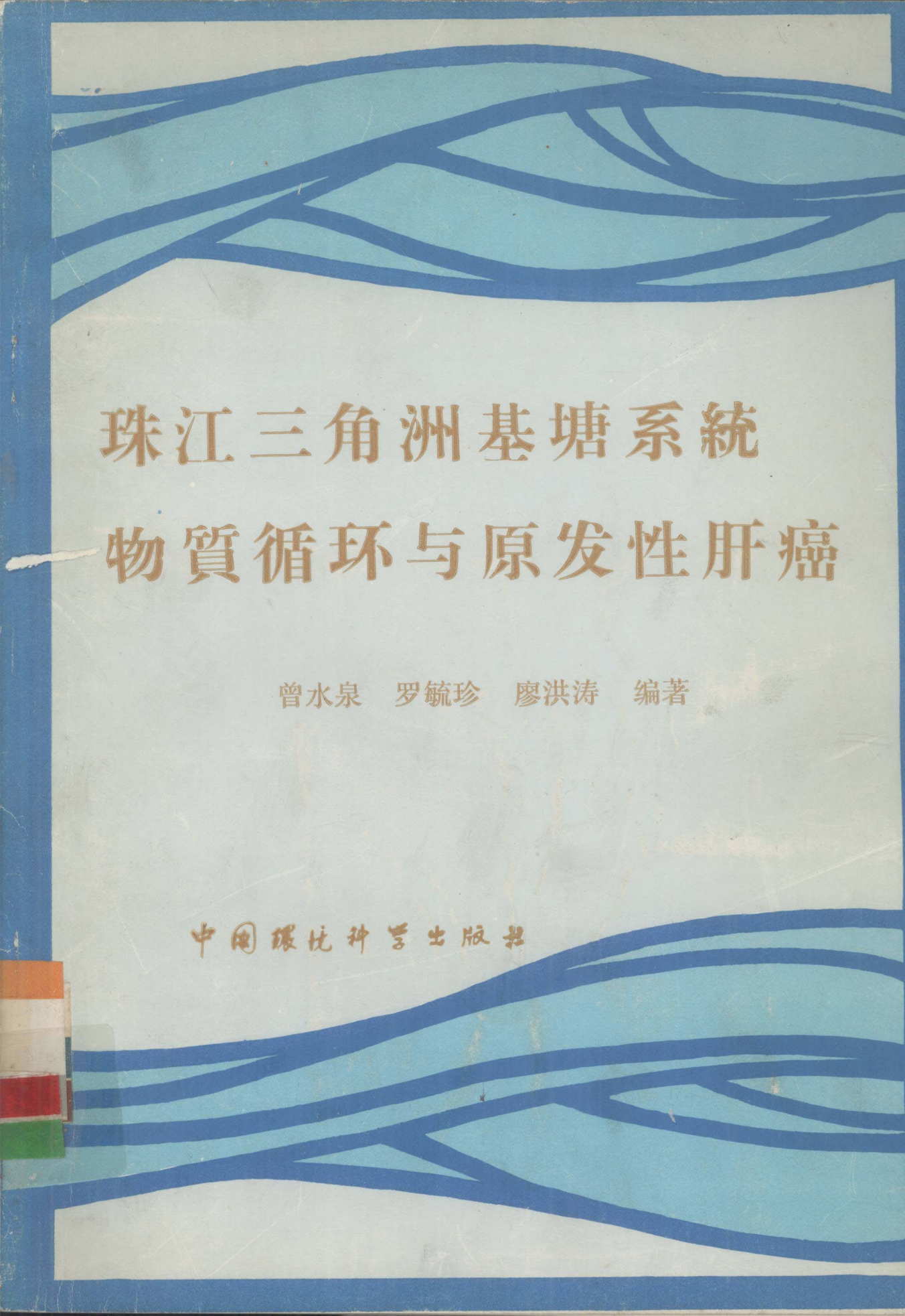




珠江三角洲基塘系統 物質循環与原发性肝癌

曾水泉 罗毓珍 廖洪涛 编著

中國環境科學出版社

珠江三角洲基塘系统 物质循环与季节性污染

陈其华 叶文才 陈其华 叶文才

中国环境科学出版社

珠江三角洲基塘系统物质 循环与原发性肝癌

曾水泉 罗毓珍 廖洪涛 编著

中国环境科学出版社

1991

内 容 简 介

本书是在“七五”国家重点科研攻关项目的研究总结基础上编写而成。书中从揭示基塘生态系统以及环境中化学元素的背景值、现状值及其循环特征入手,进而对当地人群中原发性肝癌高发环境病因作了系统的探讨。本书旨在通过研究找出引起致病的环境因素或条件,并对改善环境状况提出一些探索意见,以便为降低珠江三角洲原发性肝癌发病率贡献一份力量、本书可供该地区卫生保健人员和地方病研究治疗人员阅读参考。

珠江三角洲基塘系统物质 循环与原发性肝癌

曾水泉 罗毓珍 廖洪涛 编
责任编辑 苗润生 刘宽润

•
中国环境科学出版社 出版发行

北京崇文区北岗子街8号
广东省惠东县印刷厂印刷

•
1991年8月第一版 开本: 787×1092 1/16

1991年8月第一次印刷 印张: 8.125

印数: 0001—2,000 字数: 178千字

ISBN 7—80093—098—X/x·563

定 价 6.50 元

序

珠江三角洲地处南亚热带季风气候区,地理位置优越、水热土地资源**丰富**,是我国重要的农业基地。基塘系统是劳动人民在开发利用珠江三角洲过程中在地势低洼的地貌类型区创造出来的一种独特的地理生态系统。其面积约占珠江三角洲面积的10%左右。作者对这一独特的地理生态系统,以物质循环为中心就其形成、发展、演化、功能、结构、经济效益、社会效益,以至人群健康效应进行了系统综合的研究,因而本书在内容、结构和研究构思上有其显著特色。

首先该书拥有丰富的调查资料,对基塘生态系统的变化发展作了全面论述。继而对基塘的特殊土壤——人工堆叠土的20个元素的背景水平进行了研究,这是研究该生态系统物质循环的重要基础。在此基础上,进而对基塘生态系统的物质循环特点作了系统的定量研讨,并得到如下结论:基塘区自然物质来源有限,相反地,生产品的商品率又特别高,因而元素在迁移循环过程中因传输到生态系统外而相对偏低,从而有可能导致某些元素的缺乏。最终认为这种缺乏导致对基塘地区人群健康产生不利影响。

珠江三角洲是原发性肝癌高发区之一,本书在详细研究了该区肝癌的时空分布和人群分布等地理流行规律以及国内外关于肝癌病因的现状后,发现肝癌高发区与基塘区分界线相一致,而且水面积比例愈大发病率愈高,鱼塘和水闸管理人员发病率比其他工种人员更高。为此,进一步就基塘区肝癌高发区水、土、农作物、人的头发、血液、肝脏等各生态系统物质的元素含量与其他低发区相应物质的元素含量进行了对比研究,结果是基塘生态系统(从环境到人体物质)许多元素偏低,特别是Fe、Mn、Se、Zn更为明显,这为探讨该地区原发性肝癌的病因提出了重要的环境学和生态学依据。最后,建议通过改善饮水和食物结构提高上述缺乏元素摄入量的生态学途径来预防肝癌的发生。

可见,本书体现了以特定的地理生态系统(或人地系统)为对象,以物质(元素)循环为中心来研究系统的形成、发展、功能和结构及其社会——经济效益和对人类健康的影响。这是运用地理学、生态学和地球化学思想和方法良好结合。从地理学角度来看,也可以说是生态化学地理研究的一个典例。

谭 见 安

1990、12

谭见安:中国地理学会化学地理专业委员会主任,地方病研究著名的专家,研究员。

CIRCULATIONS OF ELEMENTS IN POND DYKE ECOSYSTEMS AND THEIR EFFECTS ON THE INCIDENCE OF PRIMARY LIVER CANCER IN THE PEARL RIVER DELTA AREA

C O N T E N T S

- Chapter 1, The pond-dyke ecosystems in the Pearl River Delta Area**
- section 1, The ecological conditions of pond-dyke ecosystems in the Pearl River Delta Area
 - section 2, The structures and characteristics of pond-dyke ecosystems in the Pearl River Delta Area
 - section 3, Analysis on ecological effectiveness of pond-dyke ecosystems in the Pearl River Delta Area
 - section 4, Forming and evolution of pond-dyke ecosystems in the Pearl River Delta Area
- Chapter 2, The characteristics of soils in pond-dyke ecosystems in the Pearl River Delta Area**
- section 1, The types and formations of soils in the pond-dyke ecosystems
 - section 2, The characteristics of soils in the pond-dyke ecosystems
 - section 3, The moisture of soils in the pond-dyke ecosystems
- Chapter 3, The environmental element background-contents in the soils of the pond-dyke ecosystem**
- section 1, The environmental element background-contents in the soils
 - section 2, The variation rules of the environmental element background-contents in the soils
- Chapter 4, The Characteristics of substance circulations in the pond-dyke ecosystems**

- section 1: The models of biological circulations
- section 2: The characteristics of element N circulation
- section 3: The characteristics of element P circulation
- section 4: The characteristics of element K circulation
- section 5: The circulation characteristics of trace elements
- Chapter 5: The effects of the habitat of the pond-dyke area on the incidence of primary Liver Cancer (P.L.C)
 - section 1: The geographical distribution of high incidence of primary Liver cancer in china and the Pearl River Delta Area
 - section 2: The condition of studies on the high incidence of Primary Liver Cancer in the Pearl River Delta Area
 - section 3: The distributions of different time and districts for primary Liver cancer incidence in Shunde county, where the P.L.C. incidence is the highest in the pearl River Delta Area
 - section 4: The environmental factor effects on the P.L.C. incidence in Shunde county
- Chapter 6: The effects of the difference of trace element contents in the pond-dyke ecosystems on the incidence of P.L.C.
 - section 1: Different contents of trace elements in both soil and well water between the high and low P.L.C. incidence regions in the pond-dyke ecosystems
 - section 2: Physiological functions of trace elements Fe, Mn, Se, Zn, Cu
 - section 3: The effects of the distributions & circulations of trace elements on the incidence of P.L.C. in the pond-dyke ecosystems
 - section 4: The effects of abnormal contents of trace elements in food on the incidence of P.L.C.

前 言

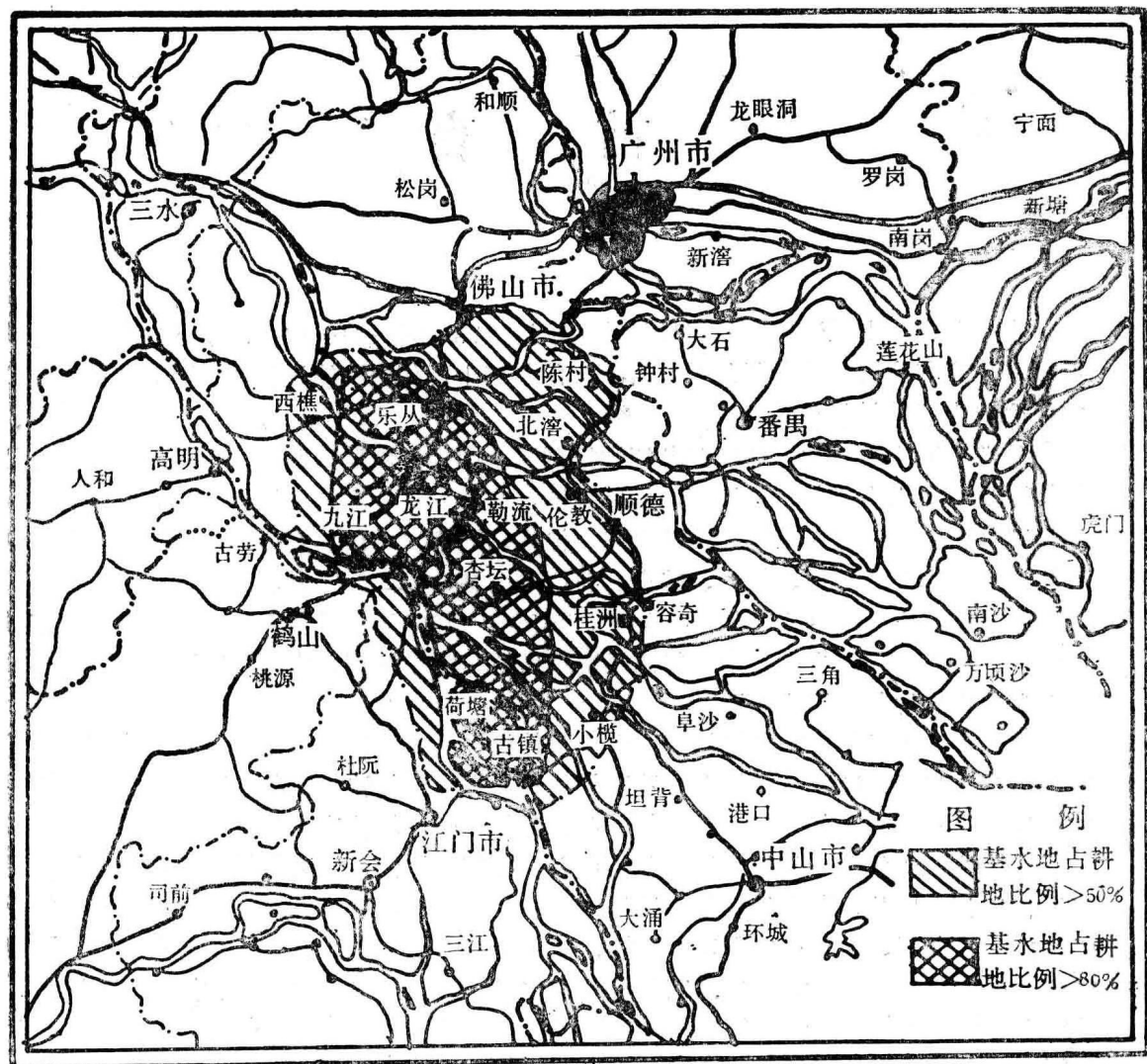
本书是在“七五”国家重点科技攻关项目(75—60—01—01—37)“广东省顺德县肝癌高发率与土壤环境背景值关系”研究的基础上,作者继续进行较全面系统的调查研究而取得丰富的材料总结而成的。

随着我国改革开放,珠江三角洲被推到了全国经济发展的前列。珠江三角洲具有优越的地理位置和丰富的自然资源,面临港澳,交通发达,经济发展具备了有利的条件。珠江三角洲(小三角)范围,包括广州、佛山、江门、中山、珠海、东莞、深圳等7个市和番禺、南海、顺德、新会、鹤山、斗门6个县,高明、高要、三水、台山、开平、增城、博罗、宝安等8个县的部分地区,面积约17200平方公里,约占广东省总面积的10%。改革开放10年来,生产力得到迅速的发展,其中顺德、南海、东莞和中山被称为广东省经济发展的“四小龙”。

由于地处南亚热带季风气候区,水热条件优越,珠江三角洲是我国重要的农业基地,粮食、蔗糖、渔业生产量占有重要的位置,在地势低洼的地貌类型区,劳动人民在其开发利用过程中,创造了一种独特的生态系统——基塘生态系统。

基塘生态系统分布地区以顺德县为中心,往邻县扩大,主要包括有顺德县的均安、杏坛、龙江、乐从、勒流等全镇和桂州、陈村、北滘、伦教等镇部分地区;南海县的南庄、沙头、九江、西樵;中山市的小榄、古镇、南头、东风;新会县的荷塘、棠下和鹤山县的古劳镇,总面积约11.17万公顷,占珠江三角洲面积的10%左右,(见图)。珠江三角洲的基塘系统,特别是桑基鱼塘类型,早已驰名中外。它是劳动人民在长期生产实践中充分利用当地水、陆资源而建立的一种特殊的土地利用方式,形成水、陆相互联系的人工生态系统。基塘生态系统由基面陆生子系统和鱼塘水生子系统组成,真正的第一生产者重点是基面上的陆生子系统,利用鱼塘的水生子系统提高经济效益。通过多样化的物质循环和能量交换,使水、陆资源得到充分的、合理的利用,对经济效益,生态效益和社会效益具有良好的效果。顺德县是基塘系统的分布中心,基塘区分布面积最大,因此,对基塘系统的讨论,多以顺德县为典型例子。

对基塘系统的研究历史已久,但仍欠缺系统性和综合性的研究成果。1980—1983年由联合国大学资助、在广州地理研究所的罗开富教授和钟功甫教授指导下,进行的“珠江三角洲基塘地区水陆相互作用系统研究”是我国规模最大、最系统的对基塘区光能利



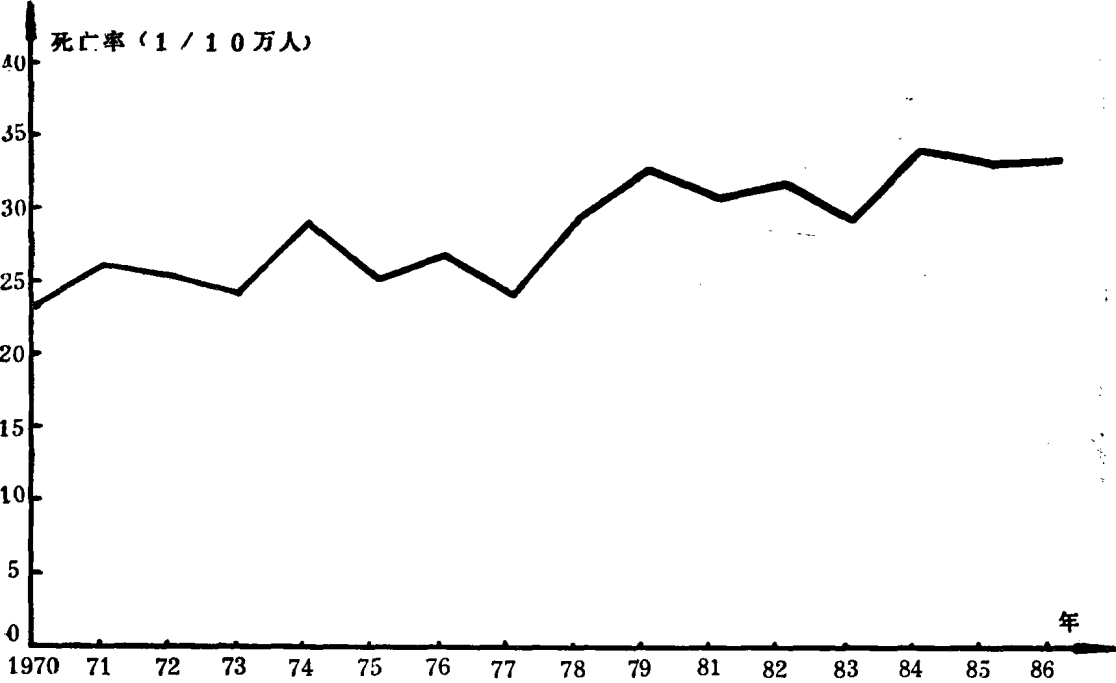
珠江三角洲基塘区地理位置

用和C、N元素循环的研究，取得了很好的研究成果。黄镇国对珠江三角洲的发育和地貌等作了较全面的综述，许学强等对珠江三角洲的资源及其空间发展作了较全面的综述。中山大学地理系、华南农业大学、南海海洋研究所、环境保护部门、医学部门、珠江水利委员会、广东水文总站等单位对珠江三角洲都进行过专业性的研究。但对基塘区的生态环境和物质循环等方面缺乏全面系统的研究。

要对基塘区生态系统的经济效益、生态效益和社会效益进行分析及评价，必须对基塘区生态系统进行全面的系统的研究。本书试从揭示基塘生态系统以及环境中化学元素的背景值、现状值及其循环特征入手，进而对当地人群中原发性肝癌高发环境病因作

一系统的探讨。珠江三角洲基塘区原发性肝癌发病率比较高，已严重的威胁当地人群身体健康，并在心理上投下了阴影。据统计，近20年来珠江三角洲地区肝癌平均死亡率逐渐升高（见图），越来越引起当地人民和政府的重视。本书希望通过研究找出引起致病的环境因素或条件，为降低珠江三角洲原发性肝癌发病率而贡献一份力量，并起到抛砖引玉的作用。

参加过工作的有：周建中、张正华、邢士国、熊劲勇等；提供有关资料的有：顺德县卫生局、农业局、环保局、并得到各镇政府协助；还有南海、中山、鹤山、新会等县、市政府及农业局；并得到李国材教授的指导，在此一并致谢。



珠江三角洲（顺德县）肝癌死亡率变化趋势

目 录

第一章 珠江三角洲基塘生态系统	(1)
第一节 珠江三角洲基塘区生态条件分析	(1)
一、优越的地理位置	(1)
二、低洼的地貌环境与深厚的第四纪沉积物	(2)
三、丰富的水热资源	(3)
四、原生植被残存稀少	(5)
第二节 珠江三角洲基塘区生态系统的结构及特点	(6)
一、基塘的类型	(6)
二、基塘的面积比值	(6)
三、基塘系统及其子系统	(7)
第三节 珠江三角洲基塘系统的生态效益分析	(9)
一、基塘系统的生态效益分析	(9)
二、基塘系统的生态经济效益	(13)
三、几种基塘系统的生态经济效益比较	(16)
四、综述	(19)
第四节 珠江三角洲基塘生态系统的建立及其演变	(21)
一、基塘生态系统是人类与自然环境协调发展的必然结果	(21)
二、基塘生态系统生物类型的演变	(22)
第二章 珠江三角洲基塘生态系统的土壤特征	(26)
第一节 基塘生态系统中土壤类型及其形态特征	(26)
一、特殊的剖面层次构造	(27)
二、各土类土壤形态特征	(27)
第二节 基塘生态系统的土壤理化特性及其主要养分状况	(31)
第三节 基塘生态系统中土壤的水分状况	(34)

第三章 基塘区土壤环境背景值及其分异规律····· (36)

第一节 基塘区土壤环境背景值····· (36)

第二节 土壤背景值分异规律····· (50)

第四章 基塘生态系统物质循环的特征····· (53)

第一节 基塘生态系统生物循环特征模式····· (53)

一、基水比的确定····· (53)

二、基塘系统生物流的确定····· (54)

第二节 基塘生态系统中氮素循环特征····· (55)

一、土壤氮库····· (55)

二、鱼塘氮库····· (56)

三、生物氮库····· (57)

四、基塘生态系统中氮流模式特点及效益····· (58)

第三节 基塘生态系统中磷素循环特征····· (60)

一、土壤磷库····· (60)

二、鱼塘磷库····· (61)

三、生物磷库····· (62)

四、基塘生态系统中磷流模式特征及效益····· (62)

第四节 基塘生态系统中钾素循环特征····· (64)

一、土壤钾库····· (65)

二、鱼塘钾库····· (66)

三、生物钾库····· (66)

四、基塘生态系统中钾流模式和特征····· (67)

第五节 其它元素(Mg、Fe、Mn、Cu、Zn、Sr)

循环特点····· (69)

一、镁(Mg)元素····· (69)

二、铁(Fe)元素····· (70)

三、锰(Mn)元素····· (70)

四、铜(Cu)元素····· (71)

五、锌(Zn)元素····· (72)

六、锶(Sr)元素····· (72)

第五章 基塘区生态环境与原发性肝癌病因关系的探讨…… (74)

第一节 国内外原发性肝癌的地理分布特点 …… (74)

第二节 对珠江三角洲原发性肝癌病因研究简述 …… (77)

第三节 顺德县原发性肝癌的时空分布特点 …… (79)

一、地理分布特点 …… (79)

二、肝癌发病年龄及性别的特点 …… (84)

三、顺德县原发性肝癌死亡率近20年来变化趋势 …… (86)

第四节 基塘区原发性肝癌的环境病因分析 …… (91)

一、鱼塘水面与陆地面积比值关系 …… (92)

二、生活和工作环境的影响 …… (92)

第六章 基塘生态环境中化学元素与原发性肝癌 …… (94)

第一节 原发性肝癌高发区与低发区的井水、土壤中化学 元素现状值的分异 …… (95)

第二节 Fe、Mn、Se、Zn、Cu等元素的生理功能特点 …… (102)

第三节 基塘生态系统中微量元素的分配和循环特征与人 体健康 …… (103)

第四节 基塘生态环境和食物中化学元素异常与原发性 肝癌 …… (107)

一、环境直接传递作用 …… (108)

二、生物间接传递作用 …… (108)

三、拮抗作用 …… (108)

四、协同作用 …… (109)

五、生理障碍作用 …… (110)

结 语 …… (110)

第一章 珠江三角洲基塘区生态系统

第一节 珠江三角洲基塘区生态条件分析

一、优越的地理位置

基塘亦即当地人民所称呼的“基水地”。其地理分布较为集中，主要分布于珠江三角洲中部（见图1—1），处于北纬 $22^{\circ}36'$ — $23^{\circ}05'$ ，东经 $112^{\circ}59'$ — $113^{\circ}21'$ 之间。大致上东以广（州）—珠（海）公路，西以西江主流为界，北抵佛山—石湾南缘，南达中山市的小榄、古镇，总面积约为1120平方公里，约占珠江三角洲平原面积的 $1/10$ 。行政上包括顺德县的大部分和南海县南部的九江、南庄、沙头、西樵，中山市北部的小榄、南头、古镇、东风以及新会县棠下、荷塘等镇（乡）。

基塘地区地理位置优越，处于广州、佛山、江门、中山四市的包围之中，除陆上交通四通八达外，还可通过众多的优良河流航道可迅速抵达附近的香港、深圳、澳门、中山、珠海、东莞等大中城市。四周的城市人口超过一千万，对农副产品需求量很大，导致基塘区农业生产的商品率自古以来都很高。例如顺德县1988年共产塘鱼14.11万吨，除了约2万吨自销之外，其余12.11万吨销往香港、广州、佛山等城市，商品率达85.8%。1982年全县产蔗糖14.1万吨，输往外地12.3万吨，商品率达87.2%以上。1978年产蚕茧1.18万吨，全部交售给国家，商品率为100%，其他产品如香大蕉、花木等的商品率也在80%以上。

农副产品的商品率高，不仅是基塘生态系统产生和发展的重要因素之一，而且使基塘作物的种类、产量经常随国内外市场的需求变化而发生波动起伏。在市场经济、对外贸易不断发展的今天，这种变化也不断增多，导致珠江三角洲基塘生态系统内部作物种类也不断变化。

二、低洼的地貌环境与深厚的第四纪沉积物

1、低洼的地貌条件

基塘区地貌具有两大特征：

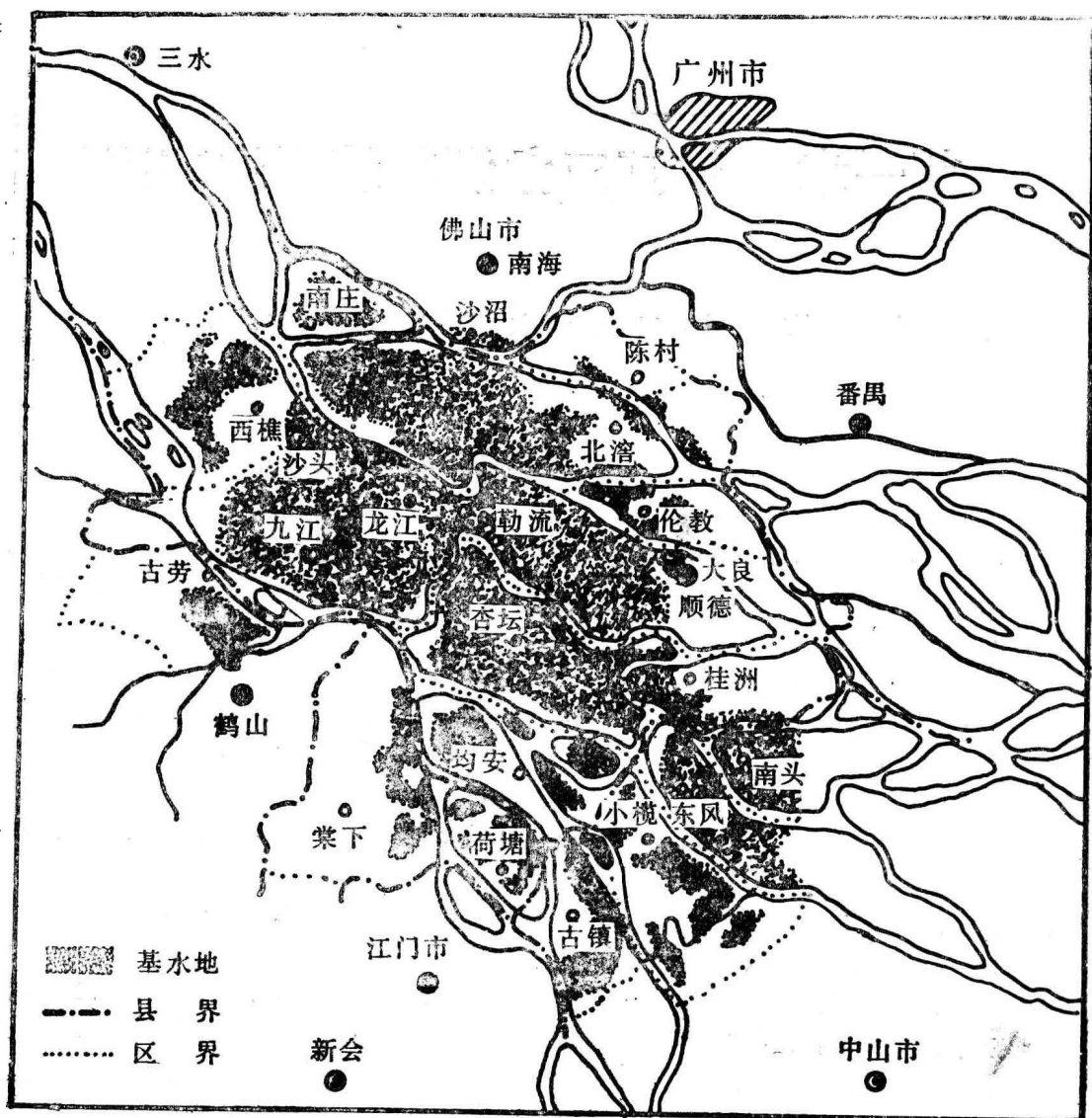


图1-1 珠江三角洲基塘区地理分布图

首先是地势低洼，除了基塘区周围有个别丘陵如顺峰山、西樵山超过海拔 100 米之外，区内绝大部分基面属于海拔仅为 1.0—2.5 米的冲积—沉积平原。而鱼塘水面常年与海平面相差 1 米左右。如果没有堤围和水闸的保护，珠江口外海水潮汐作用可以波及到绝大部分鱼塘水面水位的涨落。

其次是水面比例极大。除河涌交错众多之外，鱼塘星罗棋布，塘与基毗邻交错，纵横遍野，连绵百里，是基塘地貌最显著的景观特征。基塘区内鱼塘面积普遍超过耕地面积的 25%（见表 1—1）。典型的基塘地区如顺德县的龙江、杏坛、均安、勒流、南海的沙头等区镇，鱼塘占耕地总面积的 50% 以上。珠江三角洲基塘区有耕地约 120 万亩，其中鱼塘 44 万亩，基与塘共 90 万亩，分别占耕地总面积的 36.7% 和 75%。

表 1—1

珠江三角洲基塘区鱼塘基塘占耕地的比例(%)

县 市 乡 镇 类 别	顺 德 县										南 海 县				中 山 市					全 区		
	龙 江	杏 坛	均 安	勒 流	乐 从	陈 村	大 良	北 滘	桂 洲	伦 敦	平 均	沙 头	九 江	南 庄	西 樵	东 凤	南 头	古 镇	小 榄	荷 塘	棠 下	平 均
鱼塘占耕地 比 例	61.6	54.6	52.7	51.1	45.2	28.5	25.6	20.9	21.3	19.1	41.1	54.7	47.3	37.7	18.1	36.1	37.7	31.1	27.7	33.9	30.0	36.7
基塘占耕地 比 例	96.5	97.2	94.9	94.1	90.5	44.2	52.3	49.5	51.3	50.6	50.6	98.2	85.0	88.2	52.4	67.6	75.2	76.2	51.4	79.2	52.6	74.9

2、深厚的第四纪沉积物

珠江三角洲基塘区处于1.3亿年前白垩纪所形成的地质构造——新会盆地内。经过喜马拉雅山运动等多次构造运动，于4万年前形成了马蹄形凹陷的基底地质环境，在随后的岁月中，珠江水系（主要为西江、北江）河道在此基础上发育，经过三次冰川进退所产生的沉积——侵蚀旋迴，逐渐形成了目前的多顶点复式三角洲。基塘区四周所出露的台地丘陵，反映了本区地质构造的复杂性，如西樵山为喜马拉雅山时期构造运动所形成的火山岩，而顺德县内的台地，则包括古生代变质岩、侏罗纪砂页岩和白垩纪红色岩系等各种差异甚大的岩性。

基塘区先后经历了以陆相沉积（即由陆变海的沉积，含有腐木层、泥岩层）为主的古三角洲冲积过程和以海相沉积（由海成陆的沉积，含有蚝壳层、古沙堤）为主的近代三角洲冲积过程。而对基塘区成陆作用影响最大的珠江三角洲表层沉积过程到了十三、十四世纪的宋代与元元之间才完成。

因为基塘区母岩所处的凹陷早已被平均厚度超过30米的珠江三角洲河口沉积物所覆盖。出露的母岩面积极少，对成土母质的影响可忽略不计。对基塘区自然土壤成土起决定作用的母质是由西江、北江所挟带的泥沙、悬浮物构成的珠江三角洲第四系沉积物，土壤性质深受河流挟带的物质组成、理化性质和河口特殊的沉积环境，即水流动力、海水化学等的地球化学屏障作用的影响。沉积物中富含胶体物质和各种化学元素。

三、丰富的水热资源

1、湿热的气候环境

珠江三角洲基塘区位于北回归线以南，属亚热带南缘的季风气候区，气候湿热，雨量丰富。根据基塘区内顺德县气象站1955—1989年35年气象资料统计（见表1—2），年平均气温为22.1℃，1月平均气温为14℃，7月平均气温29.2℃。全年无霜期平

均达327天。年平均相对湿度为81%，1月平均相对湿度为78%，7月为85%。年平均日照时数为2103小时，1月平均日照5小时/日，7月为8.1小时/日，年平均太阳轴射总量为477千焦/厘米²，平均积温（日均温≥10°）为7500°C，平均降雨量为1689.8毫米，由于受季风影响明显，1月平均降雨量为35.5毫米，7月24.8毫米，为前者的7倍之多，日最大降雨量记录为250毫米。每年4月—9月的半年间降雨量可达1300毫米，占全年总降雨量的85%。年蒸发总量为1092毫米，占降雨量的60%左右，形成的平均径流深度约600毫米。全年从2月—9月为湿润季节，只有从10月—1月的4个月间蒸发量大于降雨量，但因地表水资源丰富，所以并没有形成旱象。因为基塘区气候具有水热资源丰富，雨热同期，冬无严寒，为种植业、养殖业的发展具备了良好的基础。

表 1—2 珠江三角洲基塘区各月气象要素表

项 目 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
降雨量 (mm)	35.5	56.1	89.4	165.9	241.1	275.1	248.0	275.3	213.2	49.6	42.7	14.9	1689.8
蒸发量 (mm)	62.9	55.8	55.6	60.8	88.0	99.4	131.1	125.2	119.1	117.2	101.6	76.7	1091.0
相对湿度 (%)	76	82	85	84	85	85	82	83	82	79	79	78	82
平均气温 (°C)	14.0	14.3	18.0	22.0	25.9	27.4	29.2	28.4	27.0	23.7	19.6	15.2	22.1
日照时数(时)	149.9	99.3	108.7	115.5	175.9	185.9	251.3	235.3	216.0	179.5	179.5	158	2103
光合有效辐射 (MJ/m ²)	157.2	133.4	147.2	173.6	232.9	200.8	261.7	251.5	234.2	212	189	152.6	2346.1

2、丰富的地表径流

基塘区是珠江水系中的西江、北江水流入海的必经之道，区内穿插着密集的大小河流。据统计，在顺德802平方公里的土地面积上，可通航的河流便有894公里长，平均每平方公里便有1.1公里以上可通航的河流，主要河流有西江干流、东海水道、顺德水道、容桂水道、潭洲水道等。每年流经基塘区的地表径流达2630亿立方米之多，经磨刀门、洪奇沥、崖门等七门入海。河流水面涨落受珠江口外潮汐影响明显。区内潮差一般为1.4米左右。容奇水文站的最高潮位可达2.45米，超过绝大部分鱼塘水面和一半以上基面的高程。由于珠江水量大，降雨期集中，汛期地表径流巨大，而基塘区内河道曲折，坡降小，流速慢，使河水排泄不畅顺，沉积物不断淤塞，更使河道变浅，所以基塘区常受洪水威胁。如果汛期受潮汐顶托或台风涌潮，则更易发生水灾。据资料统计，基塘区所在范围的珠江三角洲地区，自唐朝以来，洪水灾害越来越频繁（见表1—3），客观上促进了基塘生态系统的建立和扩大发展。