

广东省龙门县 富硒农业资源初步研究

GUANGDONGSHENG LONGMENXIAN
FUXI NONGYE ZIYUAN CHUBU YANJIU

主 编 陈华强
副主编 刘秋元 叶 荷 黄庆芳
邓 红 杨少江 刘 腾
周浩杰 阳习兵 张 敏



中国地质大学出版社
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

广东省龙门县 富硒农业资源初步研究

GUANGDONGSHENG LONGMENXIAN FUXI
NONGYE ZIYUAN CHUBU YANJIU

主 编 陈华强

副主编 刘秋元 叶 荷 黄庆芳

邓 红 杨少江 刘 腾

周浩杰 阳习兵 张 敏

图书在版编目(CIP)数据

广东省龙门县富硒农业资源初步研究/陈华强主编. —武汉:中国地质大学出版社,2016.6

ISBN 978-7-5625-3850-9

I. ①广…

II. ①陈…

III. ①硒-作物-农业资源-资源开发-研究-龙门县

IV. ①F326.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 151414 号

广东省龙门县富硒农业资源初步研究	陈华强 主 编	
	刘秋元 叶 荷 黄庆芳	
	邓 红 杨少江 刘 腾 副主编	
	周浩杰 阳习兵 张 敏	
责任编辑:李 晶		责任校对:戴 莹
出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路 388 号) 邮政编码:430074		
电 话:(027)67883511 传 真:67883580 E-mail:cbb@cug.edu.cn		
经 销:全国新华书店		http://www.cug.edu.cn
开本:787 毫米×960 毫米 1/16	字数:167 千字 印张:8.25 插页:1	
版次:2016 年 6 月第 1 版	印次:2016 年 6 月第 1 次印刷	
印刷:武汉市籍缘印刷厂	印数:1—500 册	
ISBN 978-7-5625-3850-9		定价:85.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

《广东省龙门县富硒农业资源初步研究》

编 委 会

主 编：陈华强

副主编：刘秋元 叶 荷 黄庆芳

邓 红 杨少江 刘 腾

周浩杰 阳习兵 张 敏

编 委：曾伟波 朱远平 李海健

何宇滔 曹 剑 覃海苇

李立峰 李华萍 黄金秀

前 言

进入 21 世纪以来,中国地质工作以经济社会发展需求为导向,更加紧密地与国民经济和社会发展相结合,更加主动地为经济社会发展服务,积极拓展地质工作服务领域。硒是人体必需的微量元素,近年来,随着人们对微量元素硒认识的逐渐加深,对硒的研究逐渐引起了人们的广泛关注。土壤中硒元素含量与人体健康和动植物正常生长关系密切,硒缺乏或过量均会导致机体产生疾病,严重缺硒会引起地方病如克山病和大骨节病,适量的硒含量可以改善和促进机体的免疫反应系统,能够提高机体的抑癌、抗癌能力。

正是在这一背景下,从 2002 年开始广东省陆续开展了多项农业地质调查项目。本专著基于广东省财政厅(粤财工[2009]480 号)“广东省惠州市龙门县农业地球化学调查”项目及广东省财政厅(粤财工[2012]567 号)“广东省惠州市龙门县主要富硒土壤区土地质量地球化学评估”项目成果编著。通过 5 年的不懈努力,龙门县富硒土壤调查工作取得了大量的成果。调查成果发现:广东省龙门县土壤硒元素含量最高为 2.032×10^{-6} ,平均值达到 0.468×10^{-6} 。以土壤硒元素含量 0.65×10^{-6} 作为富硒土壤评价标准,全区共圈出 570 km^2 的富硒土壤区,占龙门县全县面积的 26%。

富硒土壤的发现对开发富硒农产品、改善农产品品质、增加农产品附加值、促进农民增收具有重要的社会效益和经济效益。

《广东省龙门县富硒农业资源初步研究》的出版得到了广东省地质局、广东省有色金属地质局、广东省有色金属地质局九三五队和龙门县人民政府的大力支持,众多相关领域的专家在项目开展和评审过程中提出过许多宝贵的建议,在此一并表示感谢。由于编者水平有限,难免存在疏漏和不足,恳请各位读者不吝赐教,以期进一步修改和完善。

编委会

2016 年 3 月 30 日

目 录

第一章 绪 言..... (1)

 第一节 目标任务..... (1)

 第二节 项目实施概况..... (2)

 一、工作部署原则..... (2)

 二、项目实施概况..... (2)

 第三节 完成的工作量..... (3)

 一、地质剖面与地球化学剖面测制..... (4)

 二、土壤地球化学测量..... (4)

第二章 调查区概况..... (6)

 第一节 自然地理及区域地质背景..... (6)

 一、自然地理概况..... (6)

 二、区域地质背景..... (7)

 第二节 龙门县土壤硒的地球化学特征..... (10)

 一、土壤硒含量水平..... (10)

 二、土壤硒分布特征..... (11)

 第三节 评价区概况..... (16)

 一、选区依据..... (16)

 二、评价区情况..... (16)

第三章 工作方法与质量评述..... (19)

 第一节 技术标准..... (19)

 一、调查评价标准..... (19)

 二、数据库建设标准..... (20)

 第二节 野外工作方法..... (20)

 一、土壤地球化学剖面测量..... (20)

 二、土壤地球化学测量..... (22)

三、野外工作质量检查·····	(29)
第三节 样品测试分析及质量评述·····	(31)
一、土壤样品的多元素分析情况·····	(31)
二、生物样品分析情况·····	(37)
三、有效态样品的分析情况·····	(39)
四、形态样品的分析情况·····	(42)
五、水样品的分析情况·····	(44)
六、野外工作质量评述·····	(44)
第四章 富硒评价区环境质量现状·····	(45)
第一节 评价区土壤重金属元素分布规律·····	(45)
一、评价区土壤环境质量·····	(46)
二、重金属超标成因分析·····	(53)
第二节 评价区水环境质量现状·····	(61)
一、评价依据·····	(62)
二、评价方法·····	(64)
三、评价结果·····	(64)
第三节 评价区农产品质量安全性评价·····	(64)
第五章 土壤硒元素地球化学特征·····	(71)
第一节 土壤及母质硒含量特征·····	(71)
一、土壤硒含量特征·····	(71)
二、母质硒含量特征·····	(73)
三、硒的化学形态·····	(78)
第二节 富硒土壤区硒的来源与迁移模式·····	(78)
一、富硒土壤的形成模式·····	(78)
二、硒的迁移模式·····	(79)
三、重金属的迁移模式·····	(81)
第三节 影响土壤硒有效性的因子·····	(82)
一、影响土壤硒有效性的指标·····	(82)
二、土壤类型、粒度对硒和重金属元素富集及有效性的影响·····	(82)
三、富硒资源等级综合评价·····	(97)

第六章 硒的生态效应 (99)

第一节 农产品硒含量特征 (99)

一、不同农产品的 Se 含量 (99)

二、农产品富硒程度评价 (102)

第二节 影响农作物富硒的主要因素 (104)

一、作物品种 (104)

二、不同地质背景特征 (104)

三、农作物中的其他元素 (106)

第七章 富硒土地资源的利用建议 (110)

第一节 评价区富硒土壤利用建议 (110)

第二节 龙门县表层土壤生态地球化学环境质量综合评价 (111)

第三节 龙门县富硒土壤分布特征 (113)

第四节 龙门县富硒农业发展建议 (115)

一、绿色富硒农产品适宜发展区 (115)

二、无公害富硒农产品适宜发展区 (115)

三、一般富硒农业发展区 (116)

四、农业种植结构调整区 (116)

第五节 龙门县富硒产业开发现状与建议 (116)

一、其他地区富硒产业 (116)

二、龙门县富硒产业开发建议 (118)

第八章 结论与建议 (120)

一、主要结论 (120)

二、富硒农产品开发问题与建议 (120)

主要参考文献 (122)

第一章 绪 言

第一节 目标任务

1. 总体目标

在广东省惠州市龙门县农业地球化学调查成果的基础上,以地质背景、地形地貌、农作物种类、种植模式差异等条件为依据,选择龙门县具有代表性的富硒(Se)土壤区,开展硒的生态效应评价。研究硒在表生地球化学环境中的迁移循环特征及硒在不同地质背景的分布特征。

2. 主要任务

(1)通过富硒土壤区的地质背景调查和地球化学调查追踪土壤硒的异常来源,判断其成因来源。

(2)开展各介质硒的含量特征和赋存形式的研究。

(3)研究各介质硒的迁移、转化、富集规律,根据土壤硒与植物硒的含量特征评价土壤硒的生态效应。

(4)建立富硒土壤生态地球化学评价模式与指标,划分土壤富硒等级。

(5)提出富硒土壤的开发和利用建议。

3. 主要实物工作量

1:1万地质测量 8km²、1:1万土壤地球化学测量 8km²、浅井 18m,系统采集岩石样品 21 件、表层土壤样品 227 件、深层土壤样品 6 组、土壤有效态样品 10 件、形态样品 10 件、作物样品 119 件、地表水样品 7 组、浅层地下水样品 6 组、土壤质地样品 6 组等各类地球化学样品,按项目工作内容测试各类样品的相关指标。

4. 技术要求

(1)系统收集广东省硒等相关元素的区域地质地球化学背景资料,选择典型性、代表性区域开展评价。

(2)广泛收集国内外相关研究成果,为评价研究提供新的思路。

(3)开展硒等元素的迁移途径研究、生态效应评价和建立富硒土壤区生态地球化学评价模式与评价指标是该项目的关键。

(4)按照中国地质调查局多目标区域地球化学调查、区域生态地球化学评价技术要求、局部生态地球化学评价技术要求、土地质量地球化学评估技术要求和生态地球化学评价样品分析技术要求等开展野外调查与样品测试工作。

5. 成果要求

提交成果报告、相关图件、原始资料及其数据光盘。数据光盘包括成果报告、成果图、实际材料图、野外调查记录卡、分析测试报告及其质量监控报告。

第二节 项目实施概况

一、工作部署原则

(1)本项目以系统性、动态性、开放性、平衡性特点作为项目评价的基本思路。以突出重点、兼顾一般,以异常来源追踪和生态效应评价为重点的原则,部署项目评价工作。

(2)评价工作以立足地学为重点。着眼于用地学的观点思路、方法技术认识 and 解释问题,同时融入环境科学、生态科学等多学科的理论和方法。

(3)将岩石-土壤-水-生物视为一个整体系统,综合分析自然地质过程对生态环境的影响,阐明硒的分布特征、迁移转化途径和生态效应。

(4)重点评价区域要有代表性、系统性、实用性,以服务地方经济建设的目的为重点。

依据以上工作部署原则,经野外现场踏勘,对龙城镇门口山、龙潭镇基坑、龙江镇格浪、路溪镇牛径、龙华镇邓村、永汉镇上洞 6 个评价区进行了富硒土壤资源初步研究,总评价面积为 8km²。

二、项目实施概况

“广东省惠州市龙门县主要富硒土壤区土地质量地球化学评估项目”自 2013 年 3 月正式启动以来,按总体设计确定的工作思路,全面开展了项目所涉及的各项工作,具体工作进程如下。

1. 设计编制工作

根据任务书要求,以“广东省惠州市龙门县农业地球化学调查项目”为基础,收集区内地质构造、地形地貌、土壤、气象、水文、农业、林业、矿山、环保,以及行政区划、社会经济、发展规划等方面的各类资料,了解前人工作和研究程度,组织野外踏勘,研究确定项目主攻方向和本次工作方针,在此基础上编写项目设计书。项目设计书于2013年7月5日通过了广东省有色金属地质局组织的设计审查。评审意见认为:该项目设计目标任务明确,技术路线正确,工作部署基本合理,方法技术可行,人员结构和安排较好,设计书内容齐全,符合设计编写要求,一致同意通过评审。设计综合评定为良好级。

2. 野外调查工作

野外实地调查是农业地质环境调查最重要、最基础的工作,实物工作量大、时间紧是野外调查工作的突出特点。项目在完成总体设计之后,相继开展了各评价区的野外调查工作。

2013年10月完成了龙江镇格浪、路溪镇牛径、龙潭镇基坑、龙城镇门口山、龙华镇邓村、永汉镇上洞6个评价区土壤、农产品采样工作和地质地球化学剖面测量工作。

3. 分析测试工作

样品经过前期处理,由国土资源部长沙矿产资源监督检验中心进行测试分析,并于2014年2月得到所有样品分析测试结果。

4. 成果验收工作

本项目于2014年5月13日通过专家组的野外验收,验收等级为良好级。广东省有色金属地质局于2014年10月28日组织专家,在广州对广东省有色金属地质局九三五队提交的《广东省惠州市龙门县主要富硒土壤区土地质量地球化学评估报告》进行了评审,专家组在认真审阅成果报告的基础上,听取了项目组的成果介绍,经充分讨论后认定本项目成果数据资料丰富、报告章节齐全、图表规范,达到了预期目标,为龙门县国土规划、农业种植结构调整、富硒农产品开发提供了地球化学依据,同意通过评审,成果等级为良好。

第三节 完成的工作量

本项目系统完成了地质填图、地球化学剖面、土壤地球化学测量及各类样品采集、加工、入库和资料整理工作。

一、地质剖面与地球化学剖面测制

按设计要求进行 1 : 1 万地质剖面、地球化学剖面测制,长度为 1. 4km。

二、土壤地球化学测量

按规范要求进行 1 : 1 万地质测量工作,完成调查面积 8km²。按设计要求进行各类样品的采集、加工及送样。

野外样品采集情况如下:表层土壤样品 338 件,其中重复样和外检样为 63 件;深层土壤样品 34 件,其中重复样和外检样为 6 件;土壤质地样品 6 件;形态样品 10 件;有效态样品 10 组,每组一个干燥样和一个新鲜样,共计 20 件;地表水样品 10 组,共计 20 件;浅层地下水样品 4 组,共计 8 件;岩石样品 19 件;作物样品 118 件;风化壳样品 3 件。

样品采集后,工作人员均严格按照项目设计书和相关准则对所采样品进行加工处理,并及时将样品送实验室进行分析测试(表 1-1)。

表 1-1 实物工作量统计表

序号	样品名称	单位	设计采样数	实际采样数	分析项目
1	表层土壤	件	340	338	N、P、K、Ca、Mg、S、B、Mo、Mn、Cu、Zn、Se、Cr、Hg、As、Pb、Ni、Cd、pH、Corg、SiO ₂ 、Al ₂ O ₃ 共 22 项
2	深层土壤	件	42	34	Cu、Zn、Se、Cr、Hg、As、Pb、Ni、Cd、pH、Corg、SiO ₂ 、Al ₂ O ₃ 共 13 项
3	地表水	组	7	10	P、K、Ca、Mg、B、Mo、Mn、Cu、Zn、Se、Cr、Hg、As、Pb、Ni、Cd、pH 共 17 项
4	浅层地下水	组	6	4	P、K、Ca、Mg、B、Mo、Mn、Cu、Zn、Se、Cr、Hg、As、Pb、Ni、Cd、pH 共 17 项
5	土壤质地	件	6	6	元素化学分析分为 5 个级别,质量比例大于 5% 的各粒级样品分别进行,Cu、Zn、Se、Cr、Hg、As、Pb、Ni、Cd、pH、Corg、SiO ₂ 、Al ₂ O ₃ 共 13 项

续表 1-1

序号	样品名称	单位	设计采 样数	实际采 样数	分析项目
6	形态	件	10	10	Se 测离子交换态、水溶态、碳酸盐结合态、强有机结合态、弱有机结合态、铁锰氧化态和残渣态
7	有效态	组	10	10	铵态 N、有效 P、速效 K、交换性 Ca、交换性 Mg、有效 S、有效 Fe、有效 Mn、有效 Cu、有效 Zn、有效 Mo、有效 B、有效 Se 共 13 项
8	作物	件	110	118	Cd、Hg、As、Pb、Ni、Cr、Cu、Zn、Se 共 9 项
9	岩石	件	21	19	Cu、Zn、Se、Cd、Hg、As、Pb、Ni、Cr 共 9 项
10	风化壳	件	3	3	X 衍射分析

第二章 调查区概况

第一节 自然地理及区域地质背景

一、自然地理概况

1. 地理位置

龙门县位于广东省中部,地处珠江三角洲的边缘,东南与河源市、博罗县接壤,西南与从化市、增城市毗邻,北与新丰县相连。地理坐标:东经 $113^{\circ}09'$ — $114^{\circ}25'$,北纬 $23^{\circ}20'$ — $24^{\circ}00'$,现行政区分为 16 个乡镇,1 个建制镇林场,1 个市辖林场,158 个管理区。县内土地广阔,地势自西北向东南倾斜,全县总面积 2295km^2 ,其中有近 30 万亩($1\text{亩}=666.67\text{m}^2$)耕地、山地,龙眼、荔枝、芒果等优质水果基地面积 2.1 万亩,为发展现代农业和农产品加工业奠定了良好的基础。

县城到广州市仅 160km,至惠州 97km,至深圳 160km,四通八达交通网正在形成,水陆交通十分便利。

2. 地貌特征

龙门县境北西部山峦叠嶂、山岭纵横,为中低山岳;东部及南部地势较为平缓,为丘陵或低丘平原。平陵盆地岩溶弧峰突起,景色秀丽,略具岩溶风貌;增江自北向南西斜贯区内,形成河谷平原。山川丘陵之间有 $5\sim 70\text{km}^2$ 的河谷盆地 10 个。

3. 水文气象特征

龙门县内属于亚热带季风气候,平均温度 20.8°C ,雨量充沛,年降雨量 2266.7mm,主要河流为龙门河和增江。龙门河流域面积 1700km^2 。增江贯通县境南北。增江是东江的主要支流之一,该河流在龙门县境内集雨面积 2126km^2 ,河长 128.6km。

其他 100km^2 集雨面积以上的河流,全县境内有 7 条,分别形成两个小流域,分为增江水系和平陵水系。

全县有水文站 1 个、蒸发站 1 个、雨量站 11 个,是水资源调查评价资料来源的主要依据。全县多年平均雨量 2133.6mm ,多年平均总产水量 $48.966 \times 10^8\text{m}^3$;径流系数 0.626,多年平均径流量 $30.659 \times 10^8\text{m}^3$,径流深 1335.9mm 。全县人均拥有水量 10812m^3 。全县年平均地下水资源量为 $6.89 \times 10^8\text{m}^3$ 。

龙门县水资源的特点:一是水资源丰富,全县多年平均地表水总径流量为 $30.659 \times 10^8\text{m}^3$;二是降雨和径流时空分布不均,年际变化大,最大年径流量是最小年径流量的 5.16 倍;三是天然水质好,污染不严重。

二、区域地质背景

(一)地层

工作区在区域构造位置上属粤中拗褶东南段东侧,受区域性东西向博罗断裂和深圳断裂夹持部位。区内地层广泛分布,除志留系、二叠系和三叠系外,震旦系、寒武系、泥盆系、石炭系、侏罗系、白垩系、第四系等均有出露,其中又以中生代地层发育较好。全县地层可分为 7 类:①北部和西北部属燕山第三期黑云母花岗岩;②中部偏东由侏罗系灰白色页岩、粉砂岩、黄色细砂岩组成;③中部偏北由石炭系黄色粉砂质页岩、黄色细砂岩、灰色或深灰色碳质页岩组成;④中部偏西和东南部由泥盆系灰白色石英砂岩、粉砂岩,灰白色绢云母页岩、砂砾岩和二叠系砂岩、粉砂岩、页岩组成;⑤中部偏西南由寒武系泥质砂岩、粉砂岩、粉砂质页岩组成;⑥南部由震旦系泥质砂岩、石英片岩、绢云母片岩及部分混合岩组成;⑦形成于第四纪的河流冲积物,分布于河流两侧,主要在增江流域一带,构成河流地(图 2-1)。

(二)侵入岩

区域岩浆岩相当发育,以燕山期花岗岩为主,岩性为黑云母花岗岩,主要分布于区内凸起区段或凸起与凹陷过渡地带。

(三)构造

县境所处区域构造位置是在佛岗-河源纬向构造带与肇庆-海丰纬向构造带和新华系广州-从化断裂带与东江断裂带之间。龙门县地处九连、罗浮两大山脉之间。九连山系伸入县境,向东和东南派分出分支与罗浮山脉连接。

(四) 矿产资源

工作区内矿产资源丰富,目前已发现的矿种有 27 种,其中高岭土、石灰石、砖黏土、建筑用花岗岩、大理石、矿泉水、地热(温泉)、铅锌矿蕴藏量较大。钨、锡、铍中小型矿床有 6 个,矿点有 10 个。铅、锌、铜、铁多金属矿床,中型有 3 个,小型 1 个,矿点 6 个。钨、锡、铍、钽铌矿床,主要分布在新丰江岩体内外接触带及小岩体的周围,产于侏罗系的砂岩、页岩之中。矿床类型以中—高温热液石英脉型矿床为主,其次为云英岩型及花岗岩型钽、铌、铍矿床。铅、锌、汞、铁多金属矿床,主要分布在凹陷盆地的边缘,龙门上仓至银湖、茶排至平陵、利山一带,其中大的有利山、上仓及茶排中型矿床。矿床类型有热液交代矽卡岩型的中—低温热液型以及表生岩溶堆积矿床。铅锌矿床的赋存地层,主要与泥盆系帽子峰组有密切的关系。矿体形态主要以似层状、脉状矿体为主,其次有透镜状及不规则状矿体。

(五) 土壤类型及分布

龙门县土壤水平地带性明显,由北而南出现红壤、赤红壤的分布。大体是北部山区为红壤,南部为赤红壤,低山平原及山间河谷分布水稻土。地带性土壤以赤红壤面积最大,约占全区土壤面积的 65%;其次为红壤和水稻土,分别占土壤面积的 20%、10%;南昆山有少量麻红壤分布,约占土壤面积的 5%。同时,由于地形高度的不同和生物气候条件的作用,龙门土壤分布还带有明显的垂直地带性。红壤垂直带谱为红壤(海拔 700m 以下)—黄壤(海拔约 600~1700m),赤红壤的垂直带谱为赤红壤(海拔 300m 或 650m 以下)—黄壤(海拔 700~1700m)。由于极少高大山体,一般无典型的垂直带谱。

根据广东省 1979—1985 年第二次土壤普查分类系统,龙门县农业生产可利用的土壤资源种类(图 2-2)如下。

1. 水稻土土壤

龙门县水稻土主要以潴育型水稻土为主,此处地形位置适中,排灌条件好,土壤肥力高,居水稻土优良类型之首,也是龙门县最主要的高产水稻土。

2. 赤红壤

赤红壤是南亚热带的代表性土壤,在龙门县分布地区广、面积大。该土壤剖面发育完整,土层深厚(一般在 1m 以上),表土层厚度多在 15cm 以上,呈淡棕红色,土壤脱硅富铝化作用强烈,由于受侵蚀影响,土壤养分含量不高,且因开发利用较早,是本区粮(旱粮)、油、糖、果、林及药材等的主要生产基地,因此生产潜力较大。

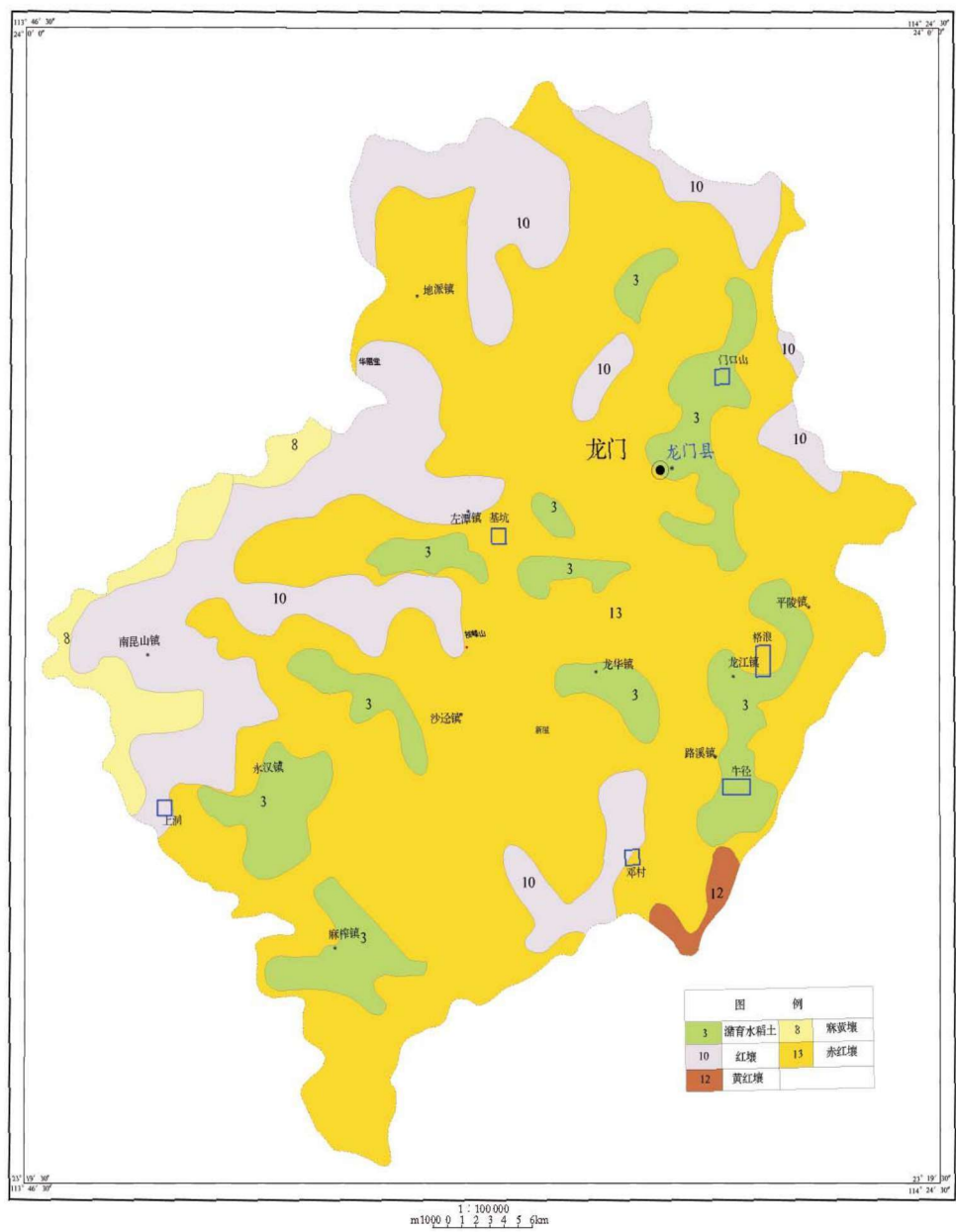


图 2-2 龙门县土壤分布概况图(据《广东土壤》修编,1985)