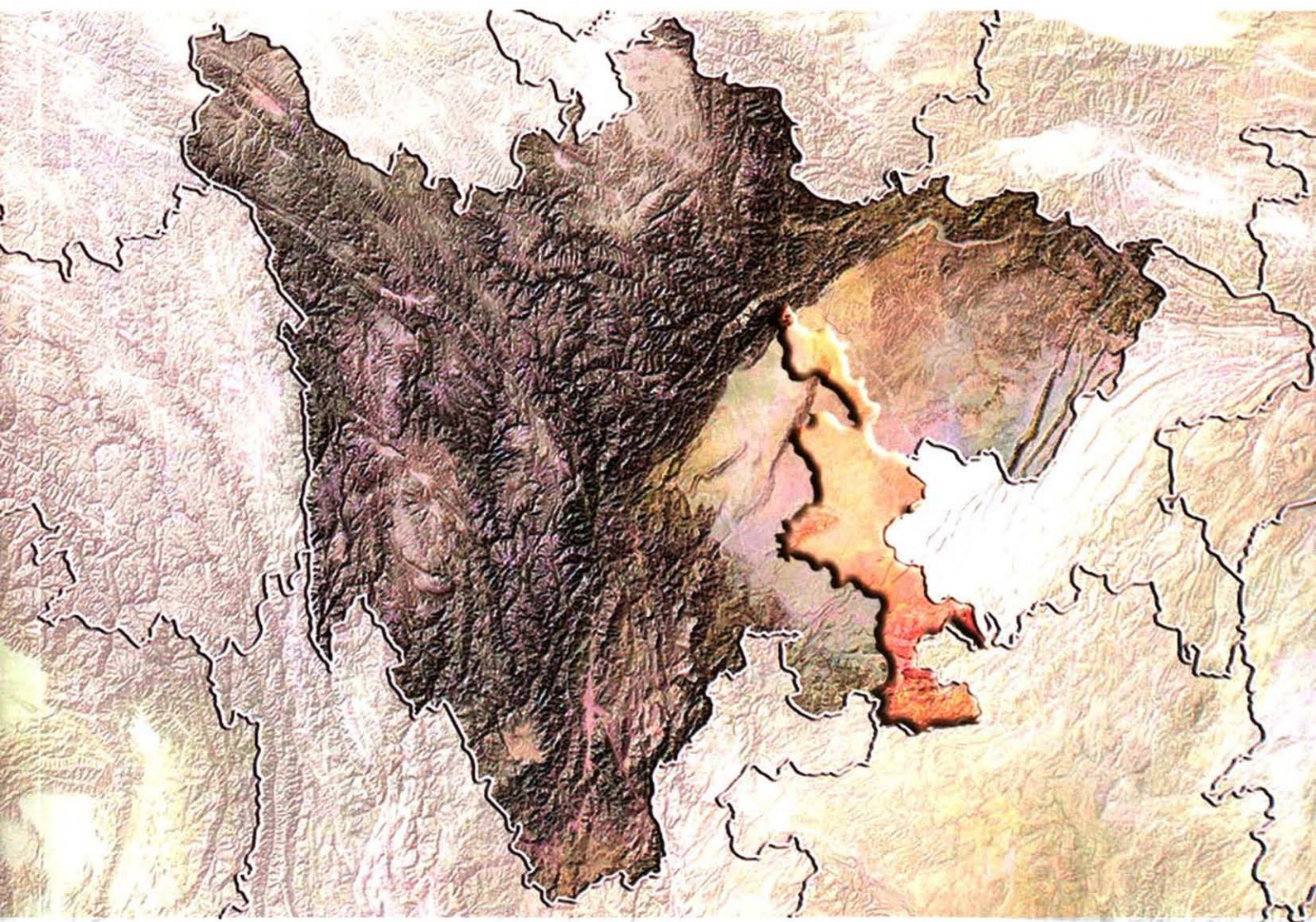


川中丘陵区 沱江生态地球化学评价

CHUANZHONG QIULINGQU
TUOJIANG SHENGTAI DIQIU HUAXUE PINGJIA

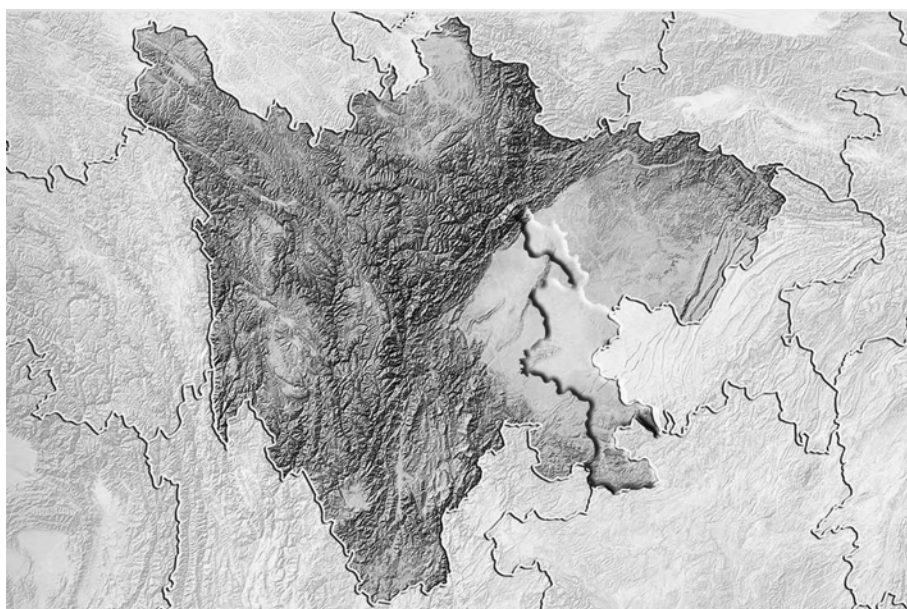
■ 陈文德 刘应平 彭培好 / 编著



四川科学技术出版社

川中丘陵区 沱江生态地球化学评价

■ 陈文德 刘应平 彭培好 编著



四川科学技术出版社

• 成 都 •

图书在版编目(CIP)数据

川中丘陵区沱江生态地球化学评价 / 陈文德等主编.
- 成都: 四川科学技术出版社, 2015. 7
ISBN 978 - 7 - 5364 - 8134 - 3

I. ①川… II. ①陈… III. ①丘陵地 - 土壤地球化学
- 评价 - 内江市 IV. ①S153

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 162850 号

川中丘陵区沱江生态地球化学评价

出品人 钱丹凝
主 编 陈文德
责任编辑 戴 林
封面设计 韩建勇
责任出版 欧晓春
出版发行 四川科学技术出版社
成都市三洞桥路 12 号 邮政编码 610031
官方微博: <http://e.weibo.com/sckjcb>
官方微信公众号: sckjcb
传真: 028 - 87734039
成品尺寸 185mm × 260mm
印张 10.25 字数 240 千
印 刷 成都蜀通印务有限责任公司
版 次 2015 年 7 月第一版
印 次 2015 年 7 月第一次印刷
定 价 38.00 元
ISBN 978 - 7 - 5364 - 8134 - 3

■ 版权所有 · 翻印必究 ■

■ 本书如有缺页、破损、装订错误,请寄回印刷厂调换。

■ 如需购本书,请与本社邮购组联系。

地址/成都市三洞桥路 12 号 电话/(028) 87734035
邮政编码/610031

前 言

本研究得到四川省国土资源厅、四川省教育厅、四川省地质调查院、成都理工大学等多家单位联合资助,研究课题主要来源如下:

(1) 四川科技支撑计划“川中丘陵区土壤重金属污染及其生态风险预测”(批准号:2014SZ0068);

(2) 四川省国土资源厅“四川省‘金土地工程’2010年度18个土地整理区农业地质调查”课题之一:“内江市市中区沱江乡土地整理区农业地质调查”(批准号:J-73);

(3) 四川省教育厅自然科学重点课题“杜仲药材道地性形成的物质基础研究”(批准号:14ZA0068);

(4) 四川省教育厅重点课题“四川省内江沱江乡榨菜产地生态地球化学评价”(批准号:11ZA272);

(5) 成都理工大学骨干教师培养计划(2013)。

20世纪80年代,由于国外科学家们认识到地球各层圈间物质迁移与生态系统的安全有密切互动关系,而已有学科现有知识和结构无法解释各层圈间物质迁移转化的复杂关系,生态地球化学应运而生。直到21世纪初生态地球化学学术用语才在国内提出。20世纪70年代初,由于环境污染问题,一些地区结合土壤质量调查与评价,做了一些土壤背景值的测定。60~70年代,中国科学院开展了克山病、大骨节病等地方病病因与环境关系的研究,也有学者强调母岩—土壤—植物是一个不可分割的整体,强调注重岩—土—植的关联性问题,注重地质体对生物的潜在性资源作用。但对岩—土—植关联性、制约性的探究,以原成都理工大学教授李正积为代表的少数专家做了比较系统的研究和相应理论的升华。

自20世纪80年代以来,成都理工大学教授李正积开展了农业与地质及榨菜优质原因等方面的研究。研究表明:农业集约化和产业化发展与其地质背景息息相关,比较突出的研究成果是原川东地区榨菜菜头的地质背景研究为菜头的产业化发展提供了基础指导,但是限于当时的研究背景和技术条件,该项成果只是初步的、印证性的研究。对于近年来榨菜产业化发展中遇到的新问题不是印证性研究所能解决的,如榨菜菜头软腐现象与生态地球化学条件的关系等,尚需要进一步开展实证性和实验性的调查和研究。

自21世纪以来,针对生态环境的研究已经成为新的主要方向和内容,按照生态学原理、经济学原理和生态经济学原理,遵循立地环境背景条件下植物生长和相互关联的自然规律,因地制宜地培植新的生态类型模式、产业结构模式和土地利用模式已经成为当前急需解决的问题。研究中设立专题“内江沱江乡榨菜生态产地地球化学评价”是根据专家组踏

查、地方政府需求而设置的,目的在于解决目前在参试区茎瘤芥菜头软腐问题和筛选优质种植技术参数,为菜农提供科学种植茎瘤芥的技术标准,优化地方产业结构,发挥农业特色产业优势,加强茎瘤芥产业在当地财政收入中的基础支柱作用,从而达到促进地方经济、社会持续稳定发展的目的。本次研究,既是农业地质、生态地球化学方面的拓展研究,能够丰富相关领域的理论与技术,也是集实践与应用于一体的综合评价研究,对指导地方产业经济的发展具有重要现实意义。

参加本书编著的人员及分工:第一章由成都理工大学陈文德、刘应平、彭培好编写;第二章由四川省地质调查院刘应平,成都理工大学陈文德、彭培好编写;第三章由四川省地质调查院刘应平、成都理工大学陈文德编写;第四章由成都理工大学陈文德、四川省地质调查院刘应平编写;第五章由成都理工大学陈文德编写;第六、七章由成都理工大学陈文德、四川省地质调查院刘应平编写。在本书编写过程中,彭培好、阚泽忠、金立新等提供了宝贵的意见和建议。

参与本研究野外调查的有汪友明、汪子坤、许伟、张丹青、林泽美、刘中正和杨磊等,在此一并致谢。此外,工作中还得到内江市国土局、内江市市中区沱江乡人民政府等单位的大力支持和帮助,在此一并表示衷心感谢。本书编著过程中难免遗漏和不足,敬请读者理解。

编 者

2014年11月8日

内 容 摘 要

本研究以四川省科技厅、四川省教育厅、四川省国土资源厅和成都理工大学的几个课题为依托,基于对研究区开展的土壤地球化学调查和测量,圈定有毒有害元素污染区和农业有益元素缺乏区,为土地整理工作方案优选提供科学依据;在此基础上进行近地表大气尘、大气降水和地表水地球化学测量,测制了典型地球化学综合剖面,研究了元素迁移转化的机理、元素(指标)异常形成的原因及其生态效应等,为合理利用土地、新农村建设和提高土地整理的社会效益提供科学支撑。研究内容与成果主要体现为以下几个方面:

1) 采用高精度遥感图像解译与野外调查相结合的方法,对土地治理区农用地地质环境、生态环境状况进行了调查,查明了研究区地形地貌、地质背景、水文地质与环境地质(水土流失及地质灾害)、土地利用、植被与名特优农作物分布现状及农业生产状况等。

2) 通过对土地研究区农用地进行大比例尺(1:10 000)土壤、大气、水、生物和有机地球化学调查,查明了整理工程区各介质中有益元素(指标)、有毒有害元素(指标)全量及其有效态的组成与分布特征。分析测试了 As、Cd、Hg、Pb、Cu、Zn、Cr、Ni、N、P、K₂O、Na₂O、CaO、MgO、SiO₂、S、Fe、B、Mo、Mn、Se、I 等指标,以及六六六、DDT 等 19 种有机氯农药指标的含量。分别对土壤环境、土壤肥力、大气—水环境、生物效应进行了生态地球化学评价,得出以下结论:

(1) 研究区土壤环境质量总体较好,土壤较清洁,基本无污染。表层土壤中重金属元素 As、Cu、Cr、Hg、Ni、Pb、Zn 含量绝大多数处于国家土壤环境质量一级标准,但 Cd 元素含量几乎在整个研究区表层土壤中处于国家二级标准。符合无公害食品生产基地的要求,大部分地区可满足绿色食品生产基地的要求。

(2) 研究区土壤以中等肥力为主,占整个研究区的 89.66%,较高肥力土壤占 10.34%。大量元素中,N、P 含量相对缺乏,K 含量适度;中量元素中,Ca、S 含量相对较低,Mg 含量丰富,Si 含量一般;微量元素中,Zn 含量较丰富,Cu、Fe、Mn 含量一般,B、Mo 含量较缺乏。从有效态来看,较高肥力占 9%,中等肥力占 88.72%,低肥力占 2.29%。主要缺乏有效 B、有效 Mo、交换性 Mn 和水解性 N;有效 P、有效 Cu 含量一般;有效 Zn、有效 Fe、速效 K、缓效 K 含量丰富。

(3) 研究区大部分地区大气环境质量较好,但兰家寺村东南半 Cr、Hg、Pb 含量偏高。灌溉水清洁,底泥中重金属元素含量均较低,符合农田灌溉水质要求;饮用水总体上符合饮用

水水质标准,但个别样点中 NO_3^- 超标,需加强监测与防治。

(4) 水稻、玉米均为安全食品,重金属元素 As、Cd、Hg、Pb 含量均低于国家食品卫生标准;榨菜总体上符合安全食品标准,仅两件样品 Cd 含量超标;部分农作物中 Se 元素含量不足。

3) 在土地地球化学环境、地质环境及生态环境调查的基础上,进行研究区土地质量地球化学评估及土地安全性、适宜性评价。将研究区土地质量分等定级为 311、321、312 和 211 级,这四个等级土地占整个研究区的 95.45%,土地质量较好,其中以 311 级所占比例最大。

4) 基于对研究区的土地质量评价结果和土地质量出现的问题,结合区域经济发展现状,本文提出了研究区农业发展模式、经营管理对策和新农村发展模式。将研究区划分为有机、绿色、无公害粮—菜基地,配以适合研究区发展的玉—玉—玉、菜—玉、菜—稻、玉—稻农业种植结构。并在调研的基础上,对研究区作了土地整理区内的平衡施肥建议、污染防治建议等具体农业经营管理措施;结合研究区实际情况,提出土地利用规划、生态管护及新农村建设的建议和对策,提出了聚居地发展的新农村模式。

关键词: 土地; 土地整理; 生态地球化学; 内江沱江乡

Abstract

This thesis study is based on every project, which is sub-item of “Golden Land” in Sichuan in 2010 about agro-geological survey in 18 land study areas. Through geochemical survey and test on soil of this study area, it circled out regions contaminated poisonous harmful elements and regions lacking in beneficial elements, to provide scientific basis for land consolidation program choosing. Based on this, it carried out geochemical survey on near-surface atmospheric dust, atmospheric precipitation and surface water, measured typical geochemical comprehensive profile, and studied the migration and transformation mechanism of elements, forming reason of element abnormalities and their ecological effect, to provide scientific basis for reasonable land use, new rural construction and improving social and economic benefits of land consolidation. The research contents and results mainly reflected in the following aspects:

1) Through high-precision remote sensing image interpretation and field investigation, it carried out geological and ecological environmental survey on the agricultural land of the land consolidation area, and found out the topography, geological background, hydrogeology, environmental geology (water and soil lost and geological disasters), land use, distribution status of vegetation and crops, and agricultural producing conditions of the study area.

2) Through geochemical survey on soil, air, water, biology and organics in agricultural land of this study area under large-scale (1:10 000), it found out the total content, effective specia-

tion composition and distribution features of beneficial elements, poisonous harmful elements in various media. It tested the content of As, Cd, Hg, Pb, Cu, Zn, Cr, Ni, N, P, K_2O , Na_2O , CaO, MgO, SiO_2 , S, Fe, B, Mo, Mn, Se, I, and other 19 organochlorine pesticides like BHC and DDT. It carried out geological geochemical evaluation on soil environment, soil fertility, air-water environment, biological effect respectively, and received the following conclusions:

(1) The soil environmental quality of the study area is good in general, and the soil is comparatively clean without pollution basically. The contents of heavy metals As, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb, Zn in topsoil are in the first grade of national soil environmental quality in vast majority, but Cd contents in topsoil of the whole study area almost are in the second grade. The area complies with the requirements of pollution-free food production base, and most regions meet the requirements of green food production base.

(2) The study area mainly has soil of medium fertility, accounting for 89.66% of the whole area, while only 10.34% of high fertility. The contents of macro-elements N, P are relatively absent, K is moderate; contents of Ca, S are relatively low, while Mg is abundant, Si is general; trace element Zn is abundant, Cu, Fe and Mn are general, B and Mo are absent. Viewing from their effective speciation, soil of high fertility accounts for 9%, medium fertility 88.72%, low fertility 2.29%. The soil mainly lacks in effective B, Mo, Mn and N. The contents of effective P and Cu are general, while effective Zn, Fe and K are abundant.

(3) The atmospheric environmental quality of most of the study area is good, but contents of Cr, Hg and Pb are a little high in the southeastern half of Lanjiashi Village. The irrigation water is clean, and the heavy metals' contents in bottom mud are low, which complies with the requirements of agricultural irrigation water. The drinking water meet the drinking water standard in general, but individual samples has excessive NO_3^- , which needs monitoring and prevention.

(4) Rice and corn here are safe. The contents of their heavy metal elements As, Cd, Hg, Pb are all below the national food hygiene standard. Mustard generally complies with the safe food standard, but two samples had over Cd content. Some corps lacks Se element.

3) Based on land geochemical environment, geological environment and ecological environment survey, it carried out land quality geochemical evaluation and land safety and suitability evaluation. It classified the land quality of the study area into Grade 311, Grade 321, Grade 312 and Grade 211, such four grades account for 95.45% of the whole area. The land quality is good, and Grade 311 account for the biggest ratio.

4) Based on the land quality evaluation results and problems about the land quality, combined with the status of regional economic development status, this thesis put forward agricultural development model, new rural development model for this area. It divided the study area into organic, green, pollution-free corn-vegetable bases for developing agricultural cultivation structures like corn-corn-corn, vegetable-corn, vegetable-rice, corn-rice. Based on the inves-

tigation, it also put forward specific agricultural management measures like fertilization suggestions, pollution prevention suggestions for the land consolidation area. Combined with the actual situation of the study area, it also made suggestions for land planning, ecological management and new rural construction, and put forward the new rural mode of settlement.

Keywords: Land; Land consolidation; Ecological geochemical features; Tuojiang Town, Neijiang City

目 录

1 绪 论	1
1.1 选题依据与研究意义	1
1.2 国内外研究进展	2
1.2.1 生态地球化学内涵及其研究思路	2
1.2.2 生态地球化学评价研究	3
1.2.3 土地生态地球化学评估与土地规划	4
1.3 研究内容与技术路线	5
1.3.1 研究内容	5
1.3.2 研究思路与技术路线	6
1.4 研究特色	6
2 研究区概况及研究方法	9
2.1 研究区概况	9
2.1.1 研究区范围	9
2.1.2 交通	9
2.1.3 地理景观	9
2.1.4 气候特征	9
2.1.5 水文及水资源	10
2.1.6 土壤及土地利用	11
2.1.7 生物资源	11
2.1.8 研究区社会经济发展现状	11
2.2 样品采集与处理	13
2.3 样品测试分析	14
2.3.1 分析测试指标	14
2.3.2 分析测试方法	15
2.3 数据处理与图件编绘	17
2.3.1 数据整理与处理	17
2.3.2 图件编绘	17

2.4 土地质量地球化学评估	18
2.4.1 土壤质量等级划分图	18
2.4.2 土地肥力等级划分图	19
2.4.3 土地(壤)质量综合等级划分	19
2.4.4 土地利用规划建议图	19
 3 土地地质环境与生态环境特征	20
3.1 土地环境参数的确立	20
3.1.1 无人机技术	21
3.1.2 地质背景调查参数的确立	23
3.1.3 微地形地貌参数的确立	24
3.1.4 土地利用现状参数的确立	25
3.1.5 植被调查参数的确立	27
3.2 地质环境特征	29
3.2.1 地质条件	29
3.2.2 水文地质、环境地质条件	31
3.2.3 生态环境状况	32
3.3 农业生产环境	35
3.3.1 土壤	35
3.3.2 植被分布	35
3.3.3 农业种植概况	35
3.4 土地利用状况	36
3.4.1 土地利用分类	36
3.4.2 土地利用特征	36
 4 土地生态地球化学特征	40
4.1 土壤地球化学特征	40
4.1.1 表层土壤中元素全量特征	40
4.1.2 表层土壤中元素全量空间分布特征	43
4.1.3 不同地质单元表层土壤中元素全量特征	48
4.1.4 不同土壤类型表层土壤中元素全量特征	49
4.1.5 表层土壤中元素有效态含量特征	51
4.1.6 元素在土壤垂向上的分布特征	56
4.1.7 表层土壤中元素丰缺情况	61
4.2 水环境地球化学特征	67
4.2.1 灌溉水地球化学特征	67
• 2 •	

4.2.2 饮用水地球化学特征	68
4.3 大气环境地球化学特征	70
4.3.1 近地表大气降尘地球化学特征	70
4.3.2 酸沉降特征	71
4.4 生物地球化学特征	72
4.4.1 水稻地球化学特征	72
4.4.2 玉米地球化学特征	74
4.4.3 榨菜地球化学特征	76
5 土地质量生态地球化学评估	79
5.1 土地质量生态地球化学评估方法	79
5.1.1 土壤环境质量评价	79
5.1.2 土壤肥力	80
5.1.3 土壤质量分级	83
5.1.4 水、大气环境地球化学评价	84
5.1.5 土地环境地球化学质量分等(灌溉水和大气降尘)	86
5.1.6 地球化学生态效应评估	86
5.1.7 土地环境地球化学分级	87
5.1.8 土地地球化学质量分等定级	87
5.2 土地质量地球化学评估	88
5.2.1 土壤质量地球化学评价	88
5.2.2 土壤肥力	92
5.2.3 土壤质量分级	111
5.2.4 水、大气环境地球化学评价	112
5.2.5 土地环境地球化学质量分等(灌溉水和大气降尘)	115
5.2.6 土地环境地球化学分级	115
5.2.7 主要农作物质量地球化学评价	116
5.2.8 土地质量地球化学评估	118
6 土地利用对策与建议	120
6.1 土地规划利用	120
6.1.1 土地规划利用	120
6.1.2 土地生态管护	128
6.1.3 人居环境管护	132
6.1.4 土地污染防治	132
6.2 新农村建设对策	133

6.3 预期经济社会效益分析	135
6.3.1 经济效益	135
6.3.2 社会效益分析	136
结论与建议	138
结论	138
建议	139
参考文献	140
符号说明	147
附图	148
后记	150

1 绪 论

1.1 选题依据与研究意义

土地是一种最基本的资源,是农业、林业和牧业最基本的生产资料,其质量的好坏直接影响到土地资源的合理开发利用和区域性经济的发展规划。长期以来,伴随着人类对自然的干预和土地不合理利用,土壤肥力和生产力下降、土壤重金属污染以及由此导致的大气和水体质量降低等问题日益严重,给生态环境、食品安全和农业可持续发展带来了巨大压力,对人体健康产生了严重危害,直接威胁着我国的粮食安全。

近年来,人口增加与经济发展对土地资源的压力越来越大,并导致了不同程度的土地退化,不仅制约了我国生产、生活和生态环境建设,而且也成为制约国民经济发展的主要障碍因素之一。因而,提高土地质量、促进土地持续利用已成为 21 世纪土地科学、土壤科学和地理学科等相关学科的研究重点。对此,我国相关部门针对土地质量开展了一系列的调查和研究工作。如,农业部分别于 1978 年和 2007 年组织了全国土地调查;国土资源部于 1999 年启动了“新一轮国土资源大调查”工程课题(杨忠平,2008);中国地质调查局组织并实施了生态地球化学调查(农业地质调查)课题(陈国光等,2007),该课题自 2002 年实施以来,已完成多目标区域地球化学调查面积近 105 万 km^2 ,涉及浙江、江苏、安徽、湖南、湖北等 21 个省(市、区),目前大部分课题已进入生态地球化学评价收尾阶段。与此同时,相关土地规划纲要也相继出台,如 2008 年 10 月国务院颁发的《全国土地利用总体规划纲要(2006~2020 年)》(杨忠平,2008),纲要明确指出:要实行耕地数量、质量、生态全面管护,既要参照农用地分等定级成果,又要建立土壤环境质量评价和监测制度,积极防治土地污染。此外,为了进一步指导生态地球化学评价工作,中国地质调查局于 2005 年底正式发布了《区域生态地球化学评价技术要求(试行)》,规定了河流、农田、城市、湖泊湿地、浅海等生态系统的评价技术路线,即地球化学异常的成因、异常元素来源与迁移途径、生态效应、地球化学预警预测评价的方法技术(陈国光等,2007)。以上工作的大量开展,为我国土地生态地球化学评价和土地规划提供了研究基础和指导思想。

四川是一个多山的盆地地区,河流、水系丰富,气候潮湿、多雨。土地资源的不合理开发利用,一方面造成了土壤肥力、土地生产效率的下降,同时也加剧了土地的自然污染过程。由于人为干扰的加剧,加之盆地独特的气候环境和地貌类型,一方面加速了有害元素

沿着水系的大量外泄过程,另一方面这些有害元素难以排除,因此造成了盆地的面源污染和部分区域的集中污染,严重影响了地区经济发展和人们的健康。因此,如何解决土地污染问题和进行合理的土地规划成了该区土地工作亟待解决的重要问题之一。为此,近年来四川省相关单位在农业部组织的土地资源调查工作的基础上,重点实施了由国土资源部和四川省国土资源厅组织的“金土地”工程,在土地研究区内各圈层地球化学指标的特征参数和区域生态地球化学评价等方面开展了大量工作,以期为科学种植规划、规模开发、土地集约利用以及无公害农产品种植基地建设等,提供科学的地球化学指标背景数据及合理建议。

鉴于以上背景,根据四川省国土资源厅以川国土资函[2010]05号文《关于下达2010年四川省省级地质勘查基金课题计划的通知》下达的四川省“金土地”工程18个土地研究区农业地质调查课题工作任务。本研究以四川省“金土地”工程2010年度18个土地研究区农业地质调查子课题“内江市市中区沱江乡土地研究区农业地质调查”(课题编号:J-73)为依托,通过“金土地”工程区农业地质调查,综合应用生态地球化学方法,基于对研究区土地质量地球化学特征的详细调查和分析,以区域土地质量地球化学评估为基础和依据,提出研究区土地规划与利用的对策和建议,为区域土地资源合理利用和管护、提高土地利用效率、改善人居环境和农业生态环境以及建设社会主义新农村提供研究基础和科学依据。

1.2 国内外研究进展

1.2.1 生态地球化学内涵及其研究思路

生态地球化学的内涵:生态地球化学是生态学与地球化学结合的产物,它以元素及其化合物在生物—地质复合系统中的循环为基础,以地球化学及其与环境、生物等交叉的边缘学科的方法原理为依托,以元素对人的影响为核心,研究元素在系统中的分布分配、迁移转化规律,评价其生态效应(张建新,2006)。生态地球化学(Ecological Ecological)一词最早出现于1988年俄罗斯召开的第四届“当代条件下地球化学勘察理论与实践”会议文集中(Kasimov et al.,1988),但在之后对此研究的实践中缺乏具体研究内容和成功案例(杨忠平,2008)。在我国,生态地球化学一词最早由奚小环在2004年明确提出,他融合了生态学观点和方法,认为“融合生态学观点和方法研究地球系统中的地球化学问题,是生态地球化学的基本含义”(奚小环,2004)。之后,杨忠芳等(2004)在此基础上将其概念更加具体化,认为是“研究生态系统中化学元素及化合物的地球化学分布、分配特征及迁移转化规律,并对其所产生的生态效应进行评价与预测的一门科学,是生态学与地球化学相结合的产物”。因此,生态地球化学研究主要包括元素迁移和转化两个方面,其评价主要针对影响社会经济发展的、由复杂因素形成的、呈区域性分布的宏观生态地球化学问题(奚小环,2004)。

西方学者很少引用生态地球化学的概念,他们常侧重于将岩石、土壤、生物、水、大气作为一个系统考虑,重点研究微量元素和有机污染物在各系统内的分布分配规律及各个系统间的相互转化关系(崔冬霞,2011),但其研究思路、内容和方法与生态地球化学研究类似,一定程度上推动了生态地球化学研究领域的发展和相关领域的研究。如,1969~1973年美

国在密苏里州进行的地球化学调查,为流行病学家研究地球化学环境与人类健康之间的关系提供了基础数据资料(崔冬霞,2011);1982年美国地调所在阿拉斯加进行的地球化学调查工作,为环境地球化学、人类健康和寒冷气候下成壤过程研究提供了背景值(赖启宏,2005)。

我国生态地球化学是从全国多目标区域地球化学调查和应用实践中产生的科学理论(奚小环,2008),其基本思想在20世纪90年代末已有雏形。1990~1995年国家科学技术委员会组织实施的“区域地球化学在农业和生命科学上的应用研究(李家熙,吴建功,1999)及近年启动的“首都北京及周边地区大气、水、土环境污染机理与调控原理”等973课题(高丽丽,2011),是生态地球化学研究思路的基本体现。之后的21世纪初期,奚小环将其总结为:生态地球化学是以物质循环为研究基础的,其研究思路主要包括生态地球化学循环和生态地球化学效应两部分,目的在于了解地球系统的地球化学特征(奚小环,2004)。

综上,生态地球化学循环研究的基础是元素的迁移和转化,其实质是研究元素在土壤圈、水圈和大气圈之间的循环转化过程,以物质循环为研究基础,通过探究元素的迁移和转化过程和速率,分析其在各系统内的分布和组成特征,最终目标是为目标区域生态环境改善提供元素背景值和规划依据。

1.2.2 生态地球化学评价研究

生态地球化学评价是在多目标区域地球化学调查基础上,研究元素、化合物等地球化学指标在土壤圈的分布与分配规律、异常特征及其对生态环境产生的影响,并针对性地测定元素形态或价态,研究元素成因来源及其在地球系统(岩石圈、土壤圈、水圈、大气圈和生物圈)中的行为(奚小环,2004;张洪涛,2004;陈国光等,2007;杨忠平等,2009),其理论基础是元素地球化学循环原理(奚小环,2004),且根据其研究尺度不同,元素地球化学具有不同的规模、特征、功能及其生态效应。生态地球化学评价是以生态系统为单元、以来源—成因—迁移转化—生态效应—预测预警为主线,其目的主要是研究元素区域组成特征和循环转化过程及其对生态环境产生的影响(奚小环,2004;陈国光等,2007),这在中国地质调查局区域生态地球化学评价技术要求(试行 DD2005-02)(中国地质调查局,2005)中也已详细体现。其主要评价思路是:以多目标区域地球化学调查或其他区域性地球化学调查为基础,以流域/区带为评价主体,以生态系统为评价单元,以土壤为中心,以元素和化合物在大气—水体—土壤—生物体中的循环迁移为主线,以研究元素的输入输出通量和生态效应为重点,在国家或流域/区带尺度上,建立系统的异常成因追踪、迁移途径研究、生态效应评价和发展趋势预测的方法技术体系与模型(中国地质调查局,2005)。

对于生态地球化学评价的研究,西方国家很少提及这一名词,代之以环境地球化学评价和污染(风险)评估(价)(Thornton, 1993; Sponza & Karaolu, 2002; Ferreira-Baptista & Miguel, 2005; Wong et al., 2006)。近年来,西方国家也开始关注其与人类健康有关的生态效应研究(Abrahams, 2002; Ferreira-Baptista & Miguel, 2005)。但总体上讲,其研究重点是微量元素和有机污染物在各个生态系统内的分布分配规律及各个系统间的相互转化关系(高丽丽,2011)。如,对土壤中重金属元素和有机物的含量水平、时空变异、来源及其迁移

规律等方面的研究 (Culbard et al., 1988; Bitukova et al., 2000; Ferreira-Baptista & De Miguel, 2005; Hooker & Nathm2nail, 2006)。此外,以分区研究为例,20 世纪 80 年代以来,西欧、北美等国家主要开展了农、林作物与地球化学元素关系的研究(王恒旭,2006);而俄罗斯等国家则开展了以生态环境评价、土地合理使用、成矿预测等研究的大量工作(崔冬霞,2011)。

我国生态地球化学评价研究起步较晚。20 世纪 90 年代末,多目标地球化学调查拉开了从区域尺度进行不同生态系统地球化学调查和评价的序幕(高丽丽,2011)。自 21 世纪以来,我国生态地球化学评价研究发展迅速,以奚小环、杨忠芳、成杭新等学者为代表,先后对生态地球化学评价的概念及内容(奚小环,2004;杨忠芳等,2004;成杭新等,2005;陈国光等,2007)、理论基础及研究思路(奚小环,2004;李瑞敏等,2005;杨忠芳等,2005;陈国光等,2007)、体系标准(申锐莉,2005;中国地质调查局,2005)、评价模型及其预警体系(施泽明,2004;倪师军,2005;唐文春,2006;徐云霞,2008;刘应平,2010;黄蕾等,2011)等方面进行了大量研究。在研究尺度上,也分别从全球、区域和局部生态地球化学评价方面进行了研究工作的开展(奚小环,2004)。

综上所述,21 世纪以来,我国在生态地球化学评价研究方面开展了大量工作,在评价指标体系和规范、研究思路、内容和方法等方面积累了大量的经验和可依的依据,在生态地球化学评价方面业已形成了初步的雏形。这些研究基础为今后的地球化学评价工作的开展提供了数据基础和参考依据,为本研究提供了诸多方法参考和技术借鉴。

1.2.3 土地生态地球化学评估与土地规划

土地质量的不断退化严重制约了生产、生活和生态环境建设,进而阻碍了国民经济发展,因此人们开始关注土地质量的变化,成为实现土地资源可持续发展的研究重点(王建国,陈凌静,2008)。土地质量的下降其实是污染元素在大气圈、水圈和土壤圈迁移和转化过程中,根本上改变了原有土地的元素分布和组成结构,最终集中表现于土壤质量的下降。随着城镇化速度加剧,人类对土地资源利用程度加剧和污染物排放量加大,各种污染物最终汇聚于土壤,形成了土壤中有害元素的不断积累而不能及时分解和排放,由此构成了土地质量的下降。这些有害元素尤以重金属元素污染最为突出,特别在山区,由于人类对土地资源的过度干扰和利用,不仅加重了对原有土地的生活污染,同时也加剧了水土流失过程和一些自然灾害的发生(如泥石流、滑坡等),致使山体大量重金属元素外泄,给区域人们的生活和健康带来了严重的安全隐患。

在土地有害元素的构成中,重金属元素因其来源广泛、存在形式多样、迁移转化复杂、影响范围广、修复处理难以及对人体健康和生态环境的危害大而广受关注(杨忠平,2008)。重金属以各种形式广泛存在于环境的各种介质(如大气干湿沉降、灰尘和土壤等)中(Wong et al. 2003; 杨忠平,2008),其中,土壤作为环境要素的重要组成部分,其质量状况直接关系到人类的健康和安全(尤其对于城市而言)。对于城市而言,土壤是城市污染物的主要汇集地,接纳了来自工业生产与居民生活所产生的污(废)水、固体废弃物等各方面的 90% 的污染物(邢光熹,朱建国,2002),这些污染物中所携带的重金属也随之大量进入城市土壤中,