

农业生态地质环境 与贵州优质农产品

贵州省地质调查院
贵州省地质科学研究所
贵州省农业资源区划办公室

毕 坤 王尚彦 李跃荣 许 军 著

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书在介绍农业生态地质学基础知识的基础上,总结了近20年来作者在农业生态地质学方面的调查研究成果。本书以地质学为基础,展开和引申了地学与农学及其他学科交叉形成的农业生态地质学科的有关问题,即地质与农业结合的切入点、农业生态地质学的理论基础、研究内容、研究方法等。阐述了农业生态地质环境与贵州优质农产品的关系,得出了农产品质量与地质环境优劣成正比的结论;为地质科学扩大服务领域,促进农业、农村和农民经济发展,增加农民收入,提供了科学依据和实例。

本书约18万字,彩色图版7幅。可供地质、农业、地球化学、医学、环境地球化学、生物地球化学、环境保护、国土资源等部门和科学研究单位以及大专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

农业生态地质环境与贵州优质农产品/毕坤等著.-北京:地质出版社,2003.11

ISBN 7-116-03968-6

. 农... . 毕... . 农业环境:生态环境:地质环境-研究-贵州省 农产品-简介-贵州省
. S181 F762

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第105730号

NONGYE SHENGTAI DIZHI HUANJING YU GUIZHOU YOUZHI NONGCHANPIN

责任编辑:汪福 孙亚芸 王璞

责任校对:李 玫

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路31号,100083

电 话:(010)82324508(邮购部);(010)82324572(编辑室)

网 址:[http:// www.gph.com.cn](http://www.gph.com.cn)

电子邮箱:zbs@gph.com.cn

传 真:(010)82310759

印 刷:北京印刷学院实习工厂

开 本:787mm×1092mm¹/₁₆

印 张:8.25 彩色图版:4页

字 数:180千字

印 数:1—800册

版 次:2003年11月北京第一版·第一次印刷

定 价:22.00元

ISBN 7-116-03968-6 S·31

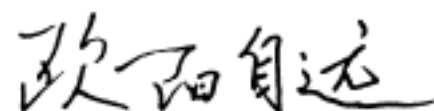
(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行处负责调换)

序 一

在 20 世纪 80 年代初贵州省开展了农业区划工作,从贵州省地质矿产局承担了清镇县地质地貌与农业区划的试点开始,到现在已有 20 多年的历史。经过地质、地理、农业工作者的辛勤劳动,提交了较多的成果,积累了比较丰富的经验,取得了一定的经济、社会、环境效益。党中央、国务院提出实施西部大开发的战略,激发了农业地质工作者为农业产业结构调整、发展优势特色农业、建设生态环境的工作热情。在此形势下,有必要对生态农业基本的地质资源和地质生态环境与农业的关系进行系统的总结,《农业生态地质环境与贵州优质农产品》一书由此应运而生。它的问世标志着贵州地质与农业结合工作由起步走向逐步成熟。书中阐述了地质环境与贵州优势特色农产品的关系,地质环境在贵州农业生产中的功能,建立了农业生态地质种植模式,示范性地作了以县域为单位的农业生态地质发展规划,利用贵州丰富的岩石矿物资源开发生命动力源等内容。利用矿物元素在农作物中的核心作用,以矿物元素作为纽带和桥梁,把岩石—土壤—农作物—农产品结合成为一个有机的整体,探索出矿物元素是地质与农业结合的切入点或突破口,佐证了地学与农学存在着直接的内在联系。引申了农业生态地质学的理论基础,农业生态地质学的工作内容、工作方法。该书基础资料丰富翔实,具有科学性、实用性及可操作性,是贵州第一部农业地质专著,达到与国内研究接轨的水平。

农业生态地质工作的生命力在于,利用优良地质环境能够扩大优势农产品的产量并保持其质量的稳定性,而且在不增加农民过多负担的前提下,即可获得较好的收入,为地方经济发展起到了积极的作用。农业生态地质学的理论和方法,可指导地方因地制宜地进行农业结构调整,以指导农业种植规划分区,具有很强的可操作性,对贵州实施西部大开发战略将起到有力的推动作用,对我国农业地质工作发展也将产生一定的影响。

《农业生态地质环境与贵州优质农产品》一书的出版,将为地质工作“更加紧密地与国民经济和社会发展相结合,更加主动地为经济和社会发展服务”,提供了新的思路。



2002 年 10 月 30 日

序 二

《农业生态地质环境与贵州优质农产品》一书,是贵州省农业资源区划办公室主持并组织专家对 20 多年来地质与农业结合研究成果的系统总结。书中对贵州茶叶、烤烟、大米、水果、蔬菜等农产品,选择不同的地质环境,在其他条件相同的条件下,进行不同农作物的农田地质对比种植试验研究。试验表明,地质环境是农业资源的重要组成部分,是农作物生长的场所,是矿物营养物质资源库和贮存库,是物质和能量交换的磨合界面。农作物对地质环境有很强的依赖性、选择性、适应性,农产品有受特定地质环境连片控制的规律,矿物营养元素具有控制农产品质量的特殊功能。作者以矿物元素作为纽带,把岩石—土壤—农作物—农产品结合成为一个有机的整体,论证了地学与农学存在着深层次的内在联系,为地质与农业关系找到了结合点,得出不同农产品的质量与地质环境优劣成正比的结论。利用我国农业生态地质边缘学科的研究成果,进一步充实了“农业生态地质学”理论基础,总结了地质为农业服务的主要成果,是贵州省第一部农业地质专著。

农业生态地质工作的实践证明,农业生态地质学是发展农业生产,进行农业结构调整,提高农产品质量,生产无公害农产品、绿色食品、有机食品,增加农民收入,提高经济、社会、环境效益的科技资源,特别是在推进农业结构战略性调整中,对贵州省农业结构调整分区布局,改造脆弱的喀斯特生态环境,发展优势特色农业,具有实际的指导意义。

该书的出版,将为贵州农业生产的发展起一定的促进作用,产生应有的社会效应。



2003 年 4 月 28 日

前 言

生态农业是从刀耕火种农业、传统农业、工业化的石油农业发展之后而“逼”出来的一门学科。农业生态地质学是一门边缘性交叉学科,主要涉及地学、生态学、生态农业学等,还与土壤学、数学、化学、自然地理学、气象学、水文地质学、环境保护学、地球化学、生物地球化学、医学地球化学、食品卫生学以及经济学、社会科学等有关。

贵州地质与农业结合工作与全国同步发展。贵州省地质、地理、环境工作者,根据贵州岩石露头多、碳酸盐岩分布广、地形起伏大、没有第四系平原和大型山间盆地支撑的地质环境特征,结合贵州省地形、地貌、气候、水文、喀斯特等特征,与农业生产相配合,采取选择不同的地质环境,用相同的农作物品种、相同的施肥水平、相同的耕作技术、相同的管理水平、相同的海拔高程、相同的气候条件,进行不同农作物的农田地质对比种植试验。主要研究了优质茶叶、优质烤烟、优质大米、优质辣椒、优质水果等农产品优质的原因,进行了 20 年的辛勤劳动,认识到:地质环境是控制农作物质量的主要因素;农产品的质量与地质环境优劣成正比;优质农产品有受地质环境控制分布的规律性;矿物元素是影响农产品质量的核心物质;地质环境是发展农业生产因地制宜方针的重要参考,是农业可持续发展的重要因素。

《农业生态地质环境与贵州优质农产品》一书,是以上研究成果的系统总结。同时介绍和引申了农业生态地质学的概念和基础理论等相关内容。

农业生态地质学在贵州是一个新的科技资源。原贵州省副省长莫时仁(现为贵州省政协副主席)就曾指出过:“农业生态地质工作是农业产业结构调整的好路子”。因此有必要总结现有工作成果,发挥其应有的作用,使之成为发展贵州优势特色农业的动力。

本书分为八章,主要包括三个方面的内容: 农业生态地质学基础,从五个方面阐述了农业生态地质学的基础理论; 以农业生态地质学基础理论为指导,重点研究了贵州主要优质农产品与地质环境的关系,并提出了发展优质农产品的规划; 贵州农业生态地质环境的开发利用,即以县域为单位的农业生态地质发展规划,以及潜在地质资源开发利用及矿物元素综合平衡补偿施肥等与农业有关的问题。从地质的角度围绕发展贵州优质农产品和农业可持续发展,提出了具有理论性、实践性、可操作性的对策和建议。

本书得以问世,是贵州省农业厅、省农业资源区划办公室、贵州省地质调查院、贵州省烟草科学研究所、黔南自治州烟草公司、贵州师范大学、贵州省地质勘查局,贵阳市食品生物工程研究所等单位支持的结果。内容主要来自作者多年主持研究的成果和经验积累,参考了我国地质与农业结合的最新动态,进行提炼和升华编写而成。本书约 18 万字,图版 7 帧。在成文过程中得到原省农业资源区划办主任袁国强高级农艺师的热情帮助,林极峰、肖进原、刘福昌教授以及原黔南州烟草公司副经理刘国虎高级农艺师的支持,同时笔者对 20 年来参与过农业生态地质研究的沈志达、高尚玉、龙明树、柏建国、梁和等专家,以及贵州地质科学研究所专家咨询服务中心的同志们和插图制作者张权莉同志,致以衷心的感谢。

感谢省农业厅领导和有关专家对本书初稿提出了宝贵的意见。

感谢中国科学院院士、贵州省科协主席欧阳自远和省农业厅厅长陶性潜为本书作序。

目 录

序 一	欧阳自远
序 二	陶性潜
前 言	
第一章 农业生态地质学基础	(1)
第一节 农业生态地质学发展历程	(1)
第二节 农业生态地质学基础知识	(2)
第三节 农业生态地质学在农业生产中的功能	(16)
第四节 农业生态地质的农业生产模式	(16)
第五节 农业生态地质的经济效益	(17)
第二章 贵州农业生态地质环境及主要优质农产品地质分布特征	(18)
第一节 贵州农业的地质生态特征	(18)
第二节 贵州农业生态环境特征	(21)
第三节 地质灾害与农业生产的关系	(22)
第四节 主要优质农产品的地质分布规律	(23)
第三章 贵州地质环境与茶叶品质关系	(26)
第一节 贵州茶叶资源	(26)
第二节 贵州地质环境与优质茶叶的关系	(30)
第三节 贵州优质茶叶的地质种植分区	(38)
第四章 贵州地质环境与优质烤烟的关系	(42)
第一节 黔南自治州的地质背景	(42)
第二节 岩石土壤地球化学特征	(46)
第三节 黔南烤烟种植试验	(48)
第四节 地质背景与烤烟质量和产量的关系	(52)
第五节 黔南烤烟农业生态地质种植意见	(56)
第六节 贵州地质环境与优质烤烟的关系	(58)
第五章 贵州地质环境与优质大米的关系	(65)
第一节 贵州优质大米生产概况	(65)
第二节 贵州优质大米品质特征	(66)
第三节 贵州优质大米与地质环境的关系	(69)
第四节 优质保健大米的开发	(71)
第五节 优质大米生产产业结构调整	(74)
第六节 优质大米地质种植分区	(74)
第六章 贵州地质环境与优质水果蔬菜的关系	(76)
第一节 优质辣椒	(76)

目 录

第二节 优质水果	(77)
第七章 农业生态地质发展规划——以丹寨县为例	(79)
第一节 工作方法	(79)
第二节 地质环境在农业生产中的基础作用	(80)
第三节 地球化学背景	(82)
第四节 地质环境与农业生产关系	(85)
第五节 主要农产品的生物地球化学特征	(86)
第六节 丹寨县农业生态地质发展规划分区	(91)
第七节 优势特色农业的经济、社会、环境效益	(98)
第八节 丹寨县西部大开发决策定位设想	(100)
第八章 纯蕨素的开发及其应用	(102)
第一节 纯蕨素的开发研究经过	(102)
第二节 纯蕨素研制的科学依据	(102)
第三节 纯蕨素生产的工艺流程	(103)
第四节 纯蕨素的农田种植试验	(107)
第五节 开发纯蕨素为贵州农业生产增加新动力	(113)
结 语	(114)
参考文献	(117)
Abstract	(119)

第一章 农业生态地质学基础

第一节 农业生态地质学发展历程

20 世纪初,国外科学工作者提出了农业地质一词。1916 年英国剑桥大学地质系出版了一本《农业地质》,1946 年美国路易斯安那州立大学地质系教授 F. V. Emerson 也编写了一本《农业地质学》,这两本书仅仅作为向农业工作者介绍地质知识的窗口。80 年代初,原苏联地质学家提出了“地质生态学”的概念。

在 20 世纪 80 年代我国开展了农业区划工作,李正积教授参加了四川农业区划,发现川中地区上侏罗统蓬莱镇组地层分布区棉花的质量最好,经农业产业结构调整,得到了增产增值的效果。1986 年出版了《地质与农业》一书,引起了我国地质工作者的关注。1988 年在成都召开的我国第一届地学与农业结合的学术交流会上,多篇学术论文作者根据各地区的特点提出了地质环境与农产品的关系,该次会议为地质与优势特色农业直接结合奠定了思想基础。从此地质环境与优质农产品关系的研究,在全国普遍开展,1992 年达到了一个新的高度。1992 年在四川召开第二届地学与农业结合的学术交流会,成立了中国地质学会农业专业委员会,它标志着一个新学科的启动。在农业地质工作者辛勤耕耘下,20 年来取得了不少的成果。中国地质学会农业地学专业委员会,于 1997 年、1998 年、2000 年、2001 年、2002 年相继在山东、浙江、北京、昆明、长沙召开了学术研讨会,为迎接新的挑战和发展地学为农业服务而继续奋斗。

1986 年李正积教授提出“农业地质背景”的概念,指出地质背景与优质农产品有密切的关系。农业地质背景研究的目的是为了发展优质农产品以及进行农业产业结构调整。在 1988 年全国第一届地学与农业结合的学术交流会上,得到与会专家的认可,为我国地质工作服务于农业领域开创了先河。1997 年张宗祜院士把地质无机环境和生态有机环境结合起来,提出“农业生态地质学”的新概念。应从七个方面进行研究,归纳为两大方面:一是地质作用过程与农业生产的关系;二是物质元素的地球化学作用过程与农业生产的关系。2000 年陈昌笃先生提出“地质生态学”,将地质与生态相结合,“地质生态学”更多地考虑生物的过程。2001 年 8 月在昆明召开的学术研讨会上,云南地质科学研究所曾群望和杨双兰高级工程师等提出“生物地质环境学”。2000 年笔者在《资源开发与生态建设》论文集一书中介绍了“贵州优质农产品品质与地质环境关系”;2000 年、2001 年贵州省政府参事室夏士钧参事和毕坤研究员、贵州省农业资源区划办公室副主任许军,两次向贵州省政府建议在贵州开展农业生态地质工作。2001 年笔者在昆明会议上初步介绍了“农业生态地质”的内涵及其科技依托。会议之后,在系统总结贵州地质环境与优质农产品的关系中,参考了我国有关地质与农业关系的不同观点,认为张宗祜院士把地质无机环境和生态有机环境与农业结合起来而提出的“农业生态地质学”,更切合地质与农业的有机联系,所以采用“农业生态地质学”作为该学科的名称。我国农业地质工作的历史进程说明,建立地质与农业结合的边缘学科已达到呼之欲出的地步,农业生态地质学的产生已是势在必行。

贵州农业地质工作与全国发展同步,自 20 世纪 80 年代初开始,在贵州省农业资源区划办及有关单位的支持下,先后开展了以下工作:清镇县地质地貌与农业区划(研究单位或研究人:贵州地质矿产局。资助单位:贵州省农业资源区划办。提交成果时间:1982。以下同),贵州烤烟生长的地质环境分析(毕坤,1987),贵州地质环境与林业(毛志中,1987),黔南州地质背景与烤烟种植试验(毕坤等,黔南州烟草分公司,1989),贵州土壤地球化学元素背景研究(付舜珍,贵州省农业资源区划办,1994),1:150 万贵州农业地质图(徐际鑫,贵州农业地图集,1995),贵州地质环境与茶叶品质关系研究(毕坤等,贵州省农业资源区划办,1996),威宁县鹿房稀土矿普查评价及开发利用(黄训华,毕节地区科委,1996),麻江稀土矿物的开发利用(毕坤,贵州省农业资源区划办,1997),毕节松林地质特征与烤烟关系研究(刘家仁,毕节地区科委,1998),开阳富硒农产品开发利用研究(汪境仁等,贵州省农业资源区划办,1999),麻江优质大米调查评价(毕坤等,麻江县人民政府,1999),贵州优质农产品与地质环境关系(毕坤等,贵州省政协经委,2000),丹寨县农业生态地质发展规划(毕坤等,丹寨县人民政府,2001),开阳县禾丰地区硒资源的开发利用(毕坤等,贵阳市科技局,2001),贵州开阳县硒资源开发研究(杨晓英等,开阳县人民政府,2001),农业生态地质与贵州优质农产品(毕坤等,贵州省农业资源区划办,2001),贵州农业地质环境与优质农产品品质(毕坤,贵州省农业资源区划办,2002)。

经过 20 年卓有成效的工作,取得了一定的成绩,尤其是在选择优良品种,利用不同的地质环境,用农业生态地质种植模式,进行农业地质种植试验工作取得了较好的成绩,为进一步开展农业生态地质工作提供了参考资料。在此基础上,讨论了地质与农业结合的自然性和必然性,引申和探索了农业生态地质学的有关定义、范围、方法论,为农业生态地质学的发展提供了科学资料和依据。

第二节 农业生态地质学基础知识

一、农业生态地质学的概念

农业生态地质学是农业科学、地质学、环境科学等多学科交叉的边缘学科。农业生态地质学是研究人-农业生产-地质环境整个系统的结构、功能及其相互作用的学科(张宗祜,1999)。

农业生态地质学的主要研究对象是岩石、土壤、水、气候、农作物和其他动植物。研究地质体和地质作用对大农业生产的质量和数量、生态环境的影响,提出改进措施和可持续发展方略。

农业生态地质学的主要研究内容包括生态地质结构、生态地球化学、生态水文地质和生态经济地质四个方面。生态地质结构的研究内容包括地表结构、地下岩土组成和结构、物质及能量转换界面(岩-土界面、土-植界面、水-土界面)。生态地球化学研究主要矿物营养元素“供给、输送”和平衡过程,包括元素及含量的背景值和植物适宜含量阈值,地质环境-元素平衡-生物生产系统最佳运行的机制分析,生物地球化学区划指标和定量评价公式和系数,污染与地方病。生态水文地质研究主要包括:水的质量和潜水埋藏条件,自然降水与作物需水程度的协调性,农业用水量平衡程度;浅层地下水与包气带水分的运移及其开发利用研究;

对水环境利用改造工程技术的研究。生态经济地质研究主要从地学的角度研究生物生产中的生态经济学,研究农林牧业建设及乡城镇建设中的生态效益和经济效益相结合的问题(邵时雄等,1999)。

农业生态地质学是年轻的边缘学科,从它的由来过程看其还处于探索时期。对于该学科自身的定义、范围和方法论,需要农业地质工作者继续努力,盼望早日出现农业生态地质学专著,占领该学科的制高点。笔者在本书中提出的“矿物元素是地质与农业结合的切入点”、“农业生态地质学的理论基础”、“农业生态地质种植模式”等相关论述,希望能为建立农业生态地质学起到添砖加瓦的作用。

二、农业生态地质学的基础理论

农业生态地质工作研究认为,岩石是古老的成岩地质体,土层(成土母质及土壤)是最年轻的未成岩地质体,都是农作物生长的物质基础,都属于农业可持续发展的重要环境因素。土壤是岩石风化后矿物原地堆积或经过搬运异地堆积的集合体,农产品的质量受控于地质环境,不同植物都要求适合自身生长的地质环境,特别是优势特色农作物,对地质环境的选择性更强。土壤和岩石的主要区别,在于土壤质地疏松容易耕耘,而成为农作物生长的主要场所。岩石和土壤的演变关系早有公论,在传统农业生产的实际操作中,主要考虑土壤的作用,将岩石的基础地位置于相当次要的位置。因此需要从以下几个方面阐述地质生态环境的基础作用。

1. 岩石是农业地质资源的主体

1) 岩石是植物矿物营养物质的资源库:岩石由矿物组成,矿物由元素组成,岩石中矿物含量的多少,取决于成岩的物质条件和环境。贵州省全面进行了各地层的矿物成分鉴定,其矿物成分较清楚。对岩石中的元素含量作过半定量全分析,但是资料没有系统整理。据有关资料统计,不同岩石所含元素组合有明显的差异,从矿物成分可以得到佐证。纯碳酸盐岩主要成分为方解石、白云石、文石,含量 95% ~ 99%。不纯碳酸盐岩中,上述矿物含量都大于 70%。碳酸盐岩是钙镁元素的主要来源,其他矿物含量较少。硅酸盐岩中矿物有石英、长石、海绿石、褐铁矿、磁铁矿、钛铁矿、锆石、磷灰石、云母、方解石、高岭石、多种硫化物等。岩石经物理化学作用,能自然不断地提供矿物质,释放其中的 Ca、Mg、Si、Al、K、P、Fe、Mn、Mo、Se、Sr、Zn 等 50 ~ 60 种元素,满足植物生长的需要。但是,岩石中的元素含量缺乏系统的资料。

2) 第四系松散堆积层是矿物元素的贮存库:第四系松散堆积层是未成岩的岩石,是岩石风化的矿物被流水搬运流失的剩余部分,堆积在不同的地貌部位,成为矿物元素的贮存库。土壤中的矿物元素与岩石关系密切,不同土壤类型所释放的矿物元素不同,供农作物生长的矿物元素差别较大。土壤耕耘播种的时间越长,熟化的程度越高,其中矿物元素的消耗越多,土壤营养物质会发生不同程度的贫乏化,它符合热力学第二定律,能量转化过程中,孤立体系的熵永不减少。孤立体系中物质和能量不可逆转。所以对矿物质贫化的土壤,一是需要从岩石资源库或用地质资源加工的矿物肥料补充,二是为了调整土壤中矿物元素的补偿力度,不同的农作物需要实行隔年轮作制,以达到解决土壤营养物质贫乏的问题。

3) 地质环境是农作物生长过程中物质能量交换的载体。农业生态地质研究认为,地质环境是各种环境相互作用和物质能量交换的磨合部位,必须通过地质体作为载体来实现其转化过程,这一功能是地质环境在农业生产中的又一特征。

4) 岩石也是农作物生长的场所。这是农业生态地质得出的又一认识, 贵州是我国岩石出露面积比较大的省份, 植物生长在岩石中是司空见惯的现象, 到过黄果树、花溪、小七孔、茂兰、杉木河、梵净山等风景区及地形切割剧烈的山区的, 都能看到树木直接生长在岩石中。由于土层薄, 茶叶、果树、漆树、杜仲、银杏等很多经济林木的树根, 都伸在岩石中, 碎屑岩地区陡坡开荒种植的农作物也在岩石和土不分的环境中生长, 并能开花结果, 所以说岩石也是农作物生长的场所。

5) 地质环境是控制农产品质量的内在先决条件。这一基本认识是通过对贵州优质茶叶、优质烤烟、优质大米等农作物的种植试验中, 对比种植试验的结果, 经过深入的研究贵州优质茶叶、烤烟、大米等与地质环境的关系, 总结出地质环境是控制农产品质量的内在先决条件的科学结论。

2. 优质农作物受地质环境控制有成片分布的规律性

优质农作物对地质环境有很强的选择性、依赖性、适应性, 尤其是优势特色农作物有受地质环境控制而成片分布的规律性。贵州农业生态环境受到地质生态环境的控制, 适合 500 多种食用植物、1800 种饲料植物、40 多种农作物、100 多种蔬菜、127 种果树、500 多种菌类、3700 多种药材、6 大优势林木的生长。除了人工随意种植的品种外, 它们根据自身喜碱环境或者喜酸环境而生长, 《贵州国土资源》一书中, 详细列举了喀斯特和非喀斯特区的植被, 充分说明自然生长的品种都有选择地质环境的特征, 尤其是优质农产品对地质环境的选择性、依赖性、适应性更强。根据贵州 28 个优质大米产地的统计, 全部优质大米都产在不同时代地层的碎屑岩石分布区; 贵州优质辣椒、优质茶叶、优质烤烟等, 几乎都产于硅酸盐岩分布区; 富硒大米必须种植在富硒的黑色页岩地质环境中, 类似的例子很多, 均能说明农作物与地质环境的相关关系。

3. 矿物元素在农作物生长过程中的核心作用

(1) 矿物元素的概念

矿物元素是农业生态地质学提出的又一名词, 它指多种矿物集合体组成的岩石地质体或未成岩的土层中, 其矿物中的化学元素受自然营力的物理化学作用使矿物态能转化成络合物态、吸附态、有机态的元素, 其中呈离子状态的可溶态元素, 农作物(生物)最容易吸收, 它们也是农作物(生物)生长、繁衍不可缺少的物质。农作物生长的全过程, 是矿物中的元素转化到农作物体内, 参加几百种活性酶有机物质的形成和代谢, 并形成农作物优生优质效应的过程。因此, 地质体中的矿物及所含元素是农作物体内元素含量及组合特征的基础, 反之农作物体内元素的含量又能反映地质体中矿物元素背景, 所以提出矿物元素的概念。

地质生态环境与生态农业有密切的关系, 集中反映在矿物元素的基础作用上。因此农业生态地质学应把矿物元素与农产品质量作为研究的重点, 同时研究地质环境和矿物元素的关系, 进而研究地质与农业的内在联系。

(2) 矿物元素在农作物生长中的功能

矿物元素在自然生态环境中、农作物中、人体中, 其含量的比例极其相似, 而且处于动态平衡之中。在农作物的干物质中, 矿物质占有 4% ~ 7%, 它们以整体性、组合性、多元性、平衡性、特殊性参与农作物内有机物质的形成及代谢, 是几百种酶类、叶绿素、蛋白质、糖分、脂肪、芳香物质不可缺少的催化剂, 各有各的作用, 缺少一个元素及其含量不足或者过剩, 都将影响农作物生长。其中的微量元素被德国生物化学家 J. 李比希称为“最小养分率”。现

将主要矿物元素在农作物生长中的功能介绍如下。

钾 钾与碳水化合物、蛋白质代谢活性酶的存在有密切的关系,钾充分时淀粉、蛋白质等高分子化合物含量高,能提高农作物的产量和质量。

氮 氮是植物构成全部蛋白质、叶绿素、细胞核的重要成分,不仅能促进植物枝叶茂盛,增加果实饱满程度和蛋白质含量,并能控制钾、磷及其他物质。植物中氮的需要量常大于2%,主要来自地质环境、大气层和人工补给的尿素、氨氮、有机肥料。

磷 磷的重要性在于其能促进光合作用并参与细胞核蛋白、淀粉素、糖脂、磷脂等的重要成分的代谢过程,是植物体能量(ATP)代谢、碳水化合物代谢、氮代谢物质运移的媒体。若磷供应不足,以上作用将受到阻碍,并会降低氮和磷的吸收。

锌 锌是人体必需的微量元素之一,具有重要的生理功能,它参与细胞的构成,可促使细胞的分裂、生长和繁殖。医学研究表明,锌的功用主要表现为:促进核酸和蛋白质合成,有利于儿童生长发育、提高智商水平和加速创伤组织愈合;提高超氧化物歧化酶(SOD)的活性,增强细胞膜的稳定性,从而起到抗衰老、抑制肿瘤发生的作用等等。缺锌对生长发育期儿童影响最为突出,能起到提高儿童的智商水平和学习能力作用,故人们把锌誉为智慧元素。在植物生长中锌是伸长生长的必需元素,是促进蛋白质、乳酸菌酶、谷氨酸脱氢酶的组成部分,并参与光合作用。

硒 硒是人体必需的微量元素,它是谷胱甘肽过氧化酶(GSH-Px)的必需成分,在提纯的酶中,硒和酶的比例为(4 mol Se)/(1 mol 酶)。硒的主要生理功能是通过 GSH-Px 保护机体免受到氧化损害。硒同样是农作物必需的微量元素,硒的抗氧化作用的功能亦适用于农作物,农产品中硒的含量在生物景观界限指标和限量指标之内,对提高人体的免疫能力、防治心血管疾病、预防衰老,延年益寿等有重要的保健作用,被人们称为生命元素。富硒农产品是人体补充硒的天然食品。

钙 钙是农作物细胞壁的组成部分,细胞壁中的钙盐为偏碱性,对细胞壁溶液的酸碱度有调节作用,能影响化学成分的酸碱平衡,属偏碱性金属元素的作用。碳酸盐岩地区岩石中富钙,因风化溶解流失钙从而使土壤中贫钙,农作物得不到充分的补偿,往往农产品缺钙。

镁 镁和钙同时属于偏碱性元素,它是农作物叶绿素及碳水化合物转化酶的重要组成部分,可占叶绿素的2%,镁缺乏则影响叶绿素难以形成,它的存在还将提高磷酸化酶的活性。镁和钙一样在土壤中贫乏,农产品也存在缺乏镁的问题,在喀斯特地区应该补充镁和钙。

硅 硅是农作物细胞壁的组成部分,在有机体内的平均含量为0.2%,稻谷属于亲硅农作物,补充硅可以提高水稻的产量和质量。

铝 铝的生理作用目前还不完全清楚,由于它的化学反应性强,能与许多无机物和有机物组成络合物,能改变土壤的酸碱度,高浓度的铝,能抑制 Mg、Fe、Zn、Mo 元素,低浓度的铝,能积累 N、K、B、Mn 元素,起拮抗和协调作用。农作物对铝吸收的宽容度比较大,一般不会产生中毒现象。

铁 铁能促进农作物叶绿素的形成,缺铁时叶绿素形成受阻,另外铁与活性酶的形成有关。

锰 锰也能参加叶绿素的形成,同时是许多酶的活化剂及部分活性酶的成分,锰缺乏会引起叶绿素缺乏症并影响氮素代谢和光合作用。

硼 硼是植物的必需元素,对植物体的糖代谢起主要作用。植物对硼的需要量比较大,土壤中硼的含量应该小于 1×10^{-6} ,有效态的含量一般为 0.04 mg/L ,适量的硼可以促进生物的生长,硼过量则会引起中毒。

钼 钼是生物必需的微量元素。钼有促进植物生长的功能,对农作物施钼酸氨肥料可提高其产量,尤其是对豆科作物。钼能缓解镉中毒症状,在硝酸盐含量高的地区,钼能使硝酸盐氧化,促使氮在植物体内的代谢。另外植物合成蛋白质需要钼,钼能缓解铜过量,反之铜也能缓解钼过量,适量的铜和钼结合可以使农作物获得丰收。

钒 钒是生物的必需元素,适量的钒有利于脂肪的代谢和胆固醇的分解。

汞、铅、砷、镉 目前一般认为它们属于有害元素,一提到这几种元素就产生望而生畏的感觉。它们在地壳中是重要的金属矿物,有很高的利用价值。在生态环境中只要不超过一定的含量,对生物都是有益的物质。由于研究不够,它们的有益之处尚未被发现,一旦发现会对人类做出贡献,如目前研制砒霜制剂可以治疗癌症。过量的汞、铅、砷、镉的确存在严重的危害,在开发利用它们的同时,必须进行严格的环境监测,做好环境保护,控制这几种元素的限量指标。

(3) 矿物元素在农作物中的综合平衡效应

矿物元素自岩石圈转换到生物圈,是在开放系统中进行循环的,并以整体的物质流形式循环。从系统论的观点看,农作物生长并非仅靠几个矿物元素起决定性作用,而是以整体性参与生物作用,只是各元素的功能各异而已,表现在以下几方面。

1) 岩土中矿物元素存在的多样性及复杂性。地壳表层的岩石和土层都属地质体,岩石又是矿物元素的集合体,可称为潜资源库。由于不同岩石体和土体的性质差异,所含的矿物元素各具特色,硅酸盐岩以硅、铝为主,碳酸盐岩以钙、镁为主,火山岩以硅、铝、铁为主,它们的矿物组合较为复杂,自然环境因素作用后,不同的岩石能释放出的矿物元素各不相同。

2) 农作物中矿物元素的群体性。岩土中的矿物元素通过农作物吸收,逐步从根向茎、枝、叶、花、果输送,参与生理功能活动,是一个逐渐积累的过程。其中的元素种类和含量,因限于研究的目的和测试分析的手段,不可能全面测定,因此研究农作物中的矿物元素往往残缺不全。开展农业地质研究以来,从矿物营养元素与农作物品质的关系出发,测试了大米、玉米、烤烟、茶叶、柑橘、柚子、核桃、板栗、榨菜等作物的矿物元素及含量,选择部分列于表 1-1,可看出它们在每种作物中都成群出现,大量元素和微量元素并存,不同品种含量不同,反映了生物地球化学的群体性。经研究地质体中的元素含量与农作物中的含量极其相似,从某种意义上讲,农作物中的矿物元素基本上是当地(地质)地球化学背景的缩影。

3) 农作物矿物元素的组合性。我国农业地质研究,起步时就注意到不同农作物所含矿物元素组合的不同,提出了特需元素或特征元素的概念。在随后的大量研究中,逐步总结出各种农作物都有独特的矿物元素组合,以含量为序,将以下八种作物的矿物元素组合列于表 1-2。Ca、Mg、N、P、K、S 大量元素几乎都排列在前,造岩元素 Si、Al 有的作物含量也高,但各作物的组合顺序有很大的差异。在组合中 Ca、Mg 元素的排列顺序往往靠前,它们并不低于 N、P、K 的需要量,所以不能忽视 N、P、K 以外的其他元素在农作物中的地位。如有条件能系统测试各种主要农作物的矿物元素含量,了解其需求量,对合理施肥、配方施肥、科学施肥、因地制宜施肥将有实用价值和科学意义。

4) 矿物元素在农作物生理转化中的多功能性。统计了各元素的功能以及不同元素的同

效性(表 1-3),细胞核中 N、P、K 共同参与形成,细胞壁以 Ca、Si 为主,叶绿素以 Mg、Fe、Mn、N、稀土元素为主,蛋白质则由 N、P、K、S、Zn、稀土元素为主,酶类由 S、Mg、Fe、B、Mo、稀土元素为主,K 参与碳水化合物的主要作用。以上元素在促进光合作用及有机物形成中都有相应的功能。可知一种物质的形成,一般都有几个元素参加,从农作物干物质测定得知,大量元素是干物质的重要组成部分,微量元素含量虽少,但在生理平衡上是不可缺少的物质,只是目前对它们的作用还没有研究清楚。所以认为,矿物元素必须以群体性参与农作物的生长功能,才能发挥其综合效应。

表 1-1 农作物中矿物元素种类及含量表($w_B/10^{-6}$)

元素	农作物品种						全国六省区 1982		
	贵州 烤烟 1992	贵州 茶叶 1996	贵州 植物 1994	云南 大米 1991	云南 茶叶 1992	云南 烤烟 1992	大米	玉米	小麦
N	19 717		15 900		38 000				
P	6 336	5 070	1 050		3 900	710			
K	23 674	20 503	7 280	947	2 858	6 410			
Ca	19 224	2 396	19 290	1 305	2 436	8 300	110	102	569
Mg	3 420	1 931	2 630	862	1 427	2 800	321	1 170	1 451
Si	2 632		3 666		1 104	1 800			
Al	232	286	970		1 245	1 300			
Fe	241		380	334	206	600	17.4	27	55.3
Ti	44				4.65				
Na	38		970		372				
Mn	120	631	730	34.7	27.1	55.23	8.5	6.4	40.4
Ba	15.1			22.55	16.54				
V					3.1	0.72			
Cr	2.1				1.2	0.821			
Zn	30.7	49.1		22	6.54	14.7	15.2	21.5	31.7
B	61				4.3	6.24			
Cu	10.6	27.7		8.6	7.0	10.1	3.7	3.1	7.8
Ni	2.3				2.16	0.89			
Sr	23.7	6.4			9.35	18.49	0.49	1.92	4.63
F				104					
Pb	4.8	0.001			0.3	1.31			
Mo	1.8				0.08	0.45	0.32	0.26	0.4
Be					0.07	0.092			
Se	0.3	0.17							
Co	1.86					0.80			

表 1-2 矿物元素组合排序表

农作物种类	矿物元素组合(含量排序)
滇西大米	Mg、Al、Ca、P、Si、Zn、Mn、Fe、Cu
四川广柑	S、Al、Mg、Ca、K、P、Si、Fe、Zn、Mn、Cu
四川辣椒	K、P、Ca、Fe、Mn、Zn、B、Sr
涪陵榨菜	K、Ca、S、P、Si、Al、Fe、Mn、Zn、Cu
云南烤烟	Ca、K、Cl、Mg、Si、Al、P、Fe、La、Ce
云南茶叶	Ca、Mg、Si、Al、Na、Fe、Mn、Ba、Sr、Cu、B
贵州烤烟	K、Ca、N、P、Mg、B、Mo、Cu、Zn、Cl
贵州茶叶	K、P、Ca、Mg、Mn、Al、Rb、Zn、Cu、Sr

表 1-3 农作物有机物形成与矿物元素关系表

有机物	K	N	P	Ca	Mg	S	Si	Fe	Mn	Zn	Ca	B	Mo	Cl	稀土元素
细胞核															
细胞壁															
叶绿素															
蛋白质															
酶类															
淀粉素															
糖															
碳水化合物															

5) 矿物元素之间的协调作用和拮抗作用。协调作用:有些元素共同存在时,它们能互相促进形成良性循环,如磷粉和硫酸铵混合,氮不会破坏磷还会加强肥效。土壤中碳酸盐增加,P和Ca溶解量得到加强,产生肥效。 $w(\text{Ca}) : w(\text{B}) = 1200$ 比例时,烤烟生长良好。拮抗作用是指一种元素对另外一种元素的正常生理功能产生干扰和破坏作用,造成失稳和不平衡,产生耗散结构的分支现象和涨落偏离,如Ca能降低Mn的吸收,Ca能阻碍I的吸收,Ca可把Zn从机体中取换出来。Ca、K、Mg、H、Al及Mg与K、Ca、Zn、Mn产生拮抗等等。拮抗作用的结果,使矿物元素在农作物体内的吸收易产生生理障碍而达不到最佳浓度,影响农作物的质量和产量。

6) 有效态矿物元素与农产品质量效应。矿物元素在岩土中的赋存状态有五种形式,农作物最易吸收的是有效态,最不易吸收的是化合物态,其余三种状态须经一定的置换作用向有效态转变,供农作物吸收。在自然环境的开放系统中,由于降水量、温度、甲烷、二氧化碳、pH值、有机质、腐殖酸及其他有机酸、氧化还原电位等自然条件的影响,矿物能持续不断地形成有效态、络合物态、吸附态和有机态,源源不断地供应植物生长。森林植被在无人工施肥的情况下,仍然根深叶茂、枝干挺拔、开花结果、繁衍后代,其原因就是能从岩土中吸收矿物营养元素,说明自然条件下能形成足够维持林木生长的自然有效态元素。

(4) 农作物中矿物元素最佳浓度及其质量效应

生物最适营养浓度定律又称伯特兰定律,是德国科学家G.Bertrand 100多年前提出的。用其原理研究贵州烟、茶质量,得到较好的验证,现将生物最适营养浓度改称最佳浓度值,用农产品中矿物元素的含量数据具体确定其质量。

农作物中参加生理功能的矿物元素含量达到最佳浓度值的下限及上限临界值,农作物质量处于优生状态;低于下限值或高于上限值,则产生缺乏症和过量症。在临界值之间的元素含量,距饱和上限相差大,质量低,相差小则质量好,最佳浓度值的饱和度与农产品质量成正比。贵州烤烟和茶叶 12 个元素含量与理想值对比结果,烤烟中(图 1-1、图 1-2)Ca、Mg、B、Mn、Mo、N 的含量偏向缺乏,P、Fe、K 偏向过剩,Zn、Cu 则在其间。多数元素都与上限值有差距,反映在矿物元素总量上,优质烟为 $85\ 357 \times 10^{-6}$,次优烟为 $71\ 330 \times 10^{-6}$,含量高低对质量影响较大。茶叶矿物元素的含量,在综合前人资料的基础上,建立了 K、P、Ca、Mg、Al、N、Zn、Cu、Mn、Mo、B、Cl 等 12 个元素的最佳含量(图 1-3),并说明除了 N、Cl、B、Mo 在贵州茶叶中的缺乏和过量程度,其余则处于不同程度的饥饿状态(程启坤,茶化浅谈,1982,21 ~ 25)。

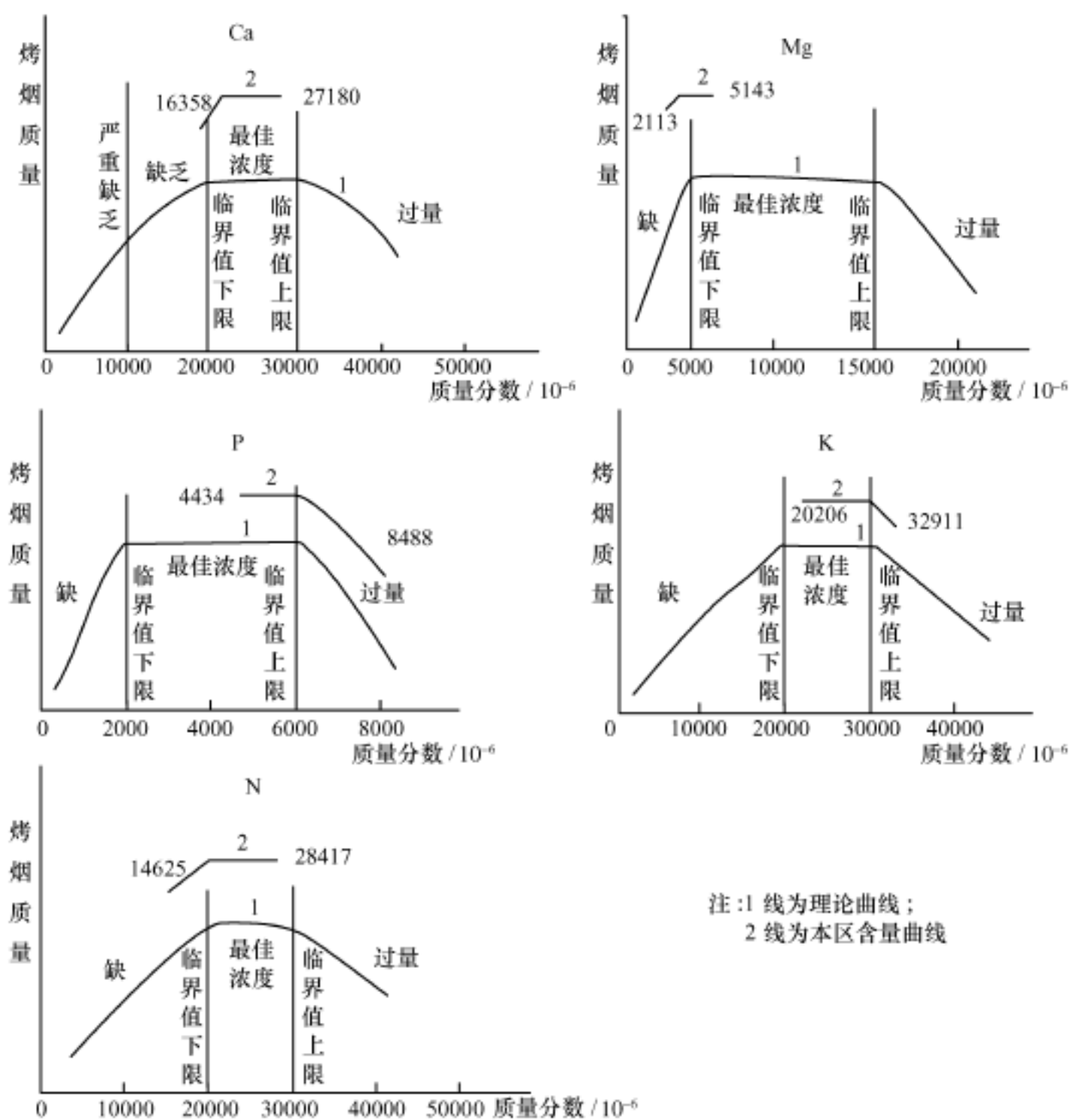


图 1-1 主要矿物元素含量与烤烟质量关系图

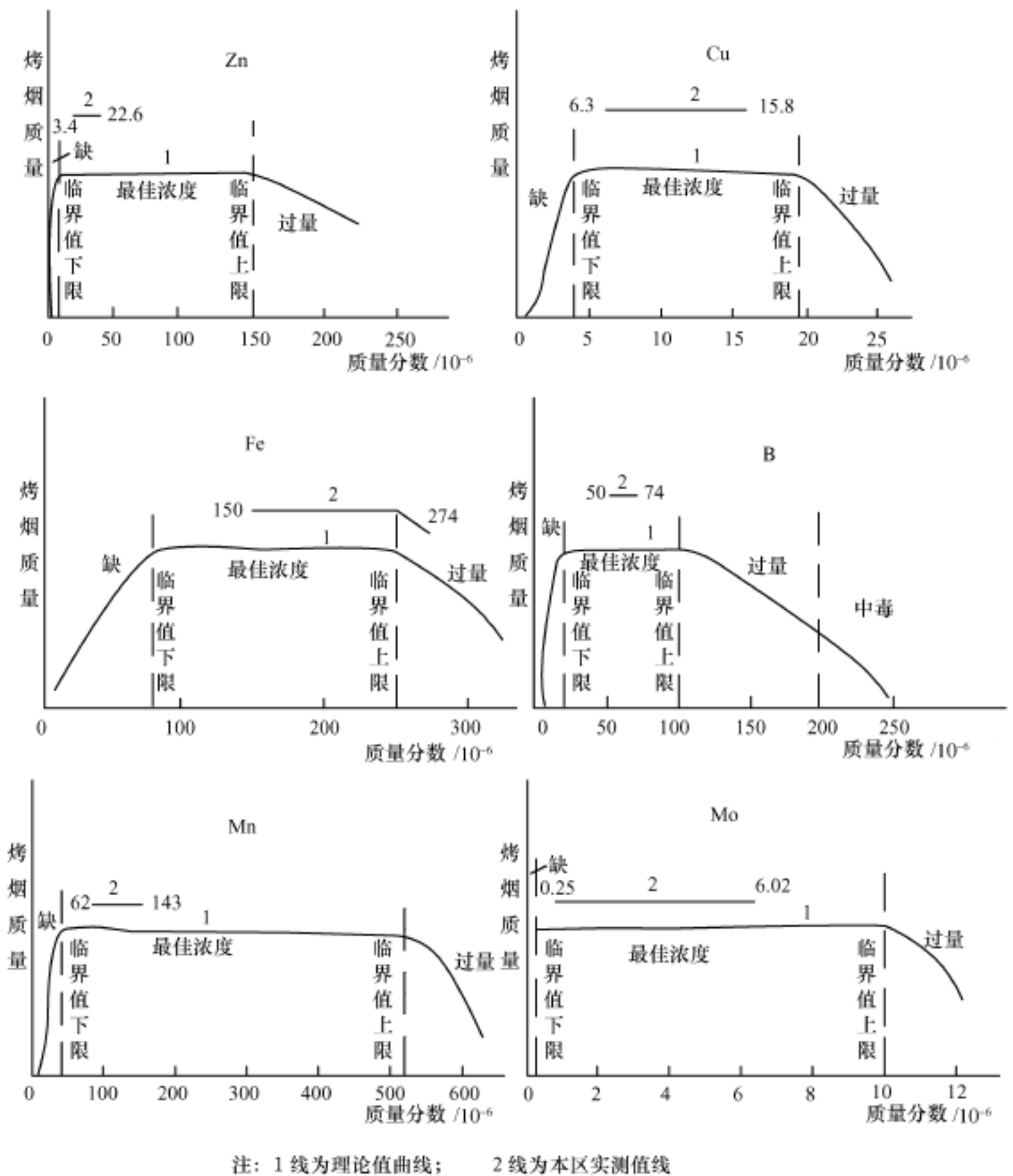


图 1-2 微量元素含量与烤烟质量关系图

K 最佳含量值为 1.65% ~ 2.5%。低于 1.65% 为缺乏, 低于 1% 为严重缺乏。贵州茶叶钾的含量为 1.75% ~ 2.47%, 不缺乏也不过量, 能满足茶叶正常生长, 且品质较好。

P 最佳含量值为 0.4% ~ 1.2%。低于 0.4% 为缺乏, 贵州茶叶磷的含量为 0.38% ~ 0.65%, 显示磷含量偏低或微不足, 处于缺磷的状态, 需补充磷肥。

Ca 最佳含量值为 0.14% ~ 0.56%。低于 0.14% 为缺乏, 高于 0.56% 为过量。贵州茶叶钙的含量为 0.14% ~ 0.38%, 在下限值以上, 与上限值有差距, 宜补充钙。但钙过量, 将影响钾的吸收。