

福州市表层土壤农业生态环境质量评价

魏为兴

(福建省地质调查研究院, 福建 福州 350011)

摘要:本文用地球化学指标和分级聚类模型中的积分值法,选取了 N、P、K₂O 等 16 个指标对福州市表层土壤的农业生态环境质量进行了初步的评价分类。共划分为 5 个级别农业生态环境区。其中一般生态环境区面积最大,占全部面积 58%。优良与良好生态环境区所占面积相对较小,两者合计面积同极差生态环境区面积相当,约占 3%。各环境区多数富钾元素,贫中量、微量元素。并根据各个生态环境区的特点,对福州市农业规划与布局提出了建议。

关键词:土壤;生态环境;农业;福州市

中国分类号:P595 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2007)02-0354-05

农业生态环境是人类生存和发展的基本条件,是经济、社会发展的基础。农业生态环境的综合评价,对于进一步合理开发农业自然资源和有效保护农业生态环境,更加科学地制订国土整治规划具有积极意义。

1 概述

福州市地处福建省东部沿海、闽江下游平原,位于北纬 25°15′~26°39′、东经 118°08′~120°31′,辖鼓楼、台江、仓山、郊区、马尾 5 区和福清、长乐、闽侯、闽清、连江、永泰、罗源、平潭 8 县(市)和琅岐经济区。福州地区大地构造单元属闽东燕山断拗带,母岩分布明显受构造控制,中生代火山岩为最主要的母岩类型,遍布全区,燕山期酸性侵入岩则主要分布在沿海县区。第四纪冲积物、冲洪积物、海积物、风积物、残坡积物等母质类型也受各种地貌类型控制而分布。地势大体是西北、西南高,东南部低,腹地平坦。西部、西北部山岭耸峙、群峦叠嶂。戴云山系的闽中大山带横贯西北、南向大致与海岸线相平行。福州地区地属中、亚热带气候,成土条件复杂,土壤主要以红壤与水稻土为主。

2 样品采集、分析与数据处理

2.1 样品采集

此次研究工作系福建省人民政府与中国地质调查局合作开展的“福建省沿海经济带生态地球化学调查”项目的部分成果。该调查项目的野外工作采用网格法布点,采样密度为 1 点/km²,共采集了福州市 10 349 个 0~20 cm 深的表层土

壤样品。土壤样品均过 20 目筛(0.84 mm),并按 4 个相邻网格样品组合成一个样进行测试,共组合为 2612 个测试样品。

1.2 样品测试

样品测试由福建省地质测试研究中心承担。采用 X 射线荧光光谱法测试 P、K₂O、S、CaO、Zn、Cr、Pb 元素,等离子光谱法测定 MgO、Cu 元素,石墨炉原子吸收光谱法测试 Cd 等元素,氢化物原子荧光光谱法测试 As、Hg 等元素,发射光谱法测试 B、Mo 等元素,凯氏瓶容量法分析 N、重铬酸钾容量法测试有机质。测试质量由中国地质调查局专家组进行监控,采用了标准样、密码样、监控样等多种监控手段,保证了分析质量的可靠。

2.3 数据分析处理

样品的测试数据由 Excel 软件与 Statistica 统计软件结合进行分析、统计。图件的编辑制作由 MapGis 软件完成。

3 评价方法

3.1 评价标准

评价标准是环境评价体系的重要组成部分,更是评价的依据和尺度。本次评价以福建省沿海经济带多目标地球化学调查的表层土壤成果中福州市部分为依据,以二级土壤环境质量标准(GB15618-1995)和全国第二次土壤普查营养元素分级标准作为此次研究工作的评价标准。

3.2 评价因子的选择

由于农业生态环境质量必须以量化的形式表达,所设置各种量化的统计指标是评价工作的基础,根据农业环境系统

收稿日期:2006-09-27;改回日期:2006-11-21

基金项目:中国地质调查局地质大调查项目(200314200024)资助。

作者简介:魏为兴,男,1974 年生,工程师,从事地球化学工作;E-mail:fjwvx@163.com。

表 1 福州市农业生态环境质量评价体系表
Table 1 Agricultural eco-environmental quality assessment system of Fuzhou

评价要素	评价因子	状态指标	指标值
土壤养分	主要养分 (N、P、K ₂ O) 与有机质	很丰富	10
		丰富	8
		一般	6
		缺乏	4
		很缺乏	2
	中量营养元素 (S、CaO、MgO) 和微量营养元素 (Cu、Zn、B、Mo)	很丰富	5
		丰富	4
		一般	3
		缺乏	2
		很缺乏	1
有害元素	重金属污染程度 (Pb、As、Cd、Cr、Hg)	清洁区	5
		基本清洁区	3
		轻污染区	1
		中污染区	-3
		重污染区	-5

表 3 重金属污染指数与等级划分

Table 3 Heavy metal pollution indices and grading

等级划分	I	II	III	IV	V
污染等级	清洁	基本清洁	轻污染	中污染	重污染
单项污染指数	<0.7	0.7~1.0	1.0~2.0	2.0~3.0	≥3.0

注:单项污染指数为无量纲。

表 4 福州市农业生态环境质量评价分区标准以及各区面积大小
Table 4 Standards for division into districts of agricultural eco-environmental quality assessments of Fuzhou and area of each district

类型	优良	良好	一般	较差	极差
积分值 (M)	M≥82	82>M≥76	76>M≥68	68>M≥60	M<60
级别	I	II	III	IV	V
各分区面积(km ²)	31.94	321.03	6688.52	4140.54	352.76
占全部比例(%)	0.3	2.8	58.0	35.9	3.0

表 2 福州市土壤养分丰缺参数

Table 2 Enrichment parameter of the soil nutrient in Fuzhou

土壤养分	I (很丰富)	II (丰富)	III (一般)	IV (缺乏)	V (很缺乏)	
有机质	≥4	3~4	2~3	0.5~2	<0.5	
主要营养元素	N	≥0.2	0.15~0.2	0.1~0.15	0.05~0.1	<0.05
	P	≥2000	1500~2000	1000~1500	400~1000	<400
	K ₂ O	≥3	2~3	1.5~2	0.5~1.5	<0.5
中量营养元素	S	≥341	274~341	140~274	73.5~140	<73.5
	CaO	≥0.53	0.39~0.53	0.11~0.39	<0.11	-
	MgO	≥0.62	0.48~0.62	0.21~0.48	0.07~0.21	<0.07
微量营养元素	Cu	≥24.75	18.42~24.75	5.76~18.42	<5.76	-
	Zn	≥126.9	100~126.9	46.3~100	19.5~46.3	<19.5
	B	≥37.49	29.36~37.49	13.12~29.36	4.99~13.12	<4.99
	Mo	≥2.38	1.81~2.38	0.68~1.81	0.11~0.68	<0.11

注:N、K₂O、CaO、MgO 和有机质为 10⁻²,其他为 10⁻⁶。

评价实际需求以及各种元素在农业生产中所起到的作用,选择和确定了多个营养元素和重金属元素为评价因子。

土壤养分的丰缺与重金属污染程度决定了农业土壤环境质量的优劣。而土壤养分中的主要营养元素则是土壤肥力的基础,也是反映土壤质量的重要指标;中量元素和必需微量元素为农作物正常生产所不可缺少;有机质对土壤的理化性质及生物学性质影响很大,是植物和微生物生命活动所必需的养分和能量的源泉,同时对土壤污染物的迁移转化有着显著的影响^[1-3],是不可忽视的指标。重金属元素不仅是环境评价中主要指标,更因为其可以在农作物体内富集、转化,影响农作物的危害人类的健康与生命。

综合各方面因素,选取了 16 项元素(指标)作为此次研究的评价因子:全氮(N)、全磷(P)、全钾(K₂O)、有机质、硫(S)、钙(CaO)、镁(MgO)、铜(Cu)、锌(Zn)、硼(B)、钼(Mo)、铅(Pb)、铬(Cr)、镉(Cd)、汞(Hg)、砷(As)。

3.3 评价因子权重的确定

在农业生态环境系统中,各组成要素数量较多,影响各

异,单纯靠理论上的推导与数学手段来解决各评价因子的权重较为困难。因而采用一种简便、易行的经验法确定权重更为合适,即在农业生态环境中,重要因子在评价时均按 1~10 赋值,而一般因子则按 1~5,环境不良因子则取负值(表 1)。

3.4 评价因子丰缺与污染程度的确定

全氮(N)、全磷(P)、全钾(K₂O)、有机质的丰缺采用已有的农业标准^[4]。中量营养元素 S、CaO、MgO 和微量元素 Cu、Zn、B、Mo 在农业上研究的主要是有效态,但在同样的地球化学背景条件下,全量与有效态之间存在着一定的比例关系,因此这 7 种元素丰缺指标采用如下计算方法:用逐步递除法(X±3S)递除离群样品后再重新计算平均值(X)与标准差(S),以 X±S 为正常值的上下限,X-2S 为很缺乏的上限,X+2S 为很丰富的下限。

重金属的评价则采用单项污染指数法,其计算公式为: $P_i = C_i / S_i$; 其中 P_i 为 i 元素的单项污染指数; C_i 为 i 元素的实测含量; S_i 为 i 元素的标准限值。

福州市农业生态环境质量各评价因子的丰缺指标见表

2, 重金属污染指数分级见表 3。

3.5 综合评价方法

用于区域环境评价的方法较多, 主要有 T 值分级法、综合指数法、模糊数学综合评判法、灰色聚类法、斜率灰色聚类法和宽域灰色聚类法等, 这些方法各有优缺点。本次评价采用聚类模型中的积分值法(M 值)作为综合评价方法, 即: $M = \sum ai$ 。

式中 M 为某评价单元的总评价分值, ai 为每个评价因子的评价分值。积分值法是一种直接评分法, 该法可以直接与各级环境质量标准建立对应关系, 积分越高, 环境质量越好。反之, 则环境质量越差。福州市农业生态环境质量分区评价标准见表 4。

4 土壤生态环境分区及特点

根据表 1 所确定的评分值与表 4 的分区标准, 按 2×2 km² 范围作为评价单元逐个进行总分值的计算, 通过对各个

单元总分值的统计, 进行农业生态环境质量分区。由于各个单元的环境质量的优劣是通过总分值的大小来反映的, 所以评价的结果能够比较客观地反映出各评价区的实际情况。依据各评价单元的总分值及质量等级的划分标准, 划分了福州市农业生态环境质量图(图 1)。总共有 5 种质量等级区, 各个质量区的面积概况见表 4。福州市农业生态环境分区具以下几个特征:

(1) 农业生态环境优良区(I 级), 多呈零星状分布, 面积相对较小。在福州市城郊区(平原区)分布面积较大, 山区、滨海地带分布面积较小。该类环境区 P 元素含量偏低, 全 K、有机质较丰富, 个别地带缺 B、Mo, 其他营养元素含量一般到丰富。山区、台地区土壤养分普遍低于平原区。平原区虽然土壤养分较丰富, 但 Hg、Cd 等重金属元素含量偏高, 不利于发展生态农业。

(2) 农业生态环境良好区(II 级), 呈北东—南西向分布, 与优良环境区分布区域大致相同。东北部丘陵区、西南部中

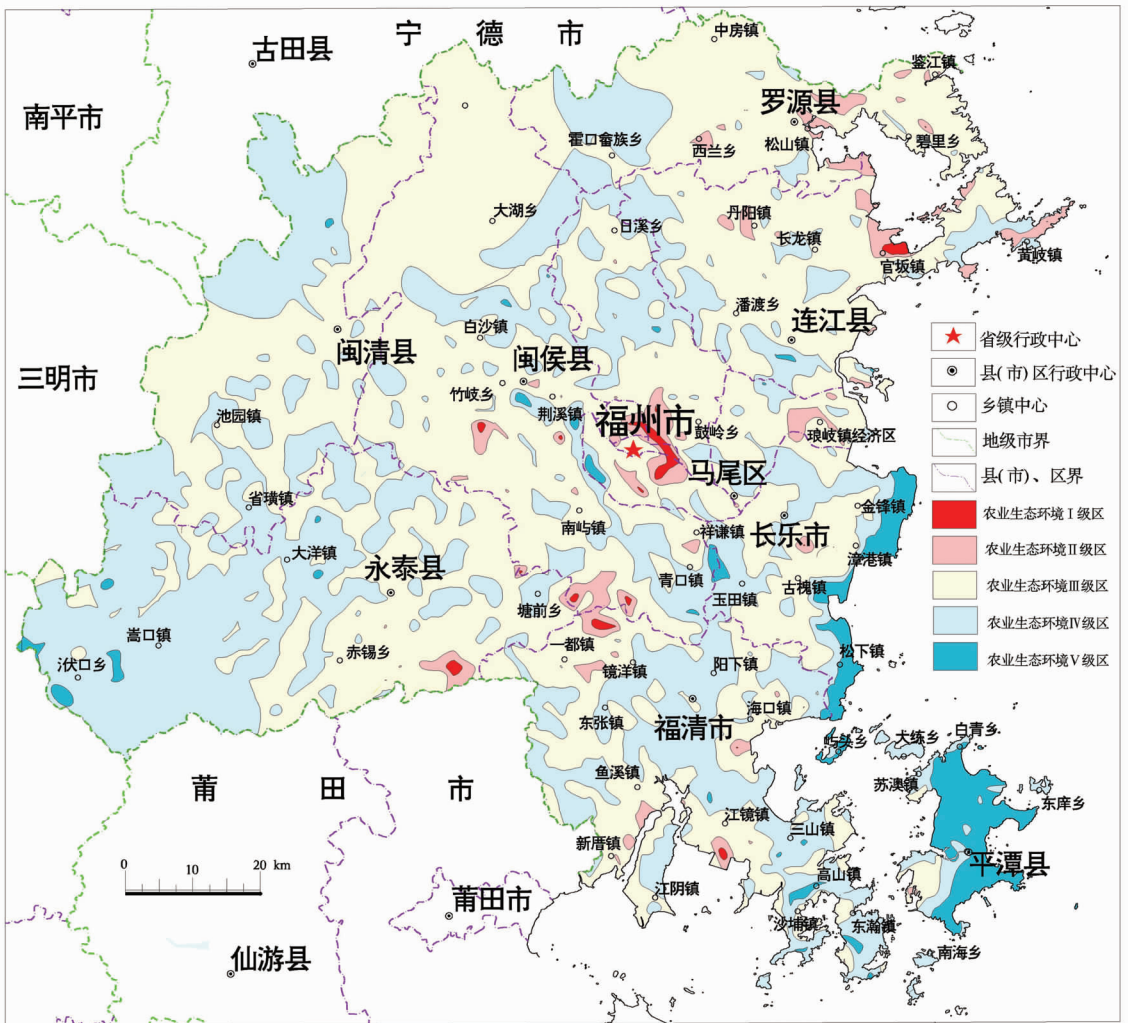


图 1 福州市农业生态环境质量分区图

Fig.1 Agricultural eco-environmental quality divisions in Fuzhou

低山区、闽江下游平原区成片分布。位于丘陵台地与中低山区的土壤重金属元素含量都较低,其营养元素含量也不高,很少能达很丰富的级别,其中丘陵区N元素含量、中低山区B含量普遍偏低,台地区的MgO含量较高。而平原区的土壤养分多能达很丰富级,但不利因素是重金属含量普遍较高,严重者达到重度污染程度,如Hg等。整个Ⅱ级环境区K元素含量级一般到很丰富级,有机质含量中等,P元素含量普遍缺乏。

(3)农业生态环境一般区(Ⅲ级)分布面积最广,也最大。在中低山、台地丘陵、平原区都有大面积的分布。影响该级别环境质量的因素有很多。水土流失、土壤侵蚀是造成山地、丘陵、中低山区土壤养分贫化的主要原因。分布于平原区的Ⅲ级环境区,土壤养分虽都较高,但因为人类活动在其上影响较强烈,造成重金属元素偏高,部分区域已严重超标。N、P相对不足,尤其是P元素。中低山区中量营养元素、微量元素较为缺乏。钾元素与有机质含量中等。

(4)东南沿海台地区及岛屿,永泰县西南部、闽清县西北部等低山区多属于农业生态环境较差区(Ⅳ级),其营养元素相对都较贫乏。沿海台地、岛屿区 K_2O 、CaO、MgO含量相对较高,这与其地质背景多为花岗岩类岩石有关。中低山区有机质含量高于台地区。

(5)平潭岛的大部、长乐市沿海地带为农业生态环境极差区(Ⅴ级)。该区的土壤养分多为缺乏或极缺乏,其中尤以N、P、有机质、Zn、S、MgO等元素(指标)为甚,只有K元素含量适中。造成该区域元素含量偏低的原因有植被稀疏、水土流失、土层薄等。

纵观5个生态环境区,所共有的特点就是 K_2O 含量都较高,属富K环境区;P元素含量普遍较低,属贫P区。富K、CaO、MgO含量中等,与福州市的区域地质背景有着密切的关系;贫N、P,缺微量元素可能与人类不合理利用土地和耕作有一定的关系。有机质的缺失则与福州市地处中、南亚热带有关,高温多雨造成有机质易于分解流失,再加上耕作时有机肥的使用量偏少,也导致有机质与N、P含量降低。平原区重金属含量偏高与人类活动存在着紧密的关系。工业“三废”的排放、农业上不合理施用化肥、农药以及污水灌溉等都是土壤中重金属含量偏高的原因。

中低山区土壤养分多低于平原区,其重金属元素含量也低于平原区,这为农业生产提供相对安全的自然资源,为发展“无公害食品”、“绿色食品”生产提供了比较安全的保障。

5 存在问题及建议

5.1 存在问题

农业生态环境质量综合评价是个复杂的过程,其评价的主体是农业地质、土壤与农作物。这三者之间存在着有机协同关系,相互影响而又相互制约,并同属于农业生态环境系统。能对该系统造成影响的因子(因素)有很多,而如何选择评价因子,并得出最佳评价效益,目前尚无统一的标准方法。

宋明义等^[5]对农业环境的评价以地质背景、土壤条件等为评价因子,值得借鉴。本文只以土壤中部分营养元素与有害元素的含量为评价因子,未把Fe、Mn、Cl、Se、Si等其他微量元素,以及农用灌溉水质、农业地质灾害、地质背景、构造因素、土壤酸碱度、土壤质地、地貌类型以及土壤母质风化程度等因素纳入整个评价体系中,是个不足。

5.2 建议

福州市属亚热带湿润性气候,热量充足,光照适中,降水丰富,雨热同季,农业气候条件较为优越。但本身土壤养分相对缺乏,并且境内地形复杂,山地、丘陵台地和平原共存。要保持农业生产持续、协调发展,再上新的台阶,仅局限在常规农业中打圈子是远远适应不了的。应在基本调查清楚全市农业资源的基础上,根据国民经济和社会发展的总体规划,按照经济效益、生态效益和社会效益相互协调的原则,提出综合农业布局规划。

(1)要充分发挥各生态环境区的资源优势和有利条件,扬长避短,把区域的自然资源和经济资源转变为农业优势,着力发展具有区域特色的农业主导产品和支柱产业。积极发展特色经济,促进各区域经济布局优化,实现区域经济协调发展。沿海地区着重发展亚热带水果、花卉、蔬菜及农产品加工等高优农业、创汇农业;内陆山区着重发展粮食、林竹业、茶叶、食用菌、反季节蔬菜。县(市)区要充分发挥山海资源优势,培植壮大主导产业、产品,形成规模生产。要进一步搞好农业布局,以规模化、集约化、产业化为方向,形成主导产业、优势产品布局合理的农业区域经济,逐步形成具有相当规模的产业带和生产基地,从而推动全市农业和农村结构优化,农业布局日趋合理。

(2)对土壤养分贫瘠或重金属较富集的不同生态环境区,应有针对性、有计划地进行逐片、逐块、逐丘改造。采取行政和鼓励相结合的办法,把改造计划真正落到实处。按照山地、丘陵、沿海的不同自然、社会条件,搞好区域布局,突出重点和特色,建成各具特色的商品基地。坚持重视保护生态环境。开发农业意在创新开发资源,综合开发就要综合治理,要树立生态观念。真正做到开发一片,成效一片,把自然资源的开发、保护、治理和增值有序地协调起来。同时开发一些宜农、宜林的荒山、荒地,扩大可供利用的新资源,促进福州市农业持续、稳定协调地向前发展。要充分利用系统工程、生态农业、地球化学调查等理论和成果,进行工程和生物技术的综合治理,达到经济效益、社会效益和生态效益协同改观。

致谢:本文在写作中得到福建省地质矿产勘查局林才浩高级工程师的指导,在此表示感谢!

参考文献(References):

- [1] 张乃明,段永蕙,毛昆明.土壤环境保护[M].北京:中国农业科学技术出版社,2002:15-16.
Zhang Naiming, Duan Yonghui, Mao Kunming. Soil Environmental Protection [M]. Beijing:China Agricultural Science

- & Technology Press, 2002:15-16(in Chinese).
- [2] 林才浩. 福建九龙江下游地区土壤地球化学分类 [J]. 中国地质, 2004, 31(3):332-336.
Lin Caihao. Geochemical classification of soils in the downstream area of the Jiulong River, Fujian Province [J]. *Geology in China*, 2004, 31(3):332-336(in Chinese with English abstract).
- [3] 廖启林, 金洋, 黄顺生, 等. 江苏省耕作层土壤磷素分布特征初步研究[J]. 中国地质, 2006, 33(6):1411-1417.
Liao Qilin, Jin Yang, Huang Shunsheng, et al. Distribution characteristics of phosphorus in topsoil of Jiangsu [J]. *Geology in China*, 2006, 33(6):1411-1417(in Chinese with English abstract).
- [4] 林贻铨. 怎样应用土壤化学分析资料 [J]. 林业科技通讯, 1994,9: 36-37.
Lin Yiquan. How to use the soil chemical analysis materials [J]. *Forestry's Scientific & Technological Communication*, 1994, 9:36-37(in Chinese).
- [5] 宋明义, 李恒溪, 魏迎春, 等. 杭州市萧山区农业地质环境功能分区及意义[J]. 中国地质, 2004,31(增刊):80-86.
Song Mingyi, Li Hengxi, Wei Yingchun, et al. Agrogeological environmental function area division in the Xiaoshan District, Hangzhou and its significance [J]. *Geology in China*, 2004, 31 (supp.):80-86(in Chinese with English abstract).

Assessments of agricultural eco-environmental quality of topsoils in Fuzhou City

WEI Wei-xing

(Fujian Institute of Geological Survey, Fuzhou 350011, Fujian, China)

Abstract: Geochemical indices and the method of integral values in the hierarchical cluster model are used and 16 indices such as N, P and K_2O are chosen to carry out a preliminary classification of the agricultural eco-environmental quality of topsoils in Fuzhou. Five ranks of agricultural eco-environment districts are distinguished. Among them, the general eco-environmental district is largest, accounting for 58% of the total area. The excellent and good eco-environmental districts are relatively small and the area of the two districts is equivalent to the very poor eco-environmental district, accounting for ~3%. Most eco-environmental districts are rich in potassium and poor in trace elements and minor elements. According to the characteristic of various eco-environmental districts, the authors put forward suggestions of the overall agricultural planning and layout in Fuzhou.

Key words: soil; eco-environment; agriculture; Fuzhou City

About the first author: WEI Wei-xing, male, born in 1974, engineer, engages in geochemical work; E-mail: fjwvx@163.com.