

基于 GIS 的黑土区农业地球化学环境质量综合评价研究

于磊<sup>1</sup>, 张柏<sup>2</sup>

(1. 山东理工大学 资源与环境工程学院, 山东 淄博 255049; 2. 中国科学院 东北地理与农业生态研究所, 长春 130012)

**摘要:** 由于长期的开发以及掠夺式经营, 土壤退化和环境污染问题日益严重, 黑土区环境面临着较大的压力。尽管如此, 我国对黑土区的研究尤其是区域尺度的关于黑土区农业环境地球化学质量的问题的研究重视不够, 相关的研究不多。本文采用 GIS 和 AHP 藕合的方法对黑龙江省中部黑土区农业地球化学环境质量进行综合评价。研究表明: 黑土区农业地球化学环境非常优越, 优越区和适宜区面积共占黑土区总面积的 88. 06%; 较不宜区和不宜区面积总共仅占黑土区面积的 8. 35%。不宜区主要分布在坡度较大的(一般> 25°) 和黑土区重金属含量较高的一些污染地区以及植物必需微量元素含量缺乏的地区。

**关键词:** 黑土区; GIS; AHP; 地球化学环境  
**中图分类号:** P641. 3      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1005-3409(2007)06-0421-03

A Study on Regional Agriculture Geochemistry Environment Quality Integrated Estimation in Black Soil Area Based on GIS

YU Lei<sup>1</sup>, ZHANG Bai<sup>2</sup>

(1. Department of Resource and Environment, Shandong University of Technology, Zibo, Shandong 255049, China; 2. Northeast Institute of Geography and Agriculture Ecology, CA S, Changchun 130026, China)

**Abstract:** The black soil region is important food base of China, it plays an important role in food safety and national economy. But there are few studies on environmental capacity's spatial characteristic of black soil. The regional agriculture geochemistry environment quality integrated estimation of black soil region was finished by applying the method of AHP and GIS, this providing scientific data for precise agriculture practice and the sustainable development in the area of black soil region. The study results show that the black soil region has predominant agriculture geochemistry environment. Predominant area and fitting area account for 88. 06% of the black soil region. Relatively unfavorable and unfavorable areas account for 8. 35%. Unfavorable region is mainly distributed in the high slope region (slope> 25°) and polluted area with high heavy metal content and the area shortage of plant indispensable trace elements.

**Key words:** the black soil; region; GIS; AHP; geochemistry environment

我国黑土区与乌克兰和美国密西西比河流域的黑土区并称世界著名的三大黑土带, 主要分布在我国东北松嫩平原及其四周台地低丘区, 黑龙江的黑土主要位于中部地区, 行政区域包括齐齐哈尔、绥化、黑河、佳木斯以及哈尔滨等地区(图 1)。东北黑土区土壤肥力较高, 理化性能好, 素有“土中之王”的美称, 向来是我国重要的商品粮生产基地, 对于我国的粮食安全和国民经济的稳定都有着举足轻重的作用。由于长期的开发以及掠夺式经营, 土壤退化和环境污染问题日益严重, 黑土区环境面临着较大的压力。但是大范围的关于黑土环境地球化学质量的研究却比较少见。GIS 是 20 世纪 60 年代发展起来的, GIS 是一种采集、存储、管理、分析、显示与应用地理信息的计算机系统, 是分析和处理海量地理数据的通用技术<sup>[1]</sup>。近些年来, 国内外众多学者利用 GIS 技术在环境地球化学领域进行了大量的研究<sup>[2-4]</sup>。本文采用 GIS 和层次分析藕合方法对黑龙江省中部黑土区农业地球化学环境质量进行了综合评价, 以期对黑土区精准农业的实践和可

持续发展提供科学依据和基础资料。

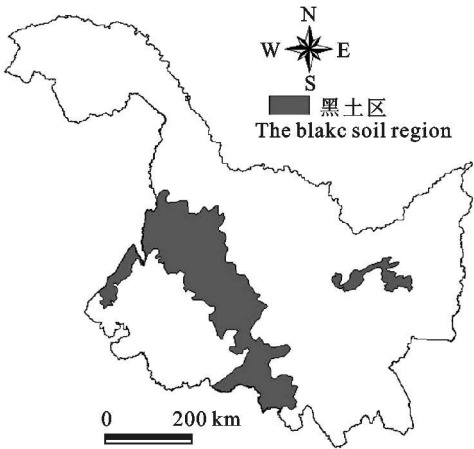


图 1 黑龙江省黑土区

\*收稿日期: 2006-12-29  
基金项目: 中国科学院知识创新重大方向项目(KZCX2-SW-416)  
作者简介: 于磊(1976-), 男, 山东胶州人, 讲师, 博士, 主要从事环境遥感、GIS 应用和流域模拟研究。

1 研究技术路线

首先是确定黑土区农业地球化学环境质量综合评价体系,然后应用层次分析法来确定评价因子的权重,用网格法和地图叠加法相结合的方法来生成评价单元,并在 ARCGIS 下利用其属性表通过加权计算得到各评价单元的得分值,然后进行分级并统计分析(图 2)。

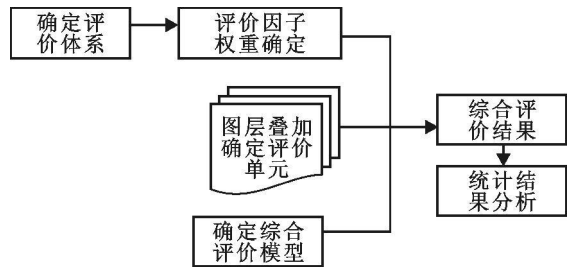


图 2 研究技术路线

2 评价单元的确定

采用 GIS 叠加法来构建评价单元。从 GIS 空间属性数据库中提取单因子图层,依次叠加,得到评价单元综合布局草图。每次叠加后都必须重建拓扑关系,叠加结果图层中存在许多由于各单因子评价单元边缘切割产生的细小多边形,会对评价过程与结果产生不利影响,用 eliminate 命令剔除该细小单元,重新构建评价单元综合布局图。该评价单元综合布局图的属性表中包含了各单因子图层的属性字段 Value。

3 黑土区农业地球化学质量综合评价指标体系的建立

指标体系的确定对于评价结果的影响是重大的,一个科学合理的评价指标体系是正确评价黑土区的农业地球化学质量的关键因素。经理论分析和专家咨询,将黑土区农业地球化学环境质量综合评价指标体系分为以下几个层次:目标层、要素层、指标层(表 1)。

表 1 黑土区农业地球化学环境综合评价指标体系

黑土区农业适宜性评价 A	气候资源		生长期平均降水量
	B <sub>1</sub>		C <sub>1</sub>
			≥10℃积温 C <sub>2</sub>
	土壤资源		土壤厚度 C <sub>3</sub>
	B <sub>2</sub>		土壤环境地球化学质量 C <sub>4</sub>
			植物营养微量元素丰缺程度 C <sub>5</sub>
	地形地貌		海拔高度 C <sub>6</sub>
	B <sub>3</sub>		坡度 C <sub>7</sub>
			坡向 C <sub>8</sub>
	社会经济		化肥用量 C <sub>9</sub>
	B <sub>4</sub>		农机器具 C <sub>10</sub>
			农业投入 C <sub>11</sub>

由于各指标因子在指标体系中的作用不同,对研究区农业地球化学环境质量的影响程度有差异,为了区分其对系统影响的差异性,常采用加权评价法。采用层次分析法(Analytic Hierarchy Process, 简称为 AHP) 来确定黑土区农业地球化学环境质量综合评价指标的权重。

3.1 判断矩阵的构造

判断矩阵表示针对上一层某个元素,本层次有关元素的

相对重要性。判断矩阵各元素的值反映了人们对各因素相对重要性的认识,一般用 1~ 9 及其倒数的标度方法(表 2)。按照上述层次结构关系,通过咨询专家进行判断比较,分别构成 A- B、B<sub>1</sub>- C、B<sub>2</sub>- C、B<sub>3</sub>- C 和 B<sub>4</sub>- C 等判断矩阵。

表 2 AHP 标度法及其描述

标度	含 义
1	表示两个因素相比,一个因素与另一个因素同样重要
3	表示两个因素相比,一个因素与另一个因素稍微重要
5	表示两个因素相比,一个因素与另一个因素明显重要
7	表示两个因素相比,一个因素与另一个因素强烈重要
9	表示两个因素相比,一个因素与另一个因素极端重要
2	1, 3 相邻判断的中值
4	3, 5 相邻判断的中值
6	5, 7 相邻判断的中值
8	7, 9 相邻判断的中值

因素*i* 与因素*j* 比较得到判断*b<sub>ij</sub>*,  
则因素*j* 与因素*i* 比较的判断为*b<sub>ji</sub>* = 1/*b<sub>ij</sub>*

B 层对 A 层判断矩阵为:

1	3	5	3
$\frac{1}{3}$	1	3	3
$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{3}$	1	$\frac{1}{3}$
$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	3	1

C 层对 B 层判断矩阵依次是:

1	3
$\frac{1}{3}$	1

1	3	3
$\frac{1}{3}$	1	1
$\frac{1}{3}$	1	1

B<sub>1</sub>- C 判断矩阵

1	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{3}$
5	1	3
3	$\frac{1}{3}$	1

B<sub>2</sub>- C 判断矩阵

1	3	5
$\frac{1}{3}$	1	3
$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{3}$	1

B<sub>3</sub>- C 判断矩阵

B<sub>4</sub>- C 判断矩阵

3.2 判断矩阵一致性检验及层次排序

用和积法计算出各矩阵的最大特征根  $\lambda_{\max}$  及其相应的特征向量 W,并用  $C_R = C_I / R_I$  进行一次性检验。 $C_I$  和  $R_I$  分别为判断矩阵的一致性指标和随机一致性指标,当  $C_R < 0.10$  时表示判断矩阵有满意的一致性;否则就要重新构造判断矩阵,直至符合一致性。经过计算上述判断矩阵的一致性检验结果分别为: 0.0544(A- B), 0(B<sub>1</sub>- C), 0(B<sub>2</sub>- C), 0.03328(B<sub>3</sub>- C), 0.03328(B<sub>4</sub>- C), 均小于 0.10,表明上述判断矩阵具有满意的一致性。经过计算得到黑土区农业地球化学环境质量评价总排序(表 3)。

经过计算得出 C 层对 A 层的一致性检验结果  $C_R$  为 0.036, 小于 0.10。表明 C 层对 A 层的总排序具有满意的一致性。上表 C 层对 A 层的总排序值即为本次黑土区农业地球化学环境质量综合评价的权重值。

表 3 黑土区农业地球化学环境质量评价排序					
层次	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	层次
	0. 5011	0. 2630	0. 0768	0. 1591	总排序
C <sub>1</sub>	0. 75				0. 3758
C <sub>2</sub>	0. 25				0. 1253
C <sub>3</sub>		0. 6			0. 1578
C <sub>4</sub>		0. 2			0. 0526
C <sub>5</sub>		0. 2			0. 0526
C <sub>6</sub>			0. 6964		0. 0535
C <sub>7</sub>			0. 2318		0. 0178
C <sub>8</sub>			0. 0718		0. 0055
C <sub>9</sub>				0. 6334	0. 1008
C <sub>10</sub>				0. 2605	0. 0414
C <sub>11</sub>				0. 1061	0. 0169

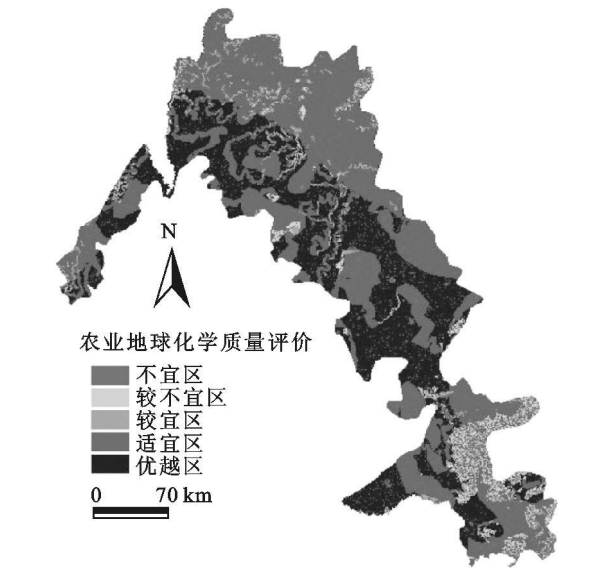


图 3 黑土区农业地球化学环境质量综合评价

表 4 黑土区农业地球化学环境质量评价统计分析		
项目	面积/ km <sup>2</sup>	占黑土区总面积比例/ %
优越区	28682. 40	43. 69
适宜区	29128. 28	44. 37
较宜区	23568. 28	3. 59
较不宜区	2415. 91	3. 68
不宜区	3065. 84	4. 67

4 黑土区农业地球化学质量综合评价结果及分析

利用 ARCGIS 通过评价单元属性表的计算工具计算各个评价单元的得分并分级。图 3 即为本次研究得到的黑土区农业地球化学质量综合评价结果图,表 4 为统计分析结果。从上面的综合评价结果来看,黑土区农业地球化学环境非常优越,优越区和适宜区面积共占黑土区总面积的 88.06%,其中优越区面积达到 28 682. 40 km<sup>2</sup>,适宜区面积达到 29 128. 28 km<sup>2</sup>;较不宜区和不宜区面积总共仅占黑土区面积的 8.35%。不宜区主要分布在坡度较大的(一般> 25°)和黑土区重金属含量较高的一些污染地区以及植物必需微量元素含量缺乏的地区。对于不适宜区和较不适宜区已开垦为耕地的可以采用退耕还草还林,以免通过食物链影响人们的健康或者在某些微量元素富集的地方发展一些富含某些人体必需微量元素的特殊品种以促进当地经济的发展;对于植物必需微量元素缺乏地区则需要科学合理的施用微肥,以促进当地农业的发展。

参考文献:

[1] 陈述彭,鲁学军,周成虎.地理信息系统导论[M].北京:科学出版社,2000: 1- 8.

[2] 王宁,朱颜明,徐崇刚. GIS 用于流域径流污染物的量化研究[J].东北师大学报:自然科学版,2002, 34(2): 92- 98.

[3] 郭旭东,傅伯杰,陈利顶,等. 河北省遵化平原土壤养分的时空变异特征[J]. 地理学报, 2000, 55( 50): 555- 566.

[4] Hamlett J M, Miller D A, Day R L, et al. Statewide GIS2based ranking of watersheds for agricultural pollution prevention[J]. Soil and Water Cons., 1992, 47(5): 399- 404.

( 上接第 420 页)

参考文献:

[ 1] 王秀彬. 全球环境变化研究的核心领域: 土地利用/ 土地覆被变化的国际研究动向[ J]. 地理学报, 1996, 51(5): 78- 81.

[ 2] 张明. 以土地利用/ 土地覆被变化为中心的土地科学研究进展[ J]. 地理科学进展, 2001, 20(4): 119- 127.

[ 3] 陈佑启, 杨鹏. 国际上土地利用/ 土地覆盖变化研究的新进展[ J]. 经济地理, 2001( 1): 56- 61.

[ 4] 刘彦随, 陈百明. 中国可持续发展问题与土地利用/ 覆被变化研究[ J]. 地理研究, 2002, 21(3): 156- 160.

[ 5] 谭跃进. 定量分析方法[ M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2002.

[ 6] 王秀兰, 包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨[ J].

地理科学进展, 1999, 18( 1): 132- 139

[ 7] 赵健, 魏成阶, 等. 土地利用动态变化的研究方法及其在海南岛的应用[ J]. 地理研究, 2001, 20( 6): 121- 128.

[ 8] 朱会义, 李秀彬, 等. 关于区域土地利用变化指数模型方法的讨论[ J]. 地理学报, 2003, 58( 5): 91- 100.

[ 9] 张军涛, 杨荫凯. 唐山市土地利用结构变化分析[ J]. 地理学与国土研究, 2000(1): 166- 176.

[ 10] 冯健. 苏南大型集镇空间规划与土地利用结构模式研究[ J]. 资源科学, 2002, 24(5): 49- 58.

[ 11] 龙花楼, 李秀彬. 区域土地利用转型分析: 以长江沿线样带为例[ J]. 自然资源学报, 2002, 17(2): 84- 93.

[ 12] 王思远, 刘纪远, 等. 中国土地利用时空特征分析[ J]. 地理学报, 2001, 56(6): 105- 112.