

贵州区域农业生态环境综合评价

李瑞玲,王世杰

(中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室,贵阳 550002)

摘要:科学地评价贵州的农业生态环境,可以为西部大开发中的区域发展战略提供理论依据。本文应用模糊综合评价方法,通过对贵州各个区域的自然、社会、经济环境的系统研究,对贵州各区域农业生态环境进行了客观评价,从定量角度对各区农业生态环境加以探讨;并对西部大开发中贵州农业生态环境保护提出了合理建议。

关键词:区域农业生态环境;模糊综合评价;贵州

中图分类号:S181;Q948 **文献标识码:**A

农业生态环境是人类赖以生存和发展的基础,也是西部大开发强调的重中之重。贵州地处长江、珠江两大河流上游的分水岭地带,成土速率缓慢^[1],侵蚀强烈,地貌破碎,生态环境极为脆弱。境内农业人口占全省总人口的86%,是一个农业大省^[2]。对贵州自然、经济和社会方面的定性研究已取得了很大成就^[2,3],但定量方面的综合研究还比较薄弱。本文对贵州生态环境进行了综合评价,从定量角度探讨了贵州的农业生态环境状况,为西部大开发中区域发展战略提供科学依据。

1 贵州农业生态环境现状

贵州位于亚热带湿润季风气候区内,光、热、水资源丰富。各地年均温在18~20℃之间,年雨量850~1600mm,光热水同季。省内大多属碳酸盐岩地区,土层浅薄,保水保肥能力差。贵州森林植被类型多样,但森林覆盖率低且分布不均,森林涵养水源、保持水土的生态效应不能完全发挥出来。此外,贵州虽然土地类型多样,但土壤肥力较低,坡地多,不利于农业生产效率的提高。

近年来随着经济体制的改革,贵州经济以前所未有的速度向前发展。从1949年到现在,贵州全省国内

生产总值年均递增6.9%^[4],现在全省国内生产总值比1949年增长25.2倍,粮食产量增长2.7倍。但在经济发展的同时也带来许多环境问题,贵州人口密度由1949年的30人/km²增加到现在的205人/km²,人均耕地面积由1949年的1.9亩/人下降到现在的0.76亩/人,20世纪80年代全省水土流失面积比20世纪50年代扩大了2.1倍^[4];到1997年,全省9个市区中已有五个市区酸雨发生率超过了70%,严重危害农业生态环境。

2 综合评价体系的因子选择

2.1 评价指标选取原则

对贵州农业生态环境进行定量评价,要立足于当地生态环境实际情况,选择客观且有代表性的评价因子进行评价。评价指标选取应遵循以下原则:

2.1.1 综合性原则

生态环境的首要特点是整体性^[5],它是由不同子系统构成的具有一定层次的统一体,系统中各环境因子的改变都可能影响到整个生态环境。因此,在选取评价因子时,应从环境系统的整体性出发,既考虑农业生态环境的本底,也考虑各种社会经济活动对农业生态环境的影响;指标中要包括农业生态环境的影响

因素,也要兼顾其结果表现,力图从生态环境的各个角度综合反映贵州省农业生态环境的实际情况。

2.1.2 区域性原则

贵州位于云贵高原东坡,是一个典型的内陆山区省份。全省地貌以高原山地为主,山地丘陵面积占全省总面积的92.5%。由于地势的高低起伏,引起气候差异显著。同时,贵州省又是全国碳酸盐岩分布面积最广的省^[6],岩溶发育的地段土层保水保肥能力差,保护不当极易造成石漠化,这是贵州生态环境脆弱的重要原因之一。在选择评价因子时,应充分考虑这些“先天性”因素,突出贵州农业生态环境的区域性。

2.1.3 简洁实用性原则

影响农业生态环境的因素多种多样,如果所有的因素都面面俱到去考虑,不但指标体系纷繁芜杂,数据量庞大,而且也冲淡了主要指标的重要性。为了方便数据收集处理,应选择能反映贵州农业生态环境特征的主要指标,摒弃一些从属指标,使评价指标体系

尽量简洁易行,实用性强。

2.2 指标体系建立

基于上述选取原则,我们从众多指标中选取有代表性且便于收集的因子建立评价指标体系。指标体系采用3个子系统(表1),自然环境、社会环境和经济环境。在自然环境中,选取年日照时数、无霜期、年降雨量和森林覆盖率来反映生态环境本底;同时增加了地形起伏度和喀斯特面积来反映区域特色。在社会环境中选取了一般的人口密度、人均耕地面积反映人类对生态环境的影响。因人口的增加使贵州陡坡耕地率日趋严重,陡坡耕地极易造成石漠化,而石漠化比率是贵州农业生态环境质量的一个重要表现指标,因此,本文以陡坡耕地率和石漠化比率突出贵州农业生态环境的脆弱性。鉴于贵州一直是全国贫困省区之一,在经济因素中除选取农业亩产值外,还选取人均GDP和农民人均纯收入反映贵州农民的贫困度。

表1 贵州农业生态环境评价指标体系说明

Tab.1 The illustration of the evaluation index system of agricultural eco-environment of Guizhou

	评价指标	代码	指标含义	相关性
自然环境 (N)	年日照时数(h)	N ₁	反映光照时数	正
	无霜期(d)	N ₂	反映热量资源情况	正
	年降雨量(mm)	N ₃	农业生态环境水资源成因指标	正
	起伏度(‰)*	N ₄	海拔影响水热配置,进而影响生态环境	负
	喀斯特面积比率(‰)	N ₅	生态环境脆弱性的成因指标	负
	森林覆盖率(%)	N ₆	反映生态效益 ^[7]	正
社会环境 (S)	人口密度(人/km ²)	S ₁	人口数量对生态环境的压力	负
	人均耕地面积(亩/人)	S ₂	土地资源满足人类需求的结果表现指标	正
	粮食亩产(kg/亩)	S ₃	反映土壤肥力	正
	陡坡耕地率(‰)**	S ₄	人类活动增强的结果表现	负
	石漠化比率(‰)	S ₅	人类影响生态环境的结果指标	负
	亩化肥施用量(kg)	S ₆	反映土地污染状况的成因指标	负
经济环境 (E)	农业亩产值(元)	E ₁	土壤生态经济效益表现	正
	人均GDP(元)	E ₂	人民生活水平	正
	农民人均纯收入(元)	E ₃	农业生产效益	正

*起伏度(‰)=(平均海拔大于1200m的面积/总面积)×100%。

**陡坡耕地率(‰)=(≥25°坡耕地面积/耕地总面积)×100%。

3 数学模型的建立及评价过程

影响农业生态环境的因素复杂多样,而其表现结果也各有不同,各等级之间的界线是模糊的,很难明确区分。本文采用模糊综合评价方法进行评价,以行政区为评价单元,旨在体现各地生态环境的总体特点

和发展变化趋势。

3.1 建立评价因子集

评价因子集由组成评价指标的因素构成。上述3个子系统构成了农业生态环境评价中的判别因子集^[8],用 $X=\{X1, X2, X3\}$ 来表示。第一类 $X1$ 为表1中代码为N的6个因素,其它两类与此类似。各个因

子的农业生态环境现状值如表2。

表2 贵州省农业生态环境现状

Tab.2 The present situation of the agricultural eco-environment of Guizhou

指标体系	贵阳市	六盘水市	遵义地区	铜仁地区	黔西南州	毕节地区	安顺地区	黔东南州	黔南州	
N1	921.00	1327.30	1162.50	1200.00	1500.00	1264.00	1200.00	1350.00	1250.00	
N2	270.00	264.00	230.00	290.00	315.00	250.00	270.00	285.00	280.00	
N	N3	1200.00	1353.00	1088.00	1250.00	1350.00	1079.00	1360.00	1350.00	1250.00
N4	54.82	94.72	19.75	8.30	59.18	88.52	61.26	3.98	33.45	
N5	85.00	63.20	65.80	60.60	60.30	73.30	71.50	23.20	81.50	
N6	15.00	3.40	14.20	19.10	8.70	8.50	9.00	23.70	13.00	
S	S1	412.00	286.00	231.00	205.00	174.00	250.00	274.00	138.00	143.00
S2	0.49	0.57	0.85	0.73	0.88	0.88	0.69	0.67	0.76	
S3	282.79	245.91	273.20	270.70	249.00	226.30	279.10	283.90	246.90	
S4	13.40	12.38	18.92	7.42	10.84	19.01	10.85	5.65	7.34	
S5	6.19	25.98	3.25	7.83	8.02	7.97	15.23	0.39	10.61	
S6	38.97	28.33	23.58	23.7	19.57	27.18	28.14	17.21	19.67	
E	E1	1348.10	860.81	1336.90	1507.82	807.00	970.00	950.00	1138.70	1090.00
E2	7002.00	2489.00	3110.00	1512.00	1754.00	1668.00	2102.00	1618.00	2424.00	
E3	1940.00	1228.00	1621.00	1212.00	1251.00	1229.00	1292.00	1206.00	1397.00	

注:表中 N6, S5 数据来自参考文献^[9], N4, N5 来自参考文献^[10], 其余据《贵州五十年》(1949—1999)和《贵州统计年鉴》(1999)原始数据整理

3.2 建立判别等级集

参照有关农业生态环境评价过程^[1], 我们将评价标准分为5个等级, 构成判别等级集, 即 $V = \{V_1, V_2, \dots, V_5\}$ 。在5个等级标准中, 采用全省平均值作为第Ⅲ级标准值, 分别以第3级标准的150%、110%、90%和50%作为Ⅰ、Ⅱ、Ⅳ和Ⅴ级标准(表3)。结合实际情况, 其中部分因子比例适当地做了放大或缩小。

各等级标准描述如下:

Ⅰ级: 农业生态环境优越, 光、热、水资源极为丰富, 海拔 $> 1200\text{m}$ 的高山地区少, 喀斯特出露面积小, 人口压力小, 石漠化比重小, 土地肥沃, 农业生产率高。

Ⅱ级: 农业生态环境良好, 光、热、水资源丰富, 人口压力小, 水土流失不严重, 农业生产条件较好, 农业生产率比较高。

Ⅲ级: 农业生态环境一般, 光、热、水资源和石漠化面积相当于全省平均水平。高山地区比例增多, 人口对生态环境的压力已经比较明显, 农业生产率一般。

Ⅳ级: 农业生态环境较差, 光、热、水资源配置较差, 水土流失比较严重, 高山地区比例大, 人口对环境

压力明显, 农业生产率低, 农业生态环境有恶化趋势。

Ⅴ级: 农业生态环境极差, 光、热、水等自然资源贫乏, 水土流失极为严重, 土壤贫瘠, 人口压力极重, 农业生产率极为低下, 生态环境处于恶化过程中。

3.3 建立权重集

对评价因子赋予相应的权重, 构成权重集。因素的权重集实际是因素对于“重要”的隶属度。本文采用二级评价, 因此首先确定一级评价的权重(表4), $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$, 此处 $n=15$ 且 $\sum A_n = 1, A_n > 0$ 。为尽可能减少主观因素的影响, 本文 N, S 采用层次分析法^[8]确定权重。即将 N, S 中的子要素进行两两比较, 采用标度法判断矩阵。对计算得出的权重值进行了一致性检验, 各判断矩阵具有满意的一致性。表中的 E 子系统权重采用均权法赋值。二级评价的权重集为 $A' = \{A'_1, A'_2, A'_3\}$, 同样满足 $\sum A' = 1, A' > 0$ 。自然环境是农业生态环境的基础, 也是人类进行各种社会活动的制约条件, 反映了农业生态环境的本底, 因此赋予权重 0.4。社会环境是人类活动的结果, 农业生态环境的变化正是社会因素变化的反映, 给予权重 0.35。农业经济环境是农业生态环境效益的结果体现, 赋予权重 0.25(表4)。

表3 评价分级标准

Tab. 3 The identification of assessment standard

指标系统	指标代码	农业生态环境等级标准值				
		I	II	III	IV	V
N	N1	1650.00	1210.00	1100.00	990.00	550.00
	N2	351.00	283.50	270.00	256.50	189.00
	N3	1785.00	1309.00	1190.00	1071.00	595.00
	N4	18.62	33.52	37.24	40.96	55.86
	N5	30.95	55.71	61.90	68.09	92.85
	N6	22.05	16.17	14.70	13.23	7.35
S	S1	123.00	153.75	205.00	256.25	287.00
	S2	1.13	0.83	0.75	0.68	0.38
	S3	274.85	248.56	239.00	229.44	119.20
	S4	5.26	9.20	13.14	14.45	18.40
	S5	3.95	7.11	7.90	8.69	11.85
	S6	12.21	21.97	24.41	26.85	36.62
E	E1	1356.97	1055.42	1005.16	854.39	653.35
	E2	3477.00	2549.80	2318.00	2086.20	1159.00
	E3	1734.81	1467.90	1334.46	1201.00	934.12

表4 农业生态环境各因子权重

Tab. 4 The weight index of agricultural eco-environment

因子	N(0.40)						S(0.35)						E(0.25)		
	N1	N2	N3	N4	N5	N6	S1	S2	S3	S4	S5	S6	E1	E2	E3
权重	0.13	0.13	0.08	0.21	0.27	0.18	0.20	0.16	0.16	0.09	0.36	0.03	0.40	0.30	0.30

3.4 评价过程

首先确定各因素的隶属度矩阵 R , 方法采用分段函数法。与农业生态环境呈负相关的因子服从“降半梯形函数”, 与农业生态环境呈正相关的因子服从“升半梯形函数”。然后利用表4中给出的权重进行运算, 运算结果 $B=A \circ R$, 其中“ \circ ”采用 (\cdot, \oplus) 算子。先对 N, S, E 进行一级评价, 根据一级评价的结果, 再用 (\cdot, \oplus) 算子进行二级评价, 结果见表5。

4 评价结果分析

贵州省各地区农业生态环境存在较大差异, 全省以六盘水市农业生态环境最差, 贵阳、遵义和黔东南相对较好。

贵阳市和遵义市农业生产的自然环境条件较全省其它地区差, 但人为因素对环境的破坏较少, 水土流失面积小, 且土壤肥力高, 土地经济效益远高于全省其它地区, 农业亩产值和农民人均纯收入都居全省前列, 因此总体农业生态环境在全省属 I 级, 比较优

越。但人口密度大, 人均耕地面积小, 对农业生态环境压力明显也是一个不容忽视的问题。

六盘水市是全省农业生态环境最差的地区。虽然区内光热条件良好, 但境内高山广布, 森林覆盖率低, 人口压力大, 水土流失非常严重, 石漠化比率远高于全省其它地区, 土壤肥力低, 无论自然、社会还是经济环境都属全省后列, 农业生态环境已处于恶化阶段。

铜仁地区是全省农业亩产值最高的地区, 农业经济效益较好。自然环境条件稍好于全省平均水平, 社会环境各因素与全省平均水平接近, 总体说农业生态环境一般, 为 II 级水平。

黔西南地区高山多, 森林覆盖率低, 自然环境比较差; 农业生产经济效益差, 为全省 IV 级水平。本区人口对农业生态环境压力小, 人类对自然环境的破坏也较小, 社会环境稍好于全省平均, 农业生态环境整体与全省平均水平相当。

毕节和安顺地区喀斯特出露面积大, 森林覆盖率低; 陡坡垦殖和水土流失严重, 农业经济效益差。这两个地区都是全省农业生态环境较差的地区, 农业生态

环境已出现恶化趋势。

黔东南地区是全省高山所占比例最少、喀斯特出露面积最小、森林覆盖率最高的地区。全州人口密度小,人类活动对生态环境的破坏非常弱,石漠化比例全省最低,但农业经济效益低。尽管该州总体农业生

态环境仍属Ⅰ级,但提高当地人口素质,充分发挥农业的生态经济效益仍是亟待解决的问题。

黔南地区农业生态环境的自然、社会环境都比较好,农业经济效益也居全省前列,是全省农业生态环境各个要素结合都比较好的地区。

表5 贵州农业生态环境区域评价结果

Tab. 5 The results of region assessment of agricultural eco-environment of Guizhou

区域	代码	各级农业生态环境分值					农业生态环境评价结果	
		I	II	III	IV	V	一级评价结果	二级评价结果
贵阳市	N	0.0000	0.0434	0.3466	0.2099	0.4001	V	
	S	0.2648	0.2552	0.0800	0.0581	0.1313	I	I
	E	0.9884	0.0120	0.0000	0.0000	0.0000	I	
六盘水市	N	0.0594	0.1506	0.3610	0.1144	0.3900	V	
	S	0.0000	0.1329	0.1171	0.1267	0.6232	V	V
	E	0.0000	0.2214	0.1564	0.6222	0.0000	N	
遵义市	N	0.2100	0.0738	0.2749	0.3764	0.0649	N	
	S	0.5207	0.1695	0.1175	0.1020	0.0800	I	I
	E	0.7266	0.2732	0.0000	0.0000	0.0000	I	
铜仁地区	N	0.3121	0.4492	0.2385	0.0000	0.0000	I	
	S	0.1709	0.1098	0.6235	0.0458	0.0000	II	II
	E	0.4000	0.0000	0.0246	0.3897	0.1857	I	
黔西南地区	N	0.1704	0.2380	0.2003	0.0414	0.3486	V	
	S	0.0368	0.4341	0.4737	0.0547	0.0000	I	II
	E	0.0000	0.0000	0.1125	0.6857	0.2018	IV	
毕节地区	N	0.0160	0.1140	0.0000	0.4299	0.2001	IV	
	S	0.0267	0.1333	0.3524	0.3920	0.0000	IV	IV
	E	0.0000	0.0000	0.3698	0.4949	0.1353	IV	
安顺地区	N	0.0266	0.2049	0.1418	0.2917	0.3767	V	
	S	0.0964	0.2459	0.0850	0.3387	0.3600	V	N
	E	0.0000	0.0000	0.2250	0.6274	0.1476	N	
黔东南地区	N	0.7282	0.2647	0.0000	0.0000	0.0000	I	
	S	0.7377	0.1223	0.0000	0.1547	0.0053	I	I
	E	0.1996	0.1503	0.0111	0.4374	0.1515	N	
黔南地区	N	0.0129	0.4638	0.0604	0.2967	0.1533	I	
	S	0.1199	0.3326	0.1825	0.1464	0.2189	I	I
	E	0.0460	0.5028	0.2964	0.1629	0.0000	I	

5 结论及建议

由于山地和喀斯特地貌的制约,贵州各地区总体农业生态环境比较脆弱。西部大开发中应充分发挥各地优势,在实现农业可持续发展的同时使农业生态环境

也向着良好方向发展。在发展农业经济,保护农业生态环境方面应注意:

(1)科技兴农,改善农业生产条件。如贵阳、遵义和黔南州是全省农业生态环境相对优越的地区,但该类地区共同弱点是喀斯特发育强烈,生态环境相对脆

弱,贵阳还是全省人均耕地面积最少的地区。在农业发展中,应合理施肥,合理安排农时,推广良种栽培和高产技术,依靠先进技术和科学管理方法提高农作物单产,保护耕地,为农业生产创造有利条件。

(2)因地制宜,发展立体农业,保护农业生态环境。如六盘水、毕节、安顺和黔西南州境内高山占其土地总面积的一半以上,且都是全省水土流失和石漠化极为严重的地区。在农业布局上,应充分利用这些地区高山垂直气候分带明显的特点,发展立体农业,实现农、林、牧业综合发展;陡坡地应退耕还林,强化水土保持措施,实现农业生态效益与经济效益同步提高。

(3)加强农业产业结构调整,提高农业商品率。由于教育文化水平及交通条件限制,黔东南州虽然农业生产的自然条件较好,但与外界商品交换少,农业经济效益难以发挥。在农业产业结构调整过程中,应改变过去单纯以粮食种植为主的结构,大力种植油料作物、中药材以及各种经济林木;在西部大开发过程中,加大与外界经济交流,充分发掘农业的经济潜力。

参考文献:

- [1] 王世杰,季宏兵.碳酸盐岩风化成土作用的初步研究[J].中国科学(D辑),1999,29(5):441—449.
- [2] 宗建亮.贵州经济发展与对外开放[M].贵州:贵州人民出版社,1999:20—21.
- [3] 屠玉麟.贵州喀斯特地区生态环境问题及其对策[A].西部开发课题组编.中国西部大开发指南[C].长春:吉林文史出版社,2000:2010—2116.
- [4] 贵州五十年(1949—1999).北京:中国统计出版社,1999:3—5.
- [5] 刘家彦.中国·贵州生态环境[M].贵州:贵州教育出版社,1999.
- [6] 万国江等.碳酸盐岩与环境(卷一)[M].北京:地震出版社,1995:16—18.
- [7] 张殿发,林年丰.吉林西部农业生态地质环境脆弱性综合研究[J].干旱区资源与环境,1999,13(4):15—20.
- [8] 陈玉成,吕宗清,李章平.环境数学分析[M].重庆:西南师范大学出版社,1998.
- [9] 屠玉麟.贵州土地石漠化现状及原因分析[A].李菁主编.石灰岩地区开发治理[C].贵州:贵州人民出版社,1996:59—70.
- [10] 贵州省区域地理信息项目领导小组编.贵州省地理信息数据集[M].贵州:贵州人民出版社,1996.
- [11] 阎伍玖,沈炳章,方元升等.安徽省芜湖市区域农业生态环境质量的综合研究[J].自然资源,1995,2:39—45.

COMPREHENSIVE EVALUATION OF THE REGIONAL AGRICULTURAL ECO-ENVIRONMENT IN GUIZHOU PROVINCE

LI Rui-ling, WANG Shi-jie

(National Laboratory of Environmental Geochemistry Institute of Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China)

Abstract: Scientific evaluation of the agricultural eco-environment of Guizhou can provide theoretical basis for regional development strategy of West of China. A fuzzy comprehensive model was used in this paper to evaluate the agricultural eco-environment of Guizhou. Some reasonable advices on the protection of regional agricultural eco-environment were put forward.

Key words: Regional agricultural eco-environment; Fuzzy comprehensive evaluation; Guizhou province