

基于 GIS 重庆市土壤养分贫瘠化研究

孙艳玲¹, 郭鹏¹, 刘洪斌¹, 王伟²

(1. 西南农业大学资源环境学院, 重庆 400716; 2. 西南农业大学信息学院, 重庆 400716)

摘 要:以重庆市为例,在 GIS 技术支持下,利用模糊数学和多元数理统计方法对研究区土壤养分贫瘠化现状进行了综合评价。根据评价结果,采用地理信息系统软件 ARCVIEW 绘制了重庆土壤养分贫瘠化状况的等级图。结果表明,这一地区土壤养分大多处于中度贫瘠化水平,土壤养分处于轻度、中度和严重贫瘠化的面积比例分别为 17.42%、47.75% 和 34.83%。其中,水田土壤的养分贫瘠化程度相对较林旱地土壤要重。

关键词:地理信息系统;土壤养分;贫瘠化

中图分类号:S158

文献标识码:A

土壤养分贫瘠化研究的目的是科学掌握土壤养分贫瘠化的现状,阐明土壤养分的空间分布,指出区域土壤资源开发利用中可能出现的主要养分问题,从而为制定防止养分贫瘠化的措施和策略提供依据,以便于区域土壤的可持续发展。这对于挖掘土壤资源潜力,提高农业生态系统生产力,具有十分重大的意义。

地理信息系统作为一门新兴技术,目前已用于涉及地理(空间)信息的几乎所有领域,GIS 与各种分析模型的结合是目前发展的趋势之一。基于 GIS 的区域土壤养分贫瘠化研究,具有空间分析功能强、定量性好的优点,可以避免传统手工操作的种种弊端。

1 研究区概况

重庆市位于 105°11'E ~ 110°11'E, 28°10'N ~ 32°13'N,东西宽 470 km,南北长 450 km。地处青藏高原与长江中下游平原过度地带。东邻湖北、湖南,南靠贵州,西接四川,北连陕西。全市最低海拔高度 73.1 m,最高海拔 2 797 m,相对高差 2 723.9 m。重庆市地处中亚热带,水热丰富,雨热同季,农业历史悠久,人口稠密,土壤资源具有很大的生产潜力,耕地集约经营程度高,复种指数大,人类对土壤的干预和影响深刻。

2 研究方法步骤

2.1 建立土壤养分数据库

土壤中的养分元素很多,但与植物生长关系最大的主要是 C、N、P、K 这 4 种大量元素。因此,本研究选择了土壤有机质、全氮、全磷、全钾、速效磷、速效钾这 6 项指标,从第二次土壤普查资料中,分类收集了各类土壤表层的相应数据。其中,土壤养分图、土壤类型分布图、土地利用现状图、重庆市行政区划图等图件采用扫描和屏幕数字化的方法输入计算机,相应的属性数据采用键盘输入。在地理信息系统软件的支持下,对图层进行编辑处理。

2.2 确定各土壤养分贫瘠化等级的划分标准

已有学者提出过南方低丘红壤土壤养分贫瘠化划分标准^[1],但不同区域土壤存在一定差异。根据本区实际情况,并参考已有的资料和研究成果^[2, 3],本研究把土壤养分的贫瘠化水平分为 3 个等级:肥沃、贫瘠和严重贫瘠。各土壤养分的贫瘠等级的相应划分标准见表 1。

2.3 计算土壤养分贫瘠化的综合评价指标

2.3.1 单项评价指标值的确定

建立各种评价指标的隶属度函数,计算隶属度值,以表示各种养分所处的贫瘠化状态值。由于 C、N、P、K 这 4 种元素的作物效应曲线为 S 型,所以隶

收稿日期:2002-05-10。

基金项目:基金项目:重庆市科委攻关项目(6217)和重庆市教委科技项目(011802)。

作者简介:孙艳玲(1977-),女,天津蓟县人,硕士研究生,从事土地资源与地理信息系统研究。

表 1 土壤养分贫瘠化的划分标准

Table 1 Designated index of soil impoverishment

土地利用方式	贫瘠化等级	有机质 (g/kg)	全 氮 (g/kg)	全 磷 (g/kg)	全 钾 (g/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
水田	肥 沃	>3.0	>0.15	>0.1	>2.5	>15	>100
	贫 瘠	1.0-3.0	0.10-0.15	0.04-0.1	1.0-2.5	5-15	50-100
	严重贫瘠	<1.0	<0.10	<0.04	<1.0	<5	<50
旱地	肥 沃	>2.0	>0.10	>0.1	>2.5	>15	>100
	贫 瘠	1.0-2.0	0.05-0.10	0.04-0.1	1.0-2.5	5-15	50-100
	严重贫瘠	<1.0	<0.05	<0.04	<1.0	<5	<50
林地	肥 沃	>4.0	>0.20	>0.1	>2.5	>15	>100
	贫 瘠	2.0-4.0	0.10-0.20	0.04-0.1	1.0-2.5	5-15	50-100
	严重贫瘠	<2.0	<0.10	<0.04	<1.0	<5	<50

属度函数也采用 S 型,并把曲线型函数转化为相应的折线型函数,以便利于计算^[4],其隶属度函数如下

$$f(x) = \begin{cases} 1.0 & x \geq x_2 \\ \frac{0.9(x-x_1)}{(x_2-x_1)} + 0.1 & x_1 < x < x_2 \\ 0.1 & x \leq x_1 \end{cases}$$

曲线中的转折点分别取表 1 中严重贫瘠和肥沃两种水平的养分含量。

根据上述公式,可以计算出各种养分贫瘠化指标的隶属度值,此值大小在 0.1~1.0 之间。最大值 1.0 表示土壤养分充足,完全满足植物生长的需要;最小值 0.1 表示土壤养分严重缺乏,由于土壤中不可能完全没有某种养分,而且为了在计算时避免零值过多,最小值没有取零。

2.3.2 权重的确定

各种养分贫瘠化指标在土壤养分贫瘠化水平总体构成中所起作用的大小或者说实际重要性,必须根据各个因素对土壤养分实际贡献率的大小来确定权重,以保证评价精度和评价结果的准确性^[5]。本研究利用多元统计中因子分析法确定权重,采用统计软件(SPSS)进行分析,首先求出各个养分因子主成分的特征值和贡献率。然后计算相应的载荷矩阵,并求出各项养分指标的公因子方差,方差的大小表示该项养分指标对养分总体变异的贡献,由此可以得出各项养分指标的权重^[6](表 3)。

2.3.3 综合评价指标值的计算

根据加法法则,在相互交叉的同类指标间采用加法法则进行合成。因此,本文采用了一个反映土壤养分贫瘠化状况的综合性指标值 INDI,其计算公式如下

$$INDI = \sum_{i=1}^6 W_i N_i$$

式中 N_i 和 W_i 分别表示第 i 种养分贫瘠化指标的隶属度值和权重。

表 2 养分贫瘠化状况因子主成分的特征值和贡献率
Table 2 Characteristic values & contributive ratios of Principal components for soil impoverishment states

主成分	特征值	贡献率(%)	累计贡献率(%)
1	1.856	30.940	30.940
2	1.084	18.064	49.004
3	0.960	16.002	65.006
4	0.864	14.399	79.404
5	0.697	11.612	91.016
6	0.539	8.984	100.000

表 3 各种养分指标的公因子方差和权重

Table 3 Community and weight of soil nutrients' indexes

指标名称	公因子方差	权重(W)
有机质	0.769	0.254
全氮	0.727	0.240
全磷	0.701	0.231
全钾	0.240	0.079
速效钾	0.378	0.125
速效磷	0.215	0.071

2.3.4 绘制土壤养分贫瘠化的评价图

根据上面计算出的各类土壤养分贫瘠化的综合评价指标值,把土壤养分的贫瘠化状况划分为轻度(0.7~0.9)、中度(0.3~0.7)和严重(0.1~0.3)三级,借助地理信息系统软件 ARC/INFO 绘制了土壤养分贫瘠化状况的评价图。

3 土壤养分的贫瘠化状况

3.1 土壤中主要养分的贫瘠化现状

利用表 1 划分的标准,对本区土壤中主要养分的贫瘠化现状进行了评价,根据评价结果自动绘制了贫瘠化状况图并输出了评价结果(表 4)。

表4 不同利用方式下土壤中各种养分的贫瘠化现状 (km²)Table 4 Conditions of impoverishment for various soil nutrients in different land uses (km²)

项 目		林 旱 地 土 壤			水 田 土 壤		
		肥沃	贫瘠	严重贫瘠	肥沃	贫瘠	严重贫瘠
有机质	面积	14625.16	58615.78	8752.06	12.86	6756.66	1518.48
	(%)	17.84	71.49	10.67	0.15	80.91	18.94
全氮	面积	7274.85	57499.93	17218.21	63.32	2624.20	5663.48
	(%)	8.87	70.13	21.00	0.76	31.42	67.82
全磷	面积	265.65	45111.61	36668.88	6.84	5526.30	2817.86
	(%)	0.32	55.02	44.72	0.08	66.18	33.74
全钾	面积	2938.23	75088.15	3966.61	155.73	7877.32	317.95
	(%)	3.58	91.58	4.84	1.86	94.33	3.81
速效磷	面积	216.91	33538.04	48238.05	0	4755.53	3595.47
	(%)	0.26	40.90	58.83	0	56.95	43.05
速效钾	面积	38846.81	40996.5	2149.69	2793.27	5365.76	191.98
	(%)	47.38	50	2.62	33.45	64.25	2.30

从表4可以看出,本区水田土壤的养分贫瘠化程度相对较林旱地土壤要重。水田土壤的有机质和全氮的贫瘠化水平,除了全氮的贫瘠等级略低于林旱地外,其它都大大高于林旱地的贫瘠化水平。水田土壤有机质基本上都处于贫瘠水平,占水田土壤面积的80.91%,且水田全氮严重贫瘠水平(67.82%)大大高于其肥沃水平(0.76%),水田土壤的全磷和速效磷大多处于贫瘠水平,分别达到了其水田面积的66.18%和56.95%。而在林旱地土壤中,有机质与全氮处于肥沃水平分别占林旱地面积的17.84%和8.87%。比较水田土壤和林旱地土壤的全钾的贫瘠化程度有共同之处,即水田和林旱地土壤的全钾均是贫瘠水平占主导地位,分别占各自面积的94.33%和91.58%,前者比后者仅高出2.75%。从速效性养分比较来看,两者在速效钾贫瘠化等级的面积比例排序均为贫瘠>肥沃>严重贫瘠,速效磷的排序则出现了差异,林旱地处于严重贫瘠水平的面积占58.83%,而水田处于贫瘠水平的面积则占水田面积的56.95%。

从贫瘠化的空间分布来看,土壤有机质地域差异性较大。全市大部分地区有机质贫瘠,处于严重贫瘠状况的区域多分布在忠县、南川、涪陵、石柱、万州等地。全氮处于严重贫瘠的区域比有机质分布的广,主要分布在开县、云阳、万州、忠县、石柱、潼南、垫江等地。全市土壤普遍缺磷,其中严重贫瘠等级覆盖了全市绝大部分区域;处于贫瘠等级的较连片的分布在彭水、酉阳、秀山、黔江、城口、潼南等地。速效磷处于肥沃水平的土壤面积很小,仅占0.26%,分布在酉阳县内;严重贫瘠的地区面积很大,几乎覆盖了除南川、彭水、丰都、永川、璧山等地以外的大部分地区。土壤钾几乎全部处于贫瘠水平,其中处于肥沃水平的只零星分布在丰都、石柱、南川、开县等

地。全市速效钾处于肥沃水平的区域较大,主要分布在石柱、忠县、丰都、武隆、巫山、城口、黔江、酉阳等地。

3.2 土壤养分的综合贫瘠化状况

按上述指标因子及分级标准,采用地理信息系统软件ARCVIEW将各因子等级图进行迭加处理并输出重庆土壤养分综合贫瘠化等级图(图1)。研究

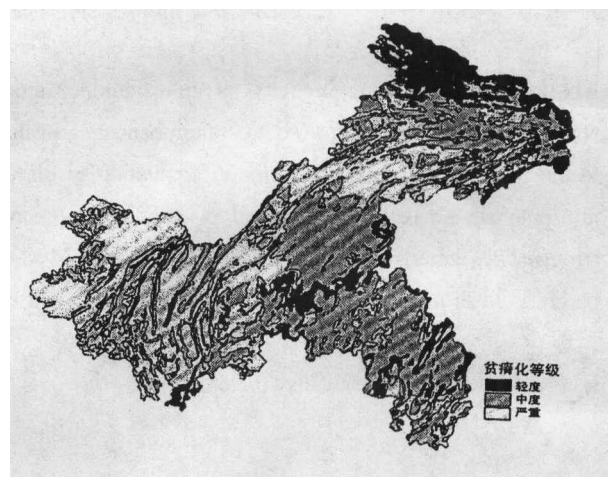


图1 重庆市土壤养分的综合贫瘠化状况

Fig.1 Impoverishment conditions of soil in Chongqing

区中土壤养分大多处于中度贫瘠化水平,土壤养分处于轻度、中度和严重贫瘠化的面积比例分别为17.42%、47.75%和34.83%。从图1可以看出,土壤养分处于轻度贫瘠化水平的地区主要分布在城口、巫溪、巫山、涪陵、武隆、石柱、奉节、丰都等地也有零星分布;土壤养分处于中度贫瘠化水平的区域则主要分布于忠县、石柱、丰都、黔江、彭水等地;土

壤养分处于严重贫瘠化水平的区域主要在梁平、万州、云阳、江津、荣昌、潼南、大足及主城区一带。从不同土地利用方式下土壤养分贫瘠化程度比较(表 5)可以看出,水田以严重贫瘠为主,其面积占水田总面

表 5 不同利用方式下土壤养分贫瘠化程度的综合贫瘠化状况
Table 5 Conditions of comprehensive impoverishment for various soil nutrients in different land use types

利用方式	贫瘠化水平	INDI	面积(Km ²)	比例(%)
水 田	轻度	0.7~0.9	74.01	0.89
	中度	0.3~0.7	3367.54	40.32
	严重	0.1~0.3	4909.45	58.79
林旱地	轻度	0.7~0.9	15660.44	19.10
	中度	0.3~0.7	39769.06	48.50
	严重	0.1~0.3	26563.50	32.40

积的一半以上,林旱地则以中度贫瘠为主。林旱地

土壤养分严重贫瘠水平比水田要低得多,水田土壤养分处于轻度水平的面积比例比林旱地也低得多。总之,林旱地土壤养分贫瘠化水平比水田低。

参考文献:

- [1] 孙波,张桃林,赵其国. 我国东南丘陵山区土壤肥力的综合评价[J]. 土壤学报, 1995,32(4): 362~369.
- [2] 沈汉. 土壤评价中参评因素的选定与分级指标划分[J]. 华北农学报, 1990, 5(3): 63~69.
- [3] 四川省土壤普查办公室(编). 四川土壤[M]. 成都:四川科学技术出版社, 1995.
- [4] 沈思源. 土壤资源评价指标的研究[M]. 北京: 科学出版社, 1990. 128~133.
- [5] 孙波,张桃林,赵其国. 南方红壤丘陵区土壤养分贫瘠化的综合评价[J]. 土壤学报, 1995, 27(3):119~128.
- [6] 唐启义,冯明光. 实用统计分析及其计算机处理平台[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997, 206~230.

Study of Soil Nutrient Depletion of Chongqing Based on GIS

SUN Yan-ling¹, GUO Peng¹, LIU Hong-bin¹, WU Wei²

(1. Department of Resources and Environment, Southwest Agriculture University, Chongqing 400716;

2. Department of Information, Southwest Agriculture University, Chongqing 400716)

Abstract: Taken Chongqing city as an example, under the support of GIS, fuzzy maths and multivariate statistical analysis methods are also used to comprehensively evaluate the status of soil nutrient depletion of Chongqing. According to the result, Soil nutrient depletion evaluation result was mapped using ArcView software. The result shows that soil nutrients were mostly in the level of middle depletion in this area. The sum percentage of low - grade, middle and strongest depletion were 17.42%, 47.75% and 34.83% respectively. Thereinto, the level of soil nutrient depletion in paddy field is more serious than that in woodland and dry land.

Key words: GIS; Soil nutrient; Depletion