

莫莫格保护区湿地土壤均化洪水效益研究*

许林书

(东北师范大学城市与环境科学学院, 长春 130024)

姜明

(中国科学院东北地理与农业生态研究所, 长春 130012)

FLOOD MODERATING BENEFIT OF WETLAND SOIL IN MOMOGE NATURE RESERVE

Xu Linshu

(School of Urban and Environment Sciences, Northeast Normal University, Changchun 130024, China)

Jiang Ming

(Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130012, China)

关键词 莫莫格保护区; 湿地土壤; 均化洪水效益; 地统计学分析; GIS

中图分类号 S153 文献标识码 A

作为“地球之肾”的湿地, 具有均化洪水、调节气候、污染物降解、防止自然力侵蚀等众多的功能和用途。湿地效益研究就是将湿地的这些功能、用途及属性给以定量化、货币化。目前对湿地均化洪水效益研究中大都考虑湿地对地表水的均化作用^{[1], (1)}, 缺乏对湿地土壤均化洪水的定量、系统研究。而湿地土壤的孔隙度大, 储水能力高, 可以保持大于其本身重量 3~9 倍或更高的蓄水量, 因此湿地土壤的均化洪水效益是不可忽视的。本文利用野外测得数据和 GIS 手段, 结合地统计分析方法, 定量研究湿地土壤的均化洪水效益, 可以弥补在这项研究中的空白。

1 研究区概况

莫莫格国家级自然保护区位于吉林省白城市镇赉县东南部, 保护区总面积 14.4 万 hm^2 。莫莫格保护区的主要土壤类型有沼泽土、草甸土、碱土、黑钙土、风砂土、冲积土 6 种。

2 研究方法 with 基本理论

2.1 研究方法

土壤样品采集分别在 2002 年 5 月与 2002 年 10 月进行, 这两个季节都属于比较干燥时期, 避开了雨季对土壤性质的季节性影响。

对莫莫格保护区土壤取样采用了指导法采样^[2]。首先收集到保护区的土壤分布图、植被分布图、水文图等, 将这些图件扫描、矢量化, 然后对不同比例尺的图件进行校正、配准后叠加, 依据保护区内部的土壤、植被以及水文的差异, 将莫莫格保护区湿地划分为 3 个区, 即东部哈尔滨挠区、中部月亮泡区以及西部哈拉塔区。根据不同区域内的不同土壤类型、样点间距等因素在图上确定采样位置, 在野外利用 GPS 进行定位采样, 获取土壤样品 60 个(图 1)。

测定土壤项目有饱和含水率、自然含水率、容重。其中自然含水率和容重利用环刀法测得, 饱和含水率测定是将野外所采环刀样品浸在水中 8 h, 称

* 国家自然科学基金项目(50139020)、中国科学院东北地理与农业生态研究所学科前沿领域项目(K2CX3-SW-NA-01)和吉林省科技厅重大科技攻关项目(20010401)资助

作者简介: 许林书(1948~), 男, 教授, 主要从事土壤地理、湿地生态等的教学与研究工作。E-mail: xuls755@nenu.edu.cn

(1) 许健民. 黄河三角洲(东营市)湿地评价与可持续利用研究. 中国农业科学院博士学位论文, 2001. 15~27

收稿日期: 2004-01-15; 收到修改稿日期: 2004-05-16

重后烘干, 求出饱和含水率^[3]。



图1 土壤样品分布图

数据处理利用 ARC/INFO8.1 中的 Geostatistics 模块。

2.2 地统计学分析

地统计学的基本原理在许多文献中都有比较详细的描述^[4-6], 本文不再重复叙述。

首先将土壤数据存入图层数据库之中, 利用 GIS 软件 ARC/INFO8.1 软件中的 Geostatistic 模块对数据进行处理。对土壤数据检验后发现, 土壤容重符合正态分布, 而自然含水率、饱和含水率均不符合正态分布, 这就要求对这些数据进行对数转换来消除比例效应, 提高估计精度^[7]。利用对数转化后的自然含水率、饱和含水率数据基本趋向于正态分布。

表 1 和表 2 给出了土壤数据统计以及变异函数模型的相关参数。

表 1 土壤数据统计

数据项目	平均值	中值	标准差	最大值	最小值	样点数
容重(g cm^{-3})	1.34	1.39	0.036	1.94	0.75	60
自然含水率(%)	32.58	34.05	0.08	83.4	6	60
饱和含水率(%)	49.5	48.92	0.30	89.3	27	60

表 2 变异函数模型及相关参数

数据项目	块金值	基台值	块金/基台	变程(km)	模型	F 检验
容重(g cm^{-3})	0	0.075	0	10.5	球状模型	**
自然含水率(%)	0.110	0.530	20.70	12.8	球状模型	**
饱和含水率(%)	0.039	0.060	65.30	16.8	球状模型	**

** $p < 0.01$

块金值通常表示由实验误差和小于实验取样尺度引起的变异, 较大的块金方差值表明较小尺度上的某种过程不容忽视; 基台值通常表示系统内总的变异, 块金值与基台值之比表示随机部分引起的空间异质性占系统总变异的比例, 如果该比值高, 说明随机部分引起的空间异质性程度起主要作用。从结构性因素的角度来看, 块金值与基台值的比例可以表明系统变量的空间相关性的程度。如果比例 $< 25\%$, 说明系统具有强烈的空间相关性; 如果比例在 $25\% \sim 75\%$ 之间, 表明系统具有中等的空间相关性; 比例 $> 75\%$ 说明系统空间相关性很弱^[8]。总体上容重、自然含水率及饱和含水率均表现为较强的空间相关性, 这也说明了保护区湿地土壤受施肥、耕作措施、种植制度等各种人为活动影响小, 而受气候、母质、地形、水文等自然因素影响较强, 这就导致了土壤成分较强的空间相关性。

3 湿地土壤均化洪水量计算

当湿地被洪水浸泡时, 湿地土壤就会达到饱和, 土壤饱和时的持水量可以通过土壤的饱和含水率来体现。土壤均化洪水的水量应该是洪水浸泡土壤后的饱和持水量与洪水来临之前土壤已保持水量的差值, 因此它的计算应该是土壤饱和含水量与洪水淹没前土壤的自然含水量的差值。均化洪水的土壤水量可利用式(1)得出^[9-11]:

$$W = (W_1 - W_2) \quad (1)$$

$W(\text{m}^3)$ 为均化洪水的总量; $W_1(\text{m}^3)$ 为土壤饱和持水总量; $W_2(\text{m}^3)$ 为土壤自然含水总量。

$$W_1 = (10^{-2} \times P \times D \times H \times S) / \rho \quad (2)$$

$$W_2 = (10^{-2} \times A \times D \times H \times S) / \rho \quad (3)$$

P 为饱和含水率(%); A 为自然含水率(%); D 为容重(g cm^{-3}); H 为土层厚度(cm); S 为均化洪水的面积(m^2); 10^{-2} 为单位转换系数, ρ 为水的密度($1 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$)。

通过利用地统计学基本理论分析可知, 所采土壤样品数据具有较强的空间相关性, 因此可以利用插值的方法来模拟样点周围点的土壤性质, 这样就可以得

到更加精确的土壤含水量值。首先把分层所采样点的土壤容重、饱和含水率、自然含水率数据取其均值, 然后将这些数据输入计算机, 利用 GIS 软件 ARC/INFO 的 Geostatistics 模块, 计算每个样点周围的土壤容重、孔隙度以及含水率的值, 将土壤容重、孔隙度以及自然含水率的数据值分成 5 级, 以图层的形式输出(图 2、图 3、图 4)。

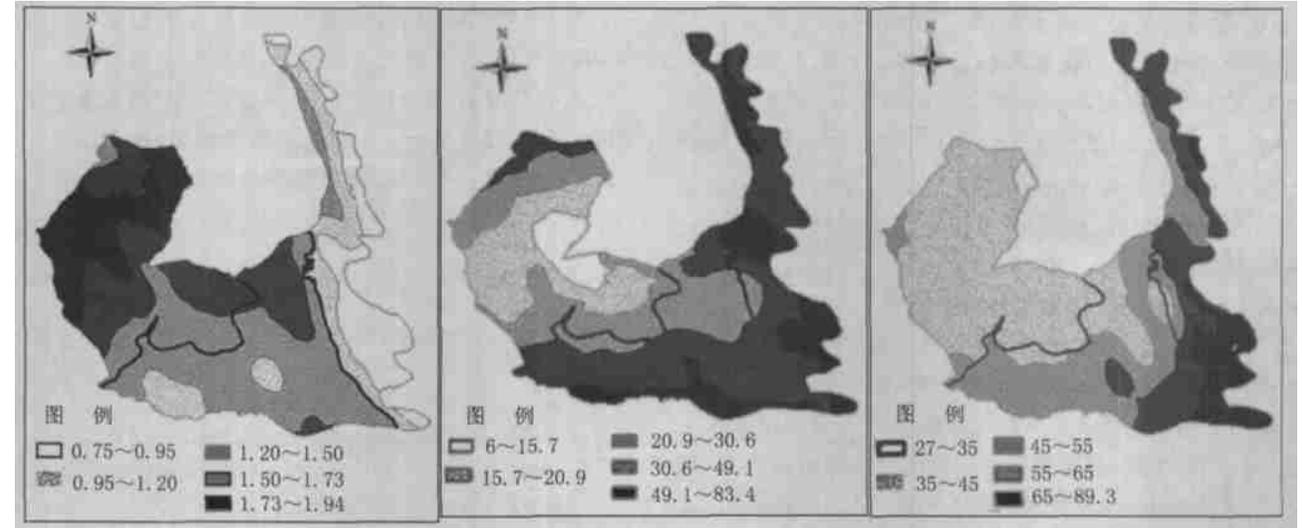
图 2 容重(g cm^{-3})分级图

图 3 自然含水率(%)分级图

图 4 饱和含水率(%)分级图

将图层中每一级的土壤数据值取其均值后, 输入到图层的属性之中。将土壤容重分别与饱和含水率、自然含水率图叠加后得到的两幅图进一步叠加, 生成了 87 个小区, 利用式(4) 求出保护区的均化洪水总量。

$$W = \sum_{i=1}^n (P_i - A_i) \times D_i \times S_i \times H \times 10^{-2} \quad (4)$$

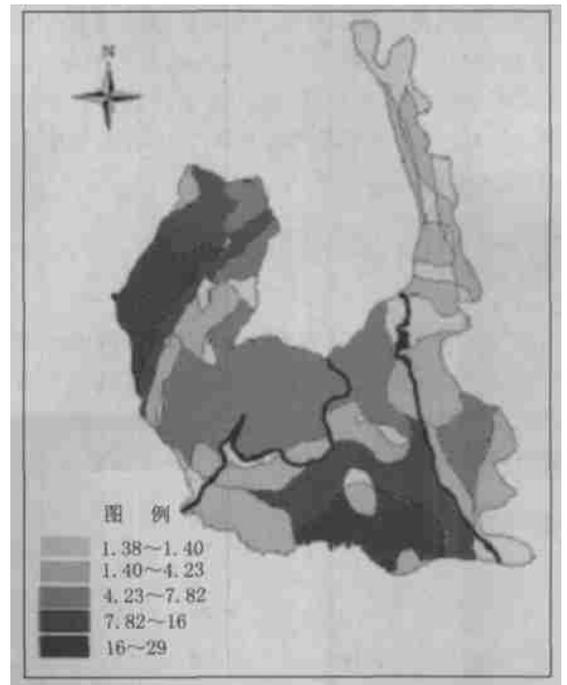
$W(\text{m}^3)$ 为均化洪水总量, 其中 i 为分级后的各小区, P_i 为第 i 小区的饱和含水率, A_i 为第 i 小区的自然含水率, D_i 为第 i 小区的容重, S_i 为第 i 小区的面积, H 为取样深度 60 cm。

但由于保护区分布着大量的湖泊, 在进行土壤均化洪水时没有将这些水面分离出去, 导致计算结果不准确。考虑到自 2000 年以来, 吉林西部的连续干旱, 使莫莫格保护区大部分的湖泊干涸, 因此, 本文主要计算保护区内较大的两个湖泊水面, 即中部区的月亮泡和东部区的哈尔挠水库。其中, 月亮泡水库面积为 8100 hm^2 , 哈尔挠水库面积为 2600 hm^2 , 将东、中部区的湿地均化洪水量分别减去两个水库面积的均化洪水量。

经过求算, 保护区土壤均化洪水的总量为 $2.57 \times 10^{10} \text{ m}^3$, 其中东部的哈尔挠区均化洪水的总量为 $4.50 \times 10^9 \text{ m}^3$, 中部月亮泡区为 $9.42 \times 10^9 \text{ m}^3$, 西部的哈拉塔

区为 $1.18 \times 10^{10} \text{ m}^3$ 。

利用 GIS 软件自动将小区的均化洪水量分成 5 级, 输出矢量图(图 5)。

图 5 莫莫格保护区均化洪水总量(10^6 m^3)图

4 莫莫格湿地土壤均化洪水效益

4.1 湿地土壤均化洪水效益求算

湿地土壤均化洪水的效益采用影子价格法来评价。通过对 1988~1991 年全国水库建设投资进行测算,以每年新增投资量除以年新增库容,计算出每建设 1m^3 库容需年投入成本 0.67 元(1990 年不变价格)^[12]。这样,湿地土壤均化洪水的总价值=总蓄水量×单位蓄水量的库容成本,即 $M_{\text{价值}}=0.67 \times W$; 计算结果为 $M_{\text{价值}}=1.72 \times 10^6$ 万元 a^{-1} 。其中东部哈尔挠区均化洪水的总价值为 3.01×10^5 万元 a^{-1} , 中部月亮泡区均化洪水总量为 6.31×10^5 万元 a^{-1} , 西部哈拉塔区均化洪水总量为 7.92×10^5 万元 a^{-1} 。

4.2 湿地土壤均化洪水效益分析

由于东、中、西区的面积不同,为了更深入分析湿地土壤均化洪水效益的空间分布特征,利用均化洪水量与面积的比值求出 60 cm 深的湿地土壤单位面积上的均化洪水量:即莫莫格保护区的均化洪水量为 17.87 万 $\text{m}^3 \text{hm}^{-2}$, 东部哈尔挠区均化洪水量为 11 万 $\text{m}^3 \text{hm}^{-2}$, 中部的月亮泡区为 21.05 万 $\text{m}^3 \text{hm}^{-2}$, 西部的哈拉塔区为 19.64 万 $\text{m}^3 \text{hm}^{-2}$ 。从单位面积均化洪水的效益来看,中、西部大于东部。这是因为莫莫格保护区自然含水率值自东向西呈递减趋势,容重的分布呈现自东向西的递增趋势,同时由于土壤均化洪水的量是通过土壤的饱和含水量与自然含水量的差值计算出来,东部自然含水率高,其均化洪水的能力就弱;而西部土壤的自然含水率最低,但其土壤的饱和含水率也相对最低,这就决定了其单位面积均化洪水量小于中部,但却大于东部。

5 结论与讨论

1) 利用地统计学基本理论分析可知,所采土壤样品数据具有较强的空间相关性,可利用插值的方法来模拟样点周围点的土壤性质,以便得到更准确的湿地土壤均化洪水量及均化洪水效益。

2) 保护区湿地土壤均化洪水总量为 2.57×10^{10} m^3 , 均化洪水的效益为 1.72×10^6 万元 a^{-1} 。

3) 莫莫格湿地土壤单位面积均化洪水效益为 11.97 万元 hm^{-2} , 其中东部哈尔挠区均化洪水效益为 7.37 万元 hm^{-2} , 中部的月亮泡区的效益为 14.10 万元 hm^{-2} , 西部的哈拉塔区的效益为 13.16 万元 hm^{-2} , 即中部>西部>东部。

同时我们注意到:土壤中的自然含水率受气候影响非常明显,它会随着不同季节、不同年份而发生明显变化,这就导致了均化洪水量的变化。计算土壤均化洪水量时,仅计算 60 cm 厚的土层含水量,这个深度与潜水深有一定的差距,这会使均化洪水的效益计算产生误差。

参考文献

- [1] 崔利娟. 湿地价值评价研究. 北京: 科学出版社, 2001. 39~49
- [2] Webster R, Oliver M A. Statistical Methods in Soil and Land Resource Survey. London: Oxford University Press, 1990
- [3] 中国科学院南京土壤研究所编. 土壤理化分析. 上海: 上海科学技术出版社, 1978. 511~525
- [4] 孙洪泉. 地质统计学及其应用. 北京: 中国矿业大学出版社, 1990
- [5] 沈思渊. 土壤空间变异研究中地统计学的应用及其展望. 土壤学进展, 1989, 17(3): 11~25
- [6] 自由路, 李保国, 胡克林. 黄淮海平原土壤盐分及其组成的空间变异特征研究. 土壤肥料, 1999, 3: 25~27
- [7] 郭旭东, 傅伯杰, 马克明. 基于 GIS 和地统计学的土壤养分空间变异特征研究——以河北省遵化市为例. 应用生态学报, 2000, 11(4): 557~563
- [8] Cambardella C A, Moorman T B, Novak J M, et al. Field scale variability of soil properties in central Iowa soils. Soil Science, 1994, 58: 1 501~1 511
- [9] 李天杰, 郑应顺, 王云. 土壤地理学. 北京: 高等教育出版社, 1983. 245~247
- [10] 刘明. 凤凰山林场小流域试验场森林土壤涵养水源效益研究. 林业资源管理, 1998, 6: 52~54
- [11] 姚孝友. 安徽金寨县水土保持林涵养水源生态效益的计量分析. 中国水土保持, 1996, 8: 23~28
- [12] 郭中伟, 李典谟. 生态系统调节水量的价值评估. 自然资源学报, 1998, 3: 242~247