

大沟头小流域不同土地利用格局下 土壤侵蚀情景模拟研究

杨翠林¹, 秦富仓²

(1. 鄂尔多斯市准格尔旗水土保持局, 内蒙古 鄂尔多斯 010300 2. 内蒙古农业大学, 呼和浩特 010019)

摘 要: 为了分析大沟头流域景观格局动态变化(时间序列的影响)对流域土壤侵蚀景观格局的影响, 本研究建立了几个流域景观格局特定情景(Scenario), 通过在 Arcview 中利用模型模拟, 得出大沟头流域内林草地面积比从 0~100%, 土壤侵蚀量从情景 1 的 47 262.06 t 减少为情景 5 的 12 744.70 t, 减少量为 34 517.36 t, 减少率高达为 73.03%; 林草地面积不变的情况下, 随着流域内梯田的从无到有、从少到多, 情景 8(梯田占 70%)与情景 4(无梯田)相比, 土壤侵蚀量减少了 7 524.92 t, 减少了 28.94%。

关键词: 土地利用; 土壤侵蚀; 景观格局; 大沟头流域

中图分类号: S157; F301.24

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)04-0082-05

Study on Dynamic of Land Use Pattern in Dagoutou Watershed

YANG Cui-lin¹, QIN Fu-cang²

(1. Inner Mongolia Water and Soil Conservation Station in Zhungeer of Erdos, Erdos, Inner Mongolia 010300, China; 2. Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010019, China)

Abstract: In order to analyze the influence of the landscape structure dynamic, we had set scenery model. The situation of the change of the soil erosion in different watershed landscape structures was analyzed. The results showed that the area of woodland and grassland in Dagoutou watershed proportion increased from 0 to 100%, soil erosion of scenario 1 more than scenario 5 is 34 517.36 t, reduced rate for up to 73.03%. Under circumstances the area of woodland is unchanged, the area of terrace in Dagoutou watershed increased, Comparison Scenario 8 and Scenario 4, the amount of soil erosion reduction was about 7 524.92 t, rate of decrease is 28.94%.

Key words: land-use; water and soil erosion; landscape pattern; Dagoutou Watershed

土地利用是自然因素和人文因素结合最为紧密的人类活动, 土地利用形成的土地覆被从景观尺度上反映了人类对自然生态系统的影响方式及程度^[1-3]。土地利用格局的动态变化, 其实质是人类为满足社会经济发展需要, 不断调整配置各类土地利用的过程。研究土地利用格局的变化与土壤侵蚀过程的响应, 有助于了解土地利用格局变化对生态环境的影响, 同时通过调整人类社会经济活动, 改变土地利用格局, 促使土地利用更趋合理, 使得人类活动与生态环境和谐发展^[4-6]。以内蒙古通辽市奈曼旗大沟头小流域为对象, 通过在 Arcview 中利用模型模拟研究小流域土地利用格局与土壤侵蚀间的关系。

1 研究区概况

1.1 自然条件

大沟头小流域位于通辽市奈曼旗土城子镇北部的哈日干图境内, 位于 42°28'33"—42°31'12"N、120°37'48"—120°42'31"E。该流域面积约 1 853.26 hm², 是大凌河支流牐牛河的一个小流域, 海拔 550.60 m。大沟头小流域的地貌类型为丘陵沟壑区与沙化漫岗结合区, 土层厚度 5—10 m, 其中沙壤土占 60%, 黄土占 40%。该区处于内蒙古农牧交错带, 属半干旱大陆性季风气候^[7], 多年平均气温 6.2℃, 多年平均蒸发量 2 053.2 mm, 多年平均降雨量 450 mm, 年日照时数 2 952.2 h, 年平均风速 3.8 m/s, ≥10℃积温为 3 151.2℃, 无霜期

收稿日期: 2010-02-04

资助项目: 国家自然科学基金(40561009)

作者简介: 杨翠林(1981—), 女, 硕士, 工程师, 主要从事水土保持工作。E-mail: yangcuilin126@126.com

通信作者: 秦富仓(1966—), 男, 博士, 教授, 主要从事土地资源管理、水土保持方面的研究工作。E-mail: qinfu@126.com。

160 d,最大冻土深 1.5 m,植被盖度 83%。

1.2 社会经济条件

奈曼旗大沟头小流域由 4 个自然屯组成,以种植业为主、牧业为辅,主要粮食作物有:荞麦、谷子、豆类等。牧业主要以养殖小尾寒羊为主,养牛主要是为了产肉,还有部分农户自行养猪、养鸡、养蜂,并形成了一定规模。据统计,2007 年小流域共有农户 235 户,总人口 1 280 人,人口密度 69 人/km²,人均耕地 0.49 hm²,共有 9 处果园,人均收入 2 000 元。

2 研究方法

2.1 数据的获取

根据大沟头流域 2007 年的土地利用现状进行分析,流域景观格局的组成是由流域内各种土地利用类型反映出来。图 1 为研究区多年月平均降雨量年内分布情况,流域内土地利用现状的斑块格局及相应坡度分级的数据,利用 1:1 万土地利用现状图获取。土地利用类型斑块按土地利用现状调查技术规程的

分类系统标准进行分类^[8-9]。将土地利用现状图数字化,建立相关的空间信息数据和属性信息数据库。大沟头流域总占地面积为 1 853.26 hm²,各种土地类型斑块的面积见表 1。在 Arcview 中将矢量型的土地利用类型空间数据转换为栅格型数据,分别计算和提取各种土地类型斑块的面积,用土地利用类型的栅格型数据与 DEM 派生的坡度图形叠置计算,可获得研究流域内各土地利用类型斑块的坡度分级图和相应土地利用类型的坡度分级数据(表 2)。

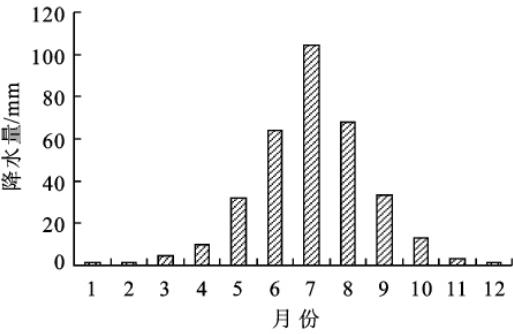


图 1 研究区多年月平均降雨量年内分布情况

表 1 流域内各斑块占地面积

土地利用类型	耕地		林地	疏林草地	水域	住宅用地	未利用地
	梯田	坡耕地					
面积/hm ²	360.45	265.12	863.00	122.17	106.74	50.66	85.12
占总面积/%	19.45	14.31	46.57	6.59	5.76	2.73	4.59

表 2 流域内各土地利用类型坡度分析						hm ²
土地利用类型	0°~5°	5°~15°	15°~25°	>25°	合计	
农田	梯田	242.34	69.10	49.01	0	360.45
	坡耕地	251.09	2.42	11.61	0	265.12
林地		539.05	210.24	108.25	5.49	863.03
草地		53.21	60.90	6.25	1.81	122.17
水域		106.74				106.74
住宅用地		46.59	4.07			50.66
未利用地		0	25.75	59.37		85.12
合计	1239.02	346.73	200.87	66.67	1853.29	

经奈曼旗水土保持工作站从 1986—2005 年的长期观测获得了不同土地利用类型的平均侵蚀模数(见表 3),利用平均侵蚀模数推算不同情景下的土壤侵蚀量。

表 3 大沟头流域内各类土地利用类型的平均侵蚀模数					t/(km ² ·a)
土地利用类型	<5°	6°~15°	15°~25°	>25°	
梯田	300	300	300	300	
坡耕地	800	4400	7150	11600	
林草地	400	2000	2500	3000	
水域	1000	2000	2500	3000	
住宅用地	1000	1000	1500	2000	
未利用地	2000	3500	5000	6500	

注:林草地郁闭度>60%

为了使情景模拟结果计算出来的土壤侵蚀量能够被分配到具体的土地利用类型和不同的地貌部位

上,并且能够相互间的直观比较,利用大沟头流域水土保持工作组多年的观测结果,推算出流域土壤侵蚀状况,然后使用 Arcview 空间分析模型将土地利用空间位置与地貌部位图形进行叠置运算,统计出不同地貌部位各种土地利用状况的土壤侵蚀结果,以利于不同情景间土壤侵蚀状况的比较^[10]。

2.2 数据的校核

通过计算流域现实治理状况的减水减沙效益,以大沟头流域长期观察计算的年均径流量,推算出在现有土地利用格局下流域年径流量为 19 311.39 m³ 和年泥沙量为 4 202.85 t。然后,不同的土地利用类型,根据坡度范围分别计算土壤侵蚀状况。以不同土地利用类型的平均土壤侵蚀模数计算出大沟头现实土地覆被情景下年土壤侵蚀量为 23 211.76 t,与前者相比相差不大。后面的各项计算都依照不同土地利用时的平均侵蚀模数为准。

2.3 建立特定情景

将土地利用现状图数字化,建立相关的空间信息数据和属性信息数据库。在 Arcview 中将矢量型的土地利用类型空间数据转换为栅格型数据,分别计算和提取各种土地类型斑块的面积,用土地利用类型的栅格型数据与 DEM 派生的坡度图形叠置计算,可获表 4。

表 4 流域内各土地利用类型坡度分析

土地利用类型		项目	0~5°	5°~15°	15°~25°	>25°	合计
农田	梯田	面积/hm ²	242.34	69.1	49.01	0	360.45
		占总面积/%	13.07	3.73	2.64	0	19.45
	坡耕地	面积/hm ²	251.09	2.42	11.61	0	265.12
		占总面积/%	13.55	0.13	0.63	0	14.3
	林地	面积/hm ²	539.05	210.24	108.25	5.49	863.03
		占总面积/%	29.09	11.34	5.84	0.3	46.57
	草地	面积/hm ²	53.21	60.9	6.25	1.81	122.17
		占总面积/%	2.87	3.29	0.34	0.1	6.59
	水域	面积/hm ²	106.74	—	—	—	106.74
		占总面积/%	5.76	0	0	0	5.76
	住宅用地	面积/hm ²	46.59	4.07	—	—	50.66
		占总面积/%	2.52	0.22	0	0	2.73
	未利用地	面积/hm ²	0	—	25.75	59.37	85.12
		占总面积/%	0	—	1.39	3.2	4.59

为了解流域景观格局变化对流域土壤侵蚀格局的影响,依据属于理论研究探讨范畴和属于实际情景及预测的原则,在流域内以植物措施为主,首先从理论上假设:

(1)情景 1(S1):流域内全部为耕地,没有林地、草地时的土壤侵蚀状况;

(2)情景 2(S2):流域内林地覆被率为 30%,其余为坡耕地时的土壤侵蚀状况;

(3)情景 3(S3):流域内林地覆被率为 50%,其余为坡耕地时的土壤侵蚀状况;

(4)情景 4(S4):流域内林地覆被率为 75%,其余为坡耕地时的土壤侵蚀状况;

(5)情景 5(S5):流域内全部是林地、草地,没有耕地时的土壤侵蚀状况。

另外,从实际情况出发,流域内林地覆被率为 75%时,以工程措施为主进行设定:

(6)情景 6(S6):流域内修建梯田,且梯田面积为 30%时土壤侵蚀状况;

(7)情景 7(S7):梯田面积为 50%时的土壤侵蚀状况;

(8)情景 8(S8):梯田面积为 70%时的土壤侵蚀状况。

分别对 8 种情景进行模拟,可计算出流域在不同情景时的土壤侵蚀情况。

3 结果与分析

3.1 植物措施情景模拟分析

将大沟头流域内除住宅用地外各占地类型按坡度全部均匀分布,林草面积逐步增大,不考虑树种搭配,保持林分郁闭度在 60%以上。未利用地、水域用地全部消失,为了体现林草植被的总体效益,从理论

上设计了情景 5,其原则是能够作为林地的土地均进行造林。依照表 3 中不同土地利用平均侵蚀模数来计算各类土地利用状况下的土壤侵蚀量的大小。各情景土地利用格局类型斑块的面积与土壤侵蚀状况见表 5。

按照这种调整方法,流域内景观格局由单调到丰富再到单调,林草地面积比从 0~100%,就整个流域的土壤侵蚀总量来看,土壤侵蚀量逐步减少,从情景 1 的 47 262.06 t 减少为情景 5 的 12 744.70 t,减少量为 3 4517.36 t,减少率高达为 73.03%。情景 2 比情景 1 的林草植被盖度增加了 30%,土壤侵蚀量减少了 27.36%;情景 3 比情景 2 的林草覆被率增加了 20%,土壤侵蚀量减少了 3.62%;情景 4 比情景 3 的林草覆被率增加了 25%,土壤侵蚀量减少了 21.42%;情景 5 比情景 4 的林草盖度增加了 25%,土壤侵蚀量减少了 50.98%。

3.2 工程措施情景模拟分析

为了体现植物措施与工程措施相结合的水土流失治理观念,在林草植被盖度不变,面积比为 75%的前提下,修建梯田,如水平阶、反坡梯田等,采取合理的耕作措施以减少径流、保肥保土,减少水土流失。耕地的总面积为 463.32 hm²,梯田占总耕地面积的比例由 30%增加到 50%、70%,各种坡度条件下均有梯田分布,3 种情景下梯田的面积分别为 138.99 hm²、231.66 hm²、324.32 hm²。不考虑梯田的修建类型和农作物的种类,整个流域中,气候条件是相同的。依然按表 3 中不同土地利用平均侵蚀模数来计算各类土地利用状况下的土壤侵蚀量的大小。通过增设梯田对流域土地利用格局的调控,各情景土地利用格局类型斑块的面积与土壤侵蚀状况见表 6。

从表 6 中可以看出,梯田的增设大大减少了土壤

侵蚀量,其中情景 6 比情景 4 减少了 5 026 t,减少率为 10.29%;情景 8 比情景 7 减少了 3 812 t,减少率为 17.83%,情景 7 比情景 6 减少了 2 384 t,减少率为 18.34%。

表 5 不同情景土地利用格局下的土壤侵蚀量

情景	土地利用类型	项目	0~5°	5°~15°	15°~25°	>25°	合计
S1	坡耕地	面积/hm ²	1239.02	346.73	200.84	66.67	1853.26
		土壤侵蚀量/t	9912.16	15256.12	14360.06	7733.72	47262.06
S2	坡耕地	面积/hm ²	867.31	252.63	86.65	21.58	1312.48
		土壤侵蚀量/t	6938.51	11115.72	6195.48	2503.28	26752.99
	林草地	面积/hm ²	371.71	94.10	114.19	45.09	540.78
		土壤侵蚀量/t	1486.82	1882.00	2854.75	1352.7	7576.27
S3	坡耕地	面积/hm ²	619.51	173.37	100.42	33.34	926.63
		土壤侵蚀量/t	4956.08	7628.06	7180.03	3866.86	23631.03
	林草地	面积/hm ²	619.51	173.37	100.42	33.34	926.63
		土壤侵蚀量/t	2478.04	3467.30	2510.50	1000.05	9455.89
S4	坡耕地	面积/hm ²	309.76	86.68	50.21	16.67	463.32
		土壤侵蚀量/t	2478.04	3814.03	3590.02	1933.43	11815.52
	林草地	面积/hm ²	929.27	260.05	150.63	50.00	1389.95
		土壤侵蚀量/t	3717.06	5200.95	3765.75	1500.01	14183.84
S5	林地	面积/hm ²	1239.02	346.73	200.84	66.67	1853.26
		土壤侵蚀量/t	4956.08	2773.84	3514.70	1500.08	12744.70

表 6 大沟头流域土地利用格局下的土壤侵蚀量

情景	土地利用类型	项目	0~5°	5°~15°	15°~25°	>25°	合计
S6	坡耕地	面积/hm ²	216.83	60.68	35.15	11.67	324.32
		土壤侵蚀量/t	1734.63	2669.82	2513.01	1353.40	8270.86
	梯田	面积/hm ²	92.93	26.00	15.06	5.00	138.99
		土壤侵蚀量/t	278.78	78.01	45.19	15.00	416.98
	林草地	面积/hm ²	929.27	260.05	150.63	50.00	1389.95
		土壤侵蚀量/t	3717.06	5200.95	3765.75	1500.08	14183.84
S7	坡耕地	面积/hm ²	154.88	43.34	25.11	8.33	231.66
		土壤侵蚀量/t	1239.02	1907.02	1795.01	966.72	5907.76
	梯田	面积/hm ²	154.88	43.34	25.11	8.33	231.66
		土壤侵蚀量/t	464.63	130.02	75.32	25.00	694.97
	林草地	面积/hm ²	929.27	260.05	150.63	50.00	1389.95
		土壤侵蚀量/t	3717.06	5200.95	3765.75	1500.08	14183.84
S8	坡耕地	面积/hm ²	92.93	26.00	15.06	5.00	138.99
		土壤侵蚀量/t	743.41	1144.21	1077.00	580.03	3544.65
	梯田	面积/hm ²	216.83	60.68	35.15	11.67	324.32
		土壤侵蚀量/t	498.71	139.56	80.84	26.83	745.94
	林草地	面积/hm ²	929.27	260.05	150.63	50.00	1389.95
		土壤侵蚀量/t	3717.06	5200.95	3765.75	1500.08	14183.84

3.3 小流域景观情景对比

上面分别对 8 种设定的土地覆被情景进行了模拟和分析,现在将前 5 种情景的土壤侵蚀状况合并在一起,将第 4 种情景与第 6,7,8 种情景的土壤侵蚀状况合并在一起,对其结果进行进一步的评价。土地覆被情景模拟的不同坡度的土壤侵蚀状况见图 2。

4 结 论

从图 2 的结果可以看出,前 5 种设定的土地覆被

情景模拟出来的土壤侵蚀量是很有规律的,随着流域林草植被的从无到有、由少到多,影响到流域土壤侵蚀量从多到少。随着流域内梯田的从无到有、从少到多,土壤侵蚀量大大的减少,情景 8(梯田占 70%)与情景 4(无梯田)相比,土壤侵蚀量减少了 7 524.92 t。情景 6 和情景 7 的土壤侵蚀量为 22 871.68 t 和 20 786.57 t,分别是情景 4 的 1.14 和 1.25 倍。

情景 5 的土壤侵蚀量很少,说明流域内全为林草覆被时,林草能够很好的拦蓄径流,减少洪水流量。

但是,这样的土地利用格局无法保证当地的经济效益。在流域治理过程中,植物措施与工程措施有机的结合,即能有效保持水土,涵养水源,也能给当地带来经济效益。

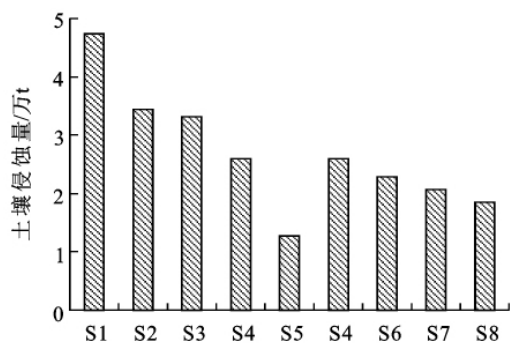


图 2 不同情景土壤侵蚀量分布

参考文献:

- [1] 摆万奇,柏书琴.土地利用和覆盖变化在全球变化研究中的地位与作用[J].地域研究与开发,1999,1(4):13-16.

- [2] 江忠善,王志强,刘志.黄土丘陵区小流域土壤侵蚀空间变化定量研究[J].土壤侵蚀与水土保持学报,1996,1(2):1-9.
- [3] 龚丹.农牧交错带典型区农牧业土地利用变化的多主体模拟分析[D].北京:北京大学,2006:4-8.
- [4] 余新晓,秦富仓.流域侵蚀动力学[M].北京:科学出版社,2007:54-57.
- [5] 蔡庆,唐克丽.植被对土壤侵蚀影响的动态分析[M].水土保持通报,1992,6(2):47-51.
- [6] 史志华.基于GIS和RS的小流域景观格局变化及其土壤侵蚀响应[D].武汉:华中农业大学,2003:53.
- [7] 张殿发,李凤全.我国北方农牧交错带脆弱生态地质环境形成机制探讨[J].农村生态环境,2000,16(4):58-60.
- [8] 赵亚敏.基于流域生态过程的洛阳市城市滨河绿地景观格局优化研究[D].郑州:河南农业大学,2006:35-39.
- [9] 秦富仓.黄土地区流域森林植被格局对侵蚀产沙过程的调控研究[D].北京:北京林业大学,2006:51-80.
- [10] Ascough J C, Baffaut C, Nearing M, et al. Watershed Model Channel Hydrology and Erosion Processes [J]. Ecological Applications, 1995,17(3)45-61.

(上接第 81 页)

参考文献:

- [1] Wolfram S. Cellular Automata as Models of Complexity [J]. Nature, 1984, 311 (10): 419-424.
- [2] Al-kheder S, Wang J, Shan J. Fuzzy inference guided cellular automata urban-growth modelling using multi-temporal satellite images [J]. International Journal of Geographical Information Science, 2008, 22(11): 1271-1293.
- [3] Liu Xiaoping, Li Xia, Liu Lin, et al. A bottom-up approach to discover transition rules of cellular automata using ant intelligence [J]. International Journal of Geographical Information Science, 2008, 22(11): 1247-1269.
- [4] 何春阳,史培军,陈晋,等.基于系统动力学模型和元胞自动机模型的土地利用情景模型研究[J].中国科学(D辑):地球科学,2005,35(5):464-473.
- [5] 黎夏,杨青生,刘小平.基于CA的城市演变的知识挖掘及规划情景模拟[J].中国科学(D辑):地球科学,2007,37(9):1242-1251.
- [6] Wu F. Calibration of stochastic cellular automata: the application to rural-urban land conversions [J]. International Journal of Geographical Information Science, 2002, 16(8): 795-818.
- [7] 张杰,周寅康,李仁强,等.土地利用/覆盖变化空间直观模拟精度检验与不确定性分析:以北京都市区为例[J].中国科学(D辑):地球科学,2009,39(11):1560-1569.
- [8] Robert Gilmore Pontius, Neeti Neeti. Uncertainty in the difference between maps of future land change scenarios [J]. Sustainable Science, 2010, 5: 39-50.
- [9] Lien Poelmans, Anton Van Rompaey. Complexity and performance of urban expansion models [J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2010, 34(1): 17-27.
- [10] Moreno Niandry, Wang Fang, Danielle J. Implementation of a dynamic neighborhood in a land-use vector-based cellular automata model [J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2009, 33: 44-54.
- [11] Yeh Anthony Gar-On, Li Xia. Errors and uncertainties in urban cellular automata [J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2006, 30: 10-28.
- [12] Liu Yan. The impact of neighbourhood size on the accuracy of cellular automata-based urban modelling [J]. Applied GIS, 2007, 3(5): 1-14.
- [13] 徐昔保.基于GIS与元胞自动机的城市土地利用动态演化模拟与优化研究:以兰州市为例[D].兰州:兰州大学,2007.