

SWAT 模型在小流域水土保持减流减沙效益评价中的应用研究

解国荣

(葫芦岛市南票区水利局, 辽宁 葫芦岛 125000)

【摘要】 水土保持措施可有效地控制土壤侵蚀,定量评价水土保持措施的减流减沙效果,对合理优化和综合管理具有参考价值。本文以葫芦岛市郝台子小流域为研究对象,应用 SWAT 模型对不同措施下的减流减沙效果进行了分析研究。结果表明:水平梯田、保土耕作、封禁以及设立果园 4 种措施对于该流域的减流效果相差不明显,水平梯田减沙效果最为明显。可为类似的水土保持工作提供参考。

【关键词】 SWAT 模型;葫芦岛市;小流域;水土保持;减流减沙

中图分类号: S157

文献标志码: A

文章编号: 2096-0131(2018)08-019-03

Study on application of SWAT model in flow and sediment reduction benefit evaluation of soil and water conservation in small watershed

XIE Guorong

(Huludao Nanpiao Water Conservancy Bureau, Huludao 125000, China)

Abstract: Soil and water conservation measures can effectively control soil erosion, and quantitatively evaluate flow and sand reduction effect of water and soil conservation measures, and it has reference value for rational optimization and comprehensive management. Huludao Haotai zi small watershed is adopted as the research object, SWAT model is applied to analyze and study flow and sediment reduction effect under different soil and water conservation measures. The results show that four measures of horizontal terrace, soil conservation tillage, sealing and orchard have little difference on flow reduction effect in the river basin. The sand reduction effect of horizontal terraces on sediment reduction effect is the most prominent. The research results can provide reference for soil and water conservation in similar small watershed areas.

Key words: SWAT model; Huludao; small watershed; soil and water conservation; flow and sediment reduction

人类不断的开发利用自然资源加重了各地区的土壤侵蚀和流失问题,因此,必须对土壤侵蚀和流失地区采取相应的水土保持措施以防止问题的进一步恶化^[1]。在不断总结经验的前提下,形成了多种定量评价水土保持措施效益的方法。

SWAT 模型是一种开放式的典型分布式水文模型,具有开放性、清晰性、简便性、完整性、同时性等一

系列优点,可用于模拟地下水、地表水的水质和水量情况,也可用于不同土地管理措施、土地利用方式以及不同土壤类型对流域水文、泥沙以及农业化学物质状况的影响^[2]。目前,已有专家学者将其应用于灌区效益评价以及流域面源污染时空分布方面的分析研究,对于 SWAT 模型在水文方面的应用推广起到了一定的借鉴作用^[3-4]。

郝台子小流域是葫芦岛市建昌县境内的一个小流域,为了防止和减轻流域地区的水土侵蚀和流失问题,多年来当地政府采取了多种水土保持措施以期能达到减流减沙、蓄水保土的效果。为避免传统量化法对于评价水土保持措施效益的不足,本文拟采用 SWAT 模型对郝台子小流域地区不同水土保持措施的减流减沙效益进行分析研究,以期能够为类似小流域地区水土保持工作提供经验借鉴。

1 研究区概况

郝台子小流域位于葫芦岛市建昌县西南部喇嘛洞镇境内,流域面积约 41km²,境内年平均降水量 518mm,且多集中于 7—9 月,年径流深为 160mm,年平均温度约为 8.9℃;郝台子共有 3 个自然村,共 1205 户、6832 人,人均耕地面积为 0.24hm²,人均收入仅为 2289 元。目前,该流域水土流失面积已占总流域面积的 50% 以上,坡耕地面积、无工程果林、疏幼林、灌木林地以及荒山荒地等面积分别为 584hm²、157hm²、493hm²、425hm² 和 422hm²。

2 SWAT 模型构建和运行

2.1 数据库的建立

由于 SWAT 模型是基于北美地区的气候、土壤、植被数据为基础的水文模型,在其他地区使用前需要将该地区数据转化为模型需要的数据。④需要对郝台子小流域进行分辨率为 10 × 10m 的 DEM 数据进行提取;⑤对该流域的土地利用数据进行统计分析,并建立相对应的代码关系,见表 1;⑥根据当地的土壤类型和水

表 1 土地利用分类及对应代码

编码	土地利用类型	所占比例/%	SWAT 代码
1	耕 地	20.87	RICE
2	园 地	14.58	ORCD
3	有林地	42.77	FRSD
4	疏林地	17.3	RNGB
5	农村居民点	1.93	URLD
6	独立工业用地	1.64	UIDU
7	水 域	0.90	WATR

文情况建立对应的土壤水文组 and 对应代码,见表 2;⑦统计分析当地的气象数据资料。

表 2 郝台子小流域土壤水文组分类

编码	代 码	土壤类型	水文组
1	WNT	乌泥田	C
2	H NST	黑土沙田	B
3	SXYHR	酸性岩红壤	D
4	SXYQSHR	酸性岩侵蚀红壤	C
5	SXYCGXHR	酸性岩粗骨性红壤	B

2.2 模型运行

SWAT 模型运行流程为:④运行 SWAT 模型之前,需要对郝台子小流域进行流域划分,得到该流域的水系分布情况;⑤在水系划分基础上,进一步生成水文的响应单元;⑥在水文响应单元依次生成后,将气象、土壤等数据输入模型;⑦通过分析水文气象数据,初步选择最为适合的模型模拟方法。SWAT 模型运行流程见图 1。

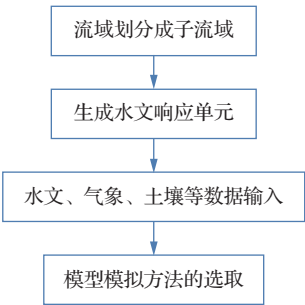


图 1 SWAT 模型运行流程示意图

3 不同水土保持措施减沙减流效益评价

SWAT 模型自带高等耕作、带状耕作、水平梯田、保护性耕作、保护性作物轮作、河岸滤草带等水土保持措施,能够模拟这些措施下的减流减沙效果。利用模型进行水土保持效益评价还需要定义一个基准模拟期作为参考值,用来与设计情况(措施)的结果进行对比,因此,在采用具体措施时,需要对参数进行适当调整,本文拟采用水平梯田、保土耕作、封禁、果园 4 种水土保持措施进行模拟分析,其对应的参数调整见表 3。

评价水土保持措施的减流减沙效益,仍采用绝对

值来评定,即

$$AR = prep_i - postP_i \quad (1)$$

$$RR = \frac{prep_i - postP_i}{prep_i} \cdot 100\% \quad (2)$$

式中 AR ——采取措施前后差值;

RR ——占比;

$prep_i$ ——某一水土保持措施前的径流量或者泥沙量;

$postP_i$ ——采取某水土保持措施后的径流量或者泥沙量。

表 3 不同水土保持措施前后模型参数调整值

措 施	校准参数	实施措施前	实施措施后(校准)
水平梯田	CN	5	校 准
	OV-N	默认值	0.4
	USLE-P	1	0.1416
保土耕作	CN	3	校 准
	OV-N	默认值	0.3
	USLE-P	1	0.7281
封 禁	CN	3	校 准
	OV-N	默认值	0.3
	USLE-P	1	0.8688
果 园	CN	2	校 准
	OV-N	默认值	0.2
	USLE-P	1	0.3962

SWAT 模型的出口断面泥沙量主要包括坡面产沙和河道汇集沙量两种,泥沙量的减少自然也应该包括坡面汇集量的减少和河道的沉积量,水文响应单元尺度是一种只跟水土保持措施相关的评价尺度,避开了复杂的计算情况,因而本文选择以水文响应尺度为基础进行定量评价。

输入近年来当地的气象、水文、土壤等数据,选择 SCS 曲线法进行地表径流量的模拟分析,采用偏正态分布法对降雨量进行模拟分析,选择 Penman-Monteith 法对潜在蒸发进行模拟,选择变动存储系数模型对河道演算进行模拟分析,定量得到了 4 种水土保持措施下的减流减沙效果评价结果见图 2。采取各种水土保持措施后,该流域土壤侵蚀量年减少约 3941t,比采取措施前减少了近 40%,其中,水平梯田、保土耕作、封禁以及果园分别减少土壤侵蚀量为 415.25t、884.95t、

1092.38t 以及 1549.22t,减沙效益值分别为 89%、36%、25% 以及 61%,可见水平梯田及果园措施对于减沙效果较为理想;而水平梯田、保土耕作、封禁以及果园的减流效益值分别为 42%、38%、37% 以及 35%,水平梯田对于减流效果较佳,其他三种措施相差不大,在 35%~38%。从整体上看,水平梯田的减流减沙效果较为理想,是最佳的水土保持措施,但封禁措施相对其他措施而言,投入较低,最为经济,且该流域林地面积大,因此封禁措施相对来讲也是较为可行的水土保持措施之一。

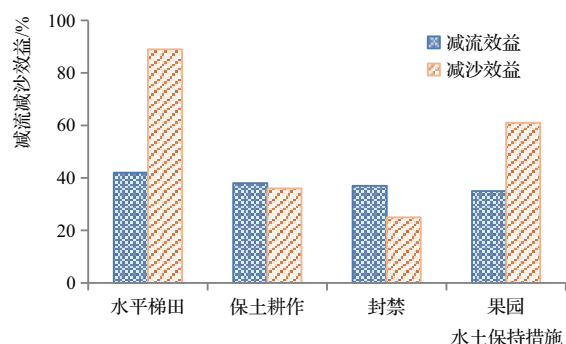


图 2 不同水土保持措施下的减流减沙效益评价结果

4 结 论

本文以葫芦岛市郝台子小流域为例,采用 SWAT 模型对水平梯田、保土耕作、封禁以及果园 4 种常见水土保持措施下的减流减沙效益进行了分析研究,发现水平梯田具有良好的减流减沙效果,在考虑经济投入的情况下,也可适当考虑封禁措施。研究方法及结果对于类似小流域地区的水土保持工作具有一定的借鉴作用。

参考文献

- [1] 刘振宇. 基于水土保持措施因子及其分布特征探析[J]. 水资源开发与管理, 2017(2): 37-40, 44.
- [2] 田彦杰, 汪志荣, 张晓晓. SWAT 模型发展与应用研究进展[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(6): 3480-3483, 3486.
- [3] 王美多. 基于 SWAT 模拟的法库县灌区试验研究及其应用[J]. 水利技术监督, 2017, 25(3): 65-68.
- [4] 崔杰石. 基于 SWAT 模型的汤河流域面源污染时空分布研究[J]. 水利规划与设计, 2016(2): 4-6, 29.