

退化山地生态系统植被恢复水文效应的 SWAT 模拟

王林, 陈兴伟*

(福建师范大学地理科学学院, 福建 福州 350007)

摘要: 植被恢复是改善退化生态环境的重要途径。位于闽东南沿海的晋江西溪流域是我国南方典型的水土流失区。应用基于 SWAT 的晋江西溪流域产流产沙分布式模型, 结合流域内退化生态系统重建要求设定不同植被恢复情景, 模拟分析植被恢复下的水文效应。模拟结果表明: SWAT 模型能较好的用于流域退化生态系统重建的水文模拟; 研究区内, 还林比还草更有利于流域的水土保持和生态重建, 植被恢复对流域产沙量的影响大于产流量。

关键词: 植被恢复; 产流产沙; SWAT; 西溪流域

中图分类号: X171.4

文献标识码: A

退化生态系统的植被恢复是现代生态学关注的热点之一。限于所处区域和研究目的等的差异, 很多学者从不同方面对植被恢复及其对环境的影响进行了研究。文献[1]对目前有关植被恢复对水文过程和土壤侵蚀影响进行了相关的总结。但从已有研究看, 多是从机理出发进行定性分析, 在植被恢复的水文效应量化研究方面不足; 研究空间尺度较多地集中于径流小区、自然坡面和小流域等, 缺乏空间连续数据(如数字高程图等)支持下的流域尺度植被恢复环境影响研究。21世纪以来, 基于数字高程模型(DEM)的分布式水文模型成为水文学界研究的焦点。国内外许多学者通过构建流域生态水文模型^[2-7], 模拟不同植被覆盖下的生态水文过程, 为退化的生态环境恢复重建提供科学依据。SWAT(Soil and Water Assessment Tool)就是其中一个代表性的模型, 它能够用于流域尺度模拟预测变化环境下的水文、泥沙和农业化学物质的影响研究^[8]。我国于2003年引进了该模型^[9]。但目前研究仍处于初期阶段, 研究内容多涉及流域植被覆被现状下的产流产沙模拟, 而进行植被覆被变化下的水文响应研究

较为鲜见。郝芳华等^[10]应用 SWAT 模型以黄河下游支流为研究区, 分别研究了退草还耕、退草还林和退耕还草 3 种情景对流域产流产沙的影响, 结果表明森林相对于草地和农用地都具有增水减沙的效应。陈军锋等^[11]用 SWAT 模型分别模拟 4 种情景下的径流深与蒸发量, 定量地评估了梭磨河流域的植被覆被变化对流域径流深和洪峰流量的影响。代俊峰等^[12]应用 SWAT 模型进行红壤丘集水区 4 种林草系统的水量平衡影响研究, 定量分析了林地比草地能更有效减少区域地表径流量。但从模型模拟看, 都是研究流域内植被水平空间分布变化的水文响应, 未考虑不同植被在坡度分布上的空间差异对于流域水文过程的影响, 也未见结合流域典型区的生态重建要求研究植被恢复的水文效应。另外, 针对林草系统对径流影响模拟结果尚存在着以上两种不同结论。

晋江流域是福建省水土流失最严重的流域之一, 年均侵蚀模数为 835 t/km^2 ^[13]。安溪县位于晋江西溪上游, 据 2000 年遥感调查, 全县水土流失面积 633.38 km^2 ^[14], 比 1985 年增加了 22.2%, 是晋

收稿日期(Received date): 2007-10-09; 改回日期(Accepted): 2008-01-02。

基金项目(Foundation item): 福建省重点学科(自然地理学)建设项目[Supported by the Nature Science Foundation of Fujian Province No. D0710007 and the Key Subject(Physical Geography) Construction of Fujian Province]

作者简介(Biography): 王林(1983-), 女, 福建福州人, 硕士研究生, 主要研究方向: 水资源与水环境[Wang Lin(1983-), female, born in Fuzhou, Fujian, graduate student major in water resource and water environment]

* 通讯作者(Correspondence author): 陈兴伟, 教授, 主要从事水资源与水环境研究[Chen Xingwei(1963-), male, Professor, specialized on water resource and water environment E-mail: cswchen215@163.com]

江流域水土流失的主要来源,迫切需要进行流域生态重建研究。因此本文选取东南沿海晋江西溪流域为研究区,基于 ArcView - SWAT, 结合流域生态重建要求,研究植被恢复对流域产流产沙的影响。

1 研究区概况

本文选择晋江流域安溪水文站 (23°03'N, 118°10'E)控制区域为研究区 (图 1), 河长 105 km, 集水面积 2 466 km²[15]。研究区位于安溪县西部山区, 海拔高差大, 受海洋性季风气候的影响, 多年平均降水量 1 715 mm, 且雨量集中, 7~ 9月的降水量占全年 37% ~ 39%, 属于晋江流域高径流区。由于该区域土壤主要为花岗岩母质发育形成的红壤和砖红壤性红壤, 且受人类活动影响频繁, 土壤侵蚀类型以水力侵蚀为主, 大多为面状侵蚀, 年均侵蚀模数达到 1 082 t/km²。

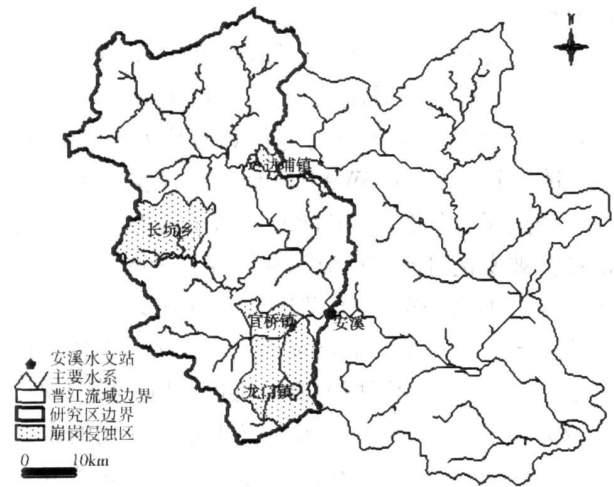


图 1 研究区概图

Fig 1 General situation of Xixi basin

研究区内耕地分布较广, 占总面积的 21.74%。根据国家林业局 (2001) 对耕地坡度等级划分标准, 15°~ 25°为坡耕地, ≥25°为陡坡耕地。区内坡耕地和陡坡耕地占总耕地面积的 24.7%。按照水利部颁布的《土壤侵蚀分类分级标准》(SL 190~ 96), 并结合晋江流域水土流失类型区划分的相关成果[13], 把研究区划分为轻度侵蚀区、中度侵蚀区和重度侵蚀区。其中轻度侵蚀面积和中度侵蚀面积广布, 分别占研究区总面积的 46.0% 和 45.4%。侵蚀区内的官桥、龙门、长坑、参内、上卿、达埔镇的水土流失

最为严重, 尤其是官桥镇和龙门镇由于大量开采花岗岩, 破坏植被, 是崩岗群发育区, 重力侵蚀严重。此外, 位于西溪中游的丘陵茶果园区域, 茶园、果园种植面积较大, 土地资源开发程度高, 加之地处典型的花岗岩地带, 在水力和重力作用下也较易发生崩岗。

2 西溪流域产流产沙模型

利用模型驱动所需数据包括气象数据、地形数据、土壤类型和土地利用/覆被数据 4 类, 通过模型校准率定出 6 个敏感参数, 分别是: 径流曲线数 (CN2)、土壤有效含水量 (SOL_AWC)、土壤蒸发补偿系数 (ESCO)、地下水延迟天数 (GW_DELAY)、基流 α 因子 (ALPHA_BF) 和植被最大储水量 (CANMX)[16]。选取相对误差 RE, 效率系数 E_{ns}, 决定系数 R² 三个指标用于模型适用性评价。

2.1 产流模拟结果^[16]

经统计, 1970~ 1979 年年径流模拟结果 RE 为 7.2%。校准期内月径流 R² 为 0.92, E_{ns} 为 0.91; 验证期内月径流 R² 为 0.90, E_{ns} 为 0.85, 表明模型在研究区对流域产流的适应性较好, 可用于西溪流域的径流量预测。

2.2 产沙模拟结果¹⁾

产流模拟是产沙模拟的基础。1972~ 1979 年产沙模拟结果表明, 除 1979 年外, 其余年份模拟结果的 RE 均小于 28%, 年均相对误差为 -1.1%; 月平均产沙量模拟结果的 E_{ns} 为 0.78, R² 为 0.79, 模拟精度较高, 说明该模型适用于西溪流域产沙量的预测。

因此, 可以应用构建的西溪流域产流产沙模型, 进一步研究流域退化生态系统重建, 如植被恢复等措施对流域产流产沙的影响。

3 植被覆被变化情景设定

由表 1 可以看出, 研究区内农用地和林草地面积分布较广, 占总面积的 98.04%。因此, 情景设定主要针对农用地和林草地, 进行流域内植被恢复和破坏的产流产沙模拟分析。

表 1 研究区 20 世纪 80 年代土地利用表

Table 1 Land-use in Xixi basin during the 1980s

土地利用类型	林地	草地	农用地	建设用地	水域	其他
面积比例 (%)	49.03	25.08	23.93	1.48	0.33	0.15

1) 王林, 陈兴伟. 基于 SWAT 模型的晋江西溪流域产沙模拟 [J]. 福建师范大学学报 (自然科学版), 待刊.

3.1 西溪流域植被恢复情景设定

根据研究区遥感解译数据^[17], 对研究区不同坡度的耕地分布情况进行分析, 流域内有耕地 53 610.8 hm², 其中 15°~ 25°的坡耕地面积为 10 505.2 hm², 占耕地面积的 19.6%; 大于 25°的陡坡耕地面积 2 712.6 hm², 占耕地面积的 5.1%。参照福建省水力侵蚀强度分级参考指标^[18], 开垦坡度 15°~ 25°的坡地, 极易造成中度侵蚀, 不利于农作物生长; 开垦坡度大于 25°的陡坡耕地, 会造成强度侵蚀, 而且陡坡耕地是水土流失的主要来源。陈法杨^[19]的红壤室内实验结果表明, 18°~ 25°的侵蚀量随坡度而急剧增加。国家进行的退耕还草还林工作中规定退耕坡度为 25°。因此结合研究区的实际情况, 设立 4 种植被恢复情景, 模拟坡耕地还草还林对流域产流产沙的影响, 其他植被覆被和用地类型面积均保持不变。具体情况见表 2。

表 2 西溪流域退耕还草还林情景设定

Table 2 Revegetation scenarios in Xixi basin

类型	情景 1	情景 2	情景 3	情景 4
15°~ 25°的坡耕地	还草	还林	——	——
> 25°的陡坡耕地	——	——	还草	还林

3.2 崩岗侵蚀区植被恢复和破坏情景设定

安溪是福建省崩岗集中县之一。崩岗区内经济林和工矿用地引起水土流失最为严重^[20], 其中经济林分布较广, 占 4 537.4 hm², 林草地占崩岗区面积的 65.1%。为了模拟崩岗区内植被覆被变化对流域水土流失的影响, 在已有的植被覆被基础上, 设定了以下 4 种情景。为了改善崩岗区内生态环境, 采取积极措施。设立情景 5 崩岗区内经济林转化为草地; 情景 6 崩岗区内经济林转化为林地。相反, 由于经济利益驱使, 破坏崩岗区内现有的植被, 继续开发果园、工业小区和采石等, 必将对流域的产流产沙造成影响。因此, 设立情景 7, 将崩岗区内占 65.1%的林草地开垦为果园; 情景 8 将崩岗区内占 65.1%的林草地开发为工矿用地 (表 3)。

表 3 崩岗区内植被恢复与破坏情景设定

Table 3 Revegetation and degradation scenarios in the area of collapsing erosion

类型	情景 5	情景 6	情景 7	情景 8
经济林	还草	还林	——	——
林草地	——	——	开垦果园	开发工矿用地

4 结果与分析

通过对比研究区安溪水文站出口断面实测的径流量和产沙量, 选用相对变化系数 (R) 和单位面积变化量 (C) 为评价指标来分析植被恢复和破坏的水文响应。具体模拟结果如表 4 和表 5 所示。

$$R = (V_p - V_o) / V_o * 100\%$$
$$C = (V_p - V_o) / S$$

式中 V_p 为模拟值; V_o 为实测值; S 为相应类型下的面积。

表 4 西溪流域植被恢复下的年产流产沙模拟

Table 4 Annual runoff and sediment yield after revegetation in Xixi basin

模拟项	比较值	情景 1	情景 2	情景 3	情景 4	V_o
产流量	$V_p / (\text{mm})$	1 102.61	1 101.59	1 104.53	1 104.02	1 108.49
	$R / (\%)$	- 0.53	- 0.62	- 0.36	- 0.40	0
产沙量	$V_p / (10^4 \text{ t/a})$	277.0	271.5	292.9	289.6	297.5
	$R / (\%)$	- 6.89	- 8.74	- 1.55	- 2.66	0
	$C / (10^4 \text{ t/a km}^2)$	- 0.20	- 0.25	- 0.17	- 0.29	0

表 5 崩岗侵蚀区植被恢复和破坏下的年产流产沙模拟

Table 5 Annual runoff and sediment yield after revegetation and degradation in the area of collapsing erosion

模拟项	比较值	情景 5	情景 6	情景 7	情景 8	V_o
产流量	$V_p / (\text{mm})$	1 102.23	1 100.56	1 110.54	1 119.11	1 105.29
	$R / (\%)$	- 0.28	- 0.43	0.48	1.25	0
产沙量	$V_p / (10^4 \text{ t/a})$	274.8	266.9	363.6	381.0	297.5
	$R / (\%)$	- 7.63	- 10.29	22.22	28.07	0
	$C / (10^4 \text{ t/a km}^2)$	- 0.50	- 0.67	0.23	0.29	0

表 4 和表 5 中, 从植被覆被情景 1~ 8 的模拟结果看, 无论是耕地或经济林还草还林, 还是崩岗区内植被破坏, 产流的相对变化系数均在 - 0.62% ~ 1.25% 之间, 对流域产流量影响较小。这主要是因为流域水文过程受地表径流的影响很大, 模型采用 SCS 方程的 CN 值变化控制地表径流。通过计算还草还林后的流域面积加权 CN 值, 其变化范围在 74.18~ 74.82, 因此对于流域产流模拟的结果影响较小。此外, 已有研究表明当林地面积缩减低于 20% 时, 其造成的径流变化很小^[21-23]。由于崩岗区内林地面积仅占研究区林地面积的 15.6%, 因此对于流域总出水口的径流模拟结果影响较小。

情景 1~6 中,与产流量相比,产沙量模拟结果的相对变化系数较大,单位面积土壤侵蚀量均不同程度有所减少。尤其在崩岗侵蚀区内还林,模拟结果表明减少了 10.29% 的土壤侵蚀,年均土壤侵蚀减少 $6\,700\text{ t/km}^2$,表明植被恢复能有效缓解崩岗区内的重力侵蚀作用,减少土壤侵蚀,有利于崩岗区内的生态环境恢复。将崩岗区内的经济林转化为林草地,结果表明林草地在减流减沙的作用都强于经济林。由于林木较经济林生长期长,冠层结构复杂,截留降雨多,能减轻雨滴的击溅破坏作用;草灌等低等植物能迅速形成郁闭,增加地表糙率,减缓径流速度,枯枝落叶层能提高土壤抗冲能力,因此减沙作用十分明显。

同时,通过对比还草和还林的产流产沙结果,林地在减流减沙方面所起的作用均大于草地。由于研究区地处亚热带,林冠的蒸腾作用使得林地消耗较多的土壤水分,林地发达的根系增强了土壤的透水性能,林地凋落物可以吸收超过自身重量几倍的水分,从而减少了地表径流的产生,减轻了泥沙的侵蚀度^[12]。因此就研究区而言,林地相对于草地和耕地更有利于保持水土,而采取不合理的农业生产,在坡地上广种薄收、撂荒轮垦使土壤性状恶化,失去蓄水保土作用,造成坡耕地水土流失非常严重。这不仅不利于研究区的农业发展,而且严重影响生态环境。因此,从改善流域生态环境角度,认为在其他条件相同的状态下,将西溪流域内 $15^\circ \sim 25^\circ$ 的坡耕地还林更有利于流域水土保持。

西溪流域水土流失研究表明,崩岗区内经济林和工矿用地造成土地资源破坏,土壤肥力降低,粮食减产,水旱自然灾害逐年加剧,促使山区崩塌、滑坡、泥石流的生产,生态环境严重恶化^[20]。情景 7 的模拟结果说明,若继续在崩岗区内开垦经济林,泥沙侵蚀量将增加 22.2%,不仅损失了水分,同时还会造成养分损失,不利于经济林生长。情景 8 的模拟结果表明,若进一步开发工矿用地,将加剧流域的土壤侵蚀,年侵蚀量将增加近 30%,年均土壤侵蚀增加 $2\,900\text{ t/km}^2$,不仅影响了崩岗区内的生态环境,而且会破坏下游的耕地,河道以及水利设施。情景 5~8 的模拟结果说明,崩岗区内需采取积极的还草还林措施,尤其是还林,可有效减少土壤侵蚀的发生,有益于改善崩岗区的生态环境。

5 结论与讨论

1. 基于 SWAT 模型,定量研究流域尺度下植被恢复的产流产沙变化,结果表明,SWAT 模型能较好的用于东南沿海湿润区流域退化生态系统植被恢复的模拟预测。

2. 植被恢复对流域产沙量的影响大于产流量。研究区内产流量产沙量均为林地 < 草地 < 农用地,即还林比还草更有利于研究区内的水土保持和生态重建。不同情景模拟结果表明,从流域生态恢复角度,将 $15^\circ \sim 25^\circ$ 的坡耕地(面积 $10\,505.2\text{ hm}^2$)还林,尤其在崩岗区内还林,能有效减轻水土流失状况,而盲目的开垦和开发,不仅不利于区域农业和矿业的发展,而且将加剧区域的生态环境恶化。

3. 由于缺乏研究区流域尺度下的还林还草产流产沙实测数据,使植被恢复的模拟结果验证存在一定困难。且不同研究范围内的气候和下垫面因素各异,因此统一林草对产流量差异的分歧有待于进一步探讨。

参考文献 (References)

- [1] Wen Zhong-ming, Jiao Feng Bo Yao-jun, et al. Advances in the researches of impact of revegetation on environment [J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2005 20(1): 10~15 [温仲明, 焦锋, 卜耀军, 等. 植被恢复重建对环境的影响研究进展 [J]. 西北林学院学报, 2005 20(1): 10~15]
- [2] Warrick R, Daves Evaluation of a distribution parameter ecohydrological model (TOPOG- RM) on a small cropping rotation catchment [J]. *Journal of Hydrology*, 1997, 191(1~4): 64~86
- [3] Eitsen A C D. Ecohydrological impact assessment modeling an example for terrestrial ecosystems in Noord-Holland the Netherlands [J]. *Environmental Modeling and Assessment* 1999, 16(4): 13~22
- [4] Krysanova V, Wechsung F, Becker A, et al. Mesoscale ecohydrological modeling to analyse regional effects of climate change [J]. *Environmental Modeling and Assessment* 1999, 15(4): 259~271
- [5] Van Ek R, Witte JPM, Runhaar H, et al. Ecological effects of water management in the Netherlands the model DEMNAT [J]. *Ecological Engineering*, 2000 16(1): 127~141
- [6] Jia Shao-feng Wang Guo X ia Jun, et al. Research Progress in Socio-economic Water Cycle [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2003, 58(2): 255~262 [贾绍凤, 王国, 夏军, 等. 社会经济系统水循环研究进展 [J]. 地理学报, 2003, 58(3): 255~262]
- [7] Wang Gen-xu, Liu Gui-ni, Chang Juan Review on some issues of ecohydrology research at the watershed scale [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2005 25(4): 892~903 [王根绪, 刘桂民, 常娟. 流域尺度生态水文研究评述 [J]. 生态学报, 2005 25(4): 892~903]
- [8] Neitsch S L, Arnold J G, Kiniry J R, et al. Soil and Water Assessment

- Tool Manual Version 2000 [EB/OL]. <http://www.brc.tamus.edu/swat/>. 2002
- [9] Wang Zhong-gen, Liu Chang-ming, Huang you-ba. The theory of SWAT model and its application in Hehe basin [J]. *Progress in Geography*, 2003, 22(1): 79~86 [王中根, 刘昌明, 黄友波. SWAT 模型的原理、结构及应用研究 [J]. *地理科学进展*, 2003, 22(1): 79~86]
- [10] Hao Fang-hua, Chen Li-qun, Liu Chang-ming *et al*. Impact of land use change on runoff and sediment yield [J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2004, 18(3): 5~8 [郝芳华, 陈利群, 刘昌明, 等. 土地利用变化对产流和产沙的影响分析 [J]. *水土保持学报*, 2004, 18(3): 5~8]
- [11] Chen Jun-feng, Li Xi-bin. Simulation of hydrological response to land-cover changes [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15(5): 833~836 [陈军锋, 李秀彬. 土地覆被变化的水文响应模拟研究 [J]. *应用生态学报*, 2004, 15(5): 833~836]
- [12] Dai Jun-feng, Chen Jia-zhou, Cui Yuan-lai *et al*. Impact of forest and grass ecosystems on the water budget of the catchments [J]. *Advances in Water Science*, 2006, 17(4): 435~443 [代俊峰, 陈家宙, 崔远来, 等. 不同林草系统对集水区水量平衡的影响研究 [J]. *水科学进展*, 2006, 17(4): 435~443]
- [13] Zheng Ben-nuan, Wang Shui-qian, Lin Gu-zhi *et al*. Discussion on the plotting of soil erosion types in Jinjiang watershed [J]. *Fujian Soil and Water Conservation*, 2002, 14(4): 32~36 [王新, 郑本暖, 林桂志, 等. 关于晋江流域水土流失类型划分的探讨 [J]. *福建水土保持*, 2002, 14(4): 32~36]
- [14] Lin Jing-lan, Chen Ming-hua, Yang Xue-zhen, *et al*. Spatio-temporal variation of soil erosion in south Fujian [J]. *Fujian Journal of Agriculture Science*, 2002, 17(2): 81~85 [林敬兰, 陈明华, 杨学震, 等. 闽南地区土壤侵蚀时空变化规律分析 [J]. *福建农业学报*, 2002, 17(2): 81~85]
- [15] Editorial Committee on Anxi Country Annals. *Anxi Country Annals* [M]. Beijing: Xinhua Press, 1994, 106~122 [安溪志编纂委员会. *安溪志* [M]. 北京: 新华出版社, 1994, 106~122]
- [16] Wang Lin, Zhang Ming-xu, Chen Xing-wei. Runoff Simulation in Xixi Basin of the Jinjiang Watershed Based on SWAT Model [J]. *Journal of Subtropical Resources and Environment*, 2006, 2(1): 28~33 [王林, 张明旭, 陈兴伟. 基于 SWAT 模型的晋江西溪流域径流模拟 [J]. *亚热带资源与环境学报*, 2007, 2(1): 28~33]
- [17] Chen Zhi-qiang. Study on regional multi-scale LUCC and spatial database [D]. Doctor Degree Paper of the Fujian Normal University, 2006 [陈志强. 区域多尺度 LUCC 及空间数据库研究 [D]. 福建: 福建师范大学图书馆, 2006.]
- [18] Hong Shuang-jing. A Discussion on the Soil Erosion Intensity Classification in Fujian Province [J]. *Fujian Soil and Water Conservation*, 1990, 4: 45~49 [洪双旌. 福建省水力侵蚀强度分级判定指标探讨 [J]. *福建水土保持*, 1990(4): 45~49]
- [19] Chen Fa-yang. Experiment on the effect of soil erosion on different slope [J]. *Soil and Water Conservation in China*, 1985(2): 18~19 [陈法扬. 不同坡度对土壤冲刷量影响的实验 [J]. *中国水土保持*, 1985(2): 18~19]
- [20] Lin He-zhen. Soil and water loss and control measures in Anxi Country [J]. *Subtropical Soil and Water Conservation*, 2006, 18(2): 67~68 [林和振. 晋江西溪上游安溪县水土流失现状与治理对策 [J]. *亚热带水土保持*, 2006, 18(2): 67~68]
- [21] Bosch JM, Hewlett JD. A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration [J]. *Journal of Hydrology*, 1982, 55: 3~23
- [22] Stehnick JD. Monitoring the effects of timber harvest on annual water yield [J]. *Journal of Hydrology*, 1996, 176: 79~95
- [23] Eckhardt K, Breuer L, Frede H G. Parameter uncertainty and the significance of simulated land use change effects [J]. *Journal of Hydrology*, 2003, 273: 164~176

Simulation of Hydrological Effects on Vegetation Restoration of Degraded Mountain Ecosystem with SWAT Model

WANG Lin, CHEN Xingwei

(College of Geographical Science, Fujian Normal University, Fujian 350007, China)

Abstract The environment impact of vegetation restoration of degraded ecosystem includes hydrological process, soil erosion and so on. Based on the validation results of the yield of runoff and sediment, different revegetation scenarios were simulated with SWAT model in order to evaluate the impact of vegetation changes on hydrological effects in Xixi basin, which is located at coastal area of Fujian Province, southeast of China. It shows that SWAT model could be successfully used to model the hydrological process of revegetation of degraded ecosystem. Compared with the grassland rehabilitation, the forest rehabilitation can reduce runoff and sediment yield effectively in Xixi basin. The results also demonstrate that revegetation has a great impact on the sediment yield.

Key words revegetation; runoff and sediment yield; SWAT; Xixi basin