

博士后论坛

文章编号: 0253-2468(2002)-04-0537-04

中图分类号: X832

文献标识码: A

AGNPS 在我国东南亚热带地区的检验

曹文志, 洪华生, 张玉珍, 原红, 岳世平 (厦门大学海洋环境科学教育部重点实验室, 厦门大学环境科学研究中心, 厦门 361005)

摘要: 利用地理信息系统(GIS), 基于数字高程模型(DEM), 提取 AGNPS(Agricultural Non-Point Source Model)模型所需的水文和地形参数, 并通过实地调查及专题制图等手段获取 AGNPS 模型所需的土地利用、土壤质地及施肥水平等其它参数, 最后利用监测降水, 实测水文参数、营养盐及沉积物负荷等验证 AGNPS 模型在我国东南亚热带地区的应用。

关键词: 非点源污染; 地理信息系统; AGNPS 模型

Testing AGNPS for water quality modeling in agricultural catchment in southeast of China

CAO Wenzhi, HONG Huasheng, ZHANG Yuzhen, DING Yuanhong, YUE Shiping (Key Laboratory for Marine Environmental Science of Ministry of Education, Environmental Science Research Centre, Xiamen University, Xiamen 361005)

Abstract: It is feasible to evaluate the Non-point Source pollution such as sediments, agricultural chemicals using water quality model in the basin scale. AGNPS (Agricultural Non Point Source), an event driven, distributed parameter model, which is developed and validated primarily in the United States, was employed in the landscape of Jiulong River watershed. The hydrologic and topographic parameters of AGNPS model were extracted based on DEM (Digital Elevation Model) built in GIS (Geographic Information System). The erosion and nutrients transport modules of AGNPS were tested and validated in Jiulong River watershed based on measurements and other data during the main crop growing season.

Keywords: non-point source pollution, geographic information system (GIS), AGNPS model

为满足日益增长的人口对农产品的需求, 人们大量开发坡地、过量施用化肥、农药等农业化学物质^[1], 在提高了农作物产量的同时, 也给环境带来了严重的、潜在的危害. 我国二十年来的研究表明, 63.6%的河流、湖泊富营养化^[2-4]. 在太湖、巢湖和滇池流域, 由于人口密集, 农业生产集约化程度高, 流域总氮、总磷比二十年前分别提高了 10 倍以上, 其中 50%以上的污染负荷是由农业贡献. 在我国东南亚热带地区, 农业集约化程度高, 化肥等农业化学物质的施用量较大, 其中氮的输入量远大于其农作物的产出量^[5], 但目前仍没有一个合适的模型量化研究流域的土壤侵蚀以及氮、磷等的流失量, 以便为调控农业非点源污染提供科学依据.

本文以福建的九龙江流域为研究对象, 通过模型估算作物主要生长季节地表水中沉积物、氮和磷的负荷和迁移, 验证 AGNPS(Agricultural Non-Point Source Model)模型在我国东南亚热带地区的应用, 并将模型与地理信息系统(GIS)相结合, 提高模型的有效性和实用性.

收稿日期: 2002-01-14

基金项目: 教育部博士点基金(1999038411); 福建省自然科学基金(D0110003)

作者简介: 曹文志(1968—), 男, 副教授(博士) Email: wzcao@yahoo.com

1 材料和方法

1.1 AGNPS 模型简介

AGNPS 模型是面向事件的分布式参数模型,由水文、侵蚀、沉积和化学物质迁移三大模块组成.水文模块主要计算地表径流量和峰值流量,依据曲线数目法(SCS-CN)估算,CN 依据土壤的水分条件、水文、土壤种类和土地利用状况等已制成表格^[6],确定时通过流域的具体情况选用合适的 CN (0—100).AGNPS 模型假定河道断面为三角形,使用 CREAMS (Chemical, Runoff and Erosion from Agricultural Management System)的模式^[7]来估算峰值流量.土壤侵蚀模块使用修正的通用土壤流失方程(MULSE)来计算流域土壤侵蚀量.沉积物的模拟分为 5 个颗粒等级分别计算,总量计算采用修正的 Bagnold 河川动力方程^[8],氮、磷流失模拟同样采用 CREAMS 的模式.

AGNPS 模型将流域离散化为在土地利用、水文、土壤等相对一致的网格来解决空间的异质性,流域产生的污染物质以递推的方式流经每一个网格,最后流出流域出口.模拟过程是以网格为单元进行,因此,模型要求输入每个网格的所有参数.

1.2 研究区概况

研究试验区位于五川流域,为福建省南部九龙江上游的一个小流域.地貌相对封闭,流域的输出和输入相对简单,容易控制.该流域属南亚热带海洋性季风气候,面积 1.6 km²,年平均降雨量为 1450 mm,海拔 19—130 m,土壤发育在洪积物和坡积物上,主要为沙质土、壤质沙土或沙质壤土,pH 值在 4.0—4.8 之间,平均为 4.3.土地利用主要以果园、林地为主,其次是水稻和蔬菜.土地利用组成分别为柑橘 62.5%、水稻 2.5%、香蕉 9.2%、蔬菜 1.1%以及林地 24.8%.

现场问卷调查收集五川流域的农田氮肥和磷肥折纯量的施用幅度分别为 150 kg/hm² 到 300 kg/hm² 和 100 kg/hm² 到 200 kg/hm².大部分的化肥施用在经济作物上,如香蕉、柑橘等.施用化肥的主要品种为碳酸氢氨、尿素、过磷酸钙和钙镁磷等.

表 1 AGNPS 模型变量和参数取值来源

Table 1 Sources of variables and parameters for AGNPS model

输入变量和参数	采用方法	数据收集和来源
流向的网格号	—	数字高程模型(DEM)
平均坡度(%)	—	数字高程模型(DEM)
曼宁糙率	Young <i>et al.</i> (1987) ^[9]	土地利用现状、数字高程模型(DEM)
地表状况常数	Young <i>et al.</i> (1987) ^[9]	土地利用现状和现场调查
土壤可蚀系数 <i>K</i>	阮伏水等(1996) ^[10]	土壤质地、原生矿物、有机质含量
平均坡长(m)	Young <i>et al.</i> (1987) ^[9]	数字高程模型(DEM)
水土保持因子 <i>P</i>	游松财等(1999) ^[11]	—
土壤质地	福建土壤 ^[12]	福建土壤调查办公室(1991)
网格水流方向	—	数字高程模型(DEM)
渠道类型	—	渠道调查、地形图
平均渠道坡度(%)	—	数字高程模型
平均渠道边坡(%)	—	现场调查
化肥施用水平	问卷调查	调查
化肥利用率(%)	Young <i>et al.</i> 1989 ^[13]	耕作方式
降雨量及持续时间	南靖县气象局	—

本文利用 2000 年 12 月 12 日(A),2001 年 5 月 18 日(B)两次(分别记为 A 和 B 降雨)全过程实测降雨的数据来验证 AGNPS 模型在该流域的模拟,其中地表径流为流域出口总流量减去枯水期所测基流流量所得,氮、磷等的测定采用原子吸收光谱法,在 24 h 内测定完毕,悬浮沉积物量测定采用过滤烘干称重法等.其中可溶无机氮(DIN)为硝酸盐、氨氮和亚硝氮之和.

1.3 变量和参数输入

地理信息系统(GIS)具有强大的空间数据分析、储存并直观

可视等管理能力, 可将 GIS 结合进入模拟过程, GIS 比较适宜于分布式的、复杂参数的过程研究^[14]. 本研究将五川流域划分为 53 个网格, 每个网格面积 4.05 hm². 基于数字高程模型 DEM, 在 GIS 环境中, 提取地面坡度等参数^[15]. 网格所需变量和参数来源如表 1 所示.

2 结果和讨论

2.1 水文和沉积物

A 和 B 次的降雨量基本接近, 分别为 40.3 mm 和 43.2 mm, 但是降雨持续时间却分别为 40 h 和 6 h, 平均降雨强度分别为 1.0 mm/h 和 7.2 mm/h, 后者是前者的 7 倍. 如表 2 所示, B 次降雨的模拟精度较高, 峰值流量、径流量和总沉积物 3 项指标的模拟结果与实测数据吻合较好. 峰值流量模拟和实测分别为 1.44 和 1.42 m³/s, 径流量模拟和实测的结果分别为 12190 和 12742 m³, 而总沉积物模拟和实测分别为 77.4 和 73.3 t. 峰值流量和总沉积物模拟结果分别略高于实测数据的 1% 和 6%, 径流量则比实测数据略低 4%. A 次降雨模拟的峰值流量、径流量以及总沉积物与实测的结果相差较大, 分别高于实测数据的 75%、9.7% 和 30%.

表 2 实测数据和模拟结果的对照表

Table 2 Comparison between measured data and simulated results

降雨	对比	峰值流量, m ³ /s	径流量, m ³	总沉积物, t	可溶性氮, kg	可溶性磷, kg
A	模拟	1.05	8126	63.2	43.00	7.17
	实测	0.26	8917	44.2	42.70	2.53
B	模拟	1.44	12190	77.4	50.16	8.96
	实测	1.42	12742	73.3	44.88	1.79

两次降雨强度的不同, 直接导致了模型模拟精度的差异, AGNPS 使用 SCS-CN 法确定降水转化为地表径流的比例, 研究证明, CN 法在小强度降雨条件下估算径流量等水文参数精度不高, 在我国的研究也证明了这一点^[16]. 另外, 由 Naden^[17] 发现, Rode^[18] 证实在降雨强度较小时, Bagnold 方程会过高估算沉积物的迁移量. 实际上每年总沉积物的数量主要是由一、二次特大洪水贡献而来^[19].

2.2 氮、磷营养盐

两次降雨事件流域出口断面的氮磷营养盐浓度随时间变化过程如图 1 所示, 可溶性无机氮(DIN)和可溶磷(DIP)随时间的变化趋势类似, 由于亚表层壤中流中含有较高的氮、磷及其在土壤中缓慢的流动效应, 不论在涨水还是退水阶段, 使 DIN 和 DIP 的变化与流量的变化并不同步. DIN 和 DIP 并不随流量的降低而同步降低, 表现出明显的滞后效应.

A 降雨事件实测的可溶性氮总量为 42.7 kg, 与模拟结果 43 kg 吻合较好, B 次降雨事件实测的可溶性氮总量为 44.88 kg, 略低于模

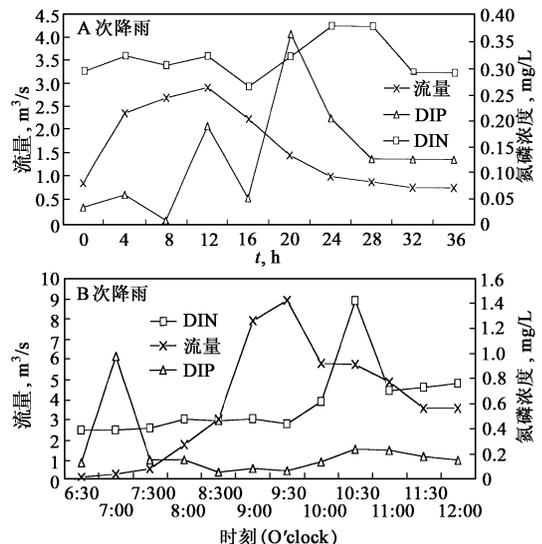


图 1 降雨实测 DIN、DIP 和径流量随时间变化

Fig. 1 Measured DIN, DIP and Flow v. s. time for rainfall event

拟值 50.16 kg, 两次降雨事件实测的 DIP 总量分别为 2.53 kg 和 1.79 kg, 而模拟值却分别为 7.17 kg 和 8.96 kg, 差异较大. 说明模型对该地区磷的模拟精度不高, 该区土壤 pH 值较低, 酸性强, 可溶性磷的含量以及无机磷化肥的利用率不高都是重要的原因.

营养盐的模拟结果表明, 模型对 DIN 的模拟精度强于对 DIP 的模拟精度, 反应了磷在土壤和水体中迁移和转化的复杂性. 同时, 农业流域 DIP 的流失量较少(流失主要以颗粒磷 PP 为主), 也是我国近海水域生物磷是生长限制性因子的原因之一.

3 结论

AGNPS 的模拟结果的精度可以接受, 验证了 AGNPS 模型在该流域的适用性, 表明了 AGNPS 模型在我国东南亚热带地区的农业非点源污染物负荷估算及评价的应用潜力. 此外, 将 GIS 与农业非点源污染模型有机结合能够有效提高模型输入参数的可得性, 提高模拟的精度, 也是本研究的重要收获. 未来研究应通过运用遥感技术和进一步的实地调查, 对大尺度流域农业非点源污染物做进一步的评估, 修正 CN 方法等等, 以便使模型能更好的反映流域的特征, 提高模拟的精度.

参考文献:

- [1] Li Y, Zhang J B. Agricultural diffuse pollution from fertilizers and pesticides in China [J]. *Water Science and Techniques*, 1999, 39(3): 25—32
- [2] 屠清瑛, 顾丁锡, 尹澄清, 等. 巢湖富营养化研究[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 1990
- [3] 鲍全盛, 王华东. 我国水环境非点源污染研究与展望[J]. *地理科学*, 1996, 16(1): 66—71
- [4] 马立珊. 苏南太湖流域的农业面源氮污染及其调控[J]. *应用生态学报*, 1992, 3(4): 346—354
- [5] 曹文志, 朱鹤健. 福建农业生态系统的特性与调控[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000
- [6] Chow V T, Maidment D R, Mays L W. *Applied hydrology*[M]. McGraw-Hill: Singapore, 1988
- [7] Knisel W G. CREAMS: A Field-scale model for chemicals runoff and erosion from agricultural management systems[R]. USDA Conservation Report 26. Washington D C, 1980
- [8] Bagnold R A. An approach to the sediment transports problem from general physics [Z]. U S Geol Survey Paper 422—1, Washington, D C, 1996
- [9] Young R A, Onstad C A, Bosch D D, Anderson W P. AGNPS. Agricultural Non-Point Source Pollution Model—A Watershed Analysis Tool [R]. USDA Conservation Research Report, 1987, 35, 1—80
- [10] 阮伏水, 朱鹤健. 福建花岗岩地区的土壤侵蚀与调控[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997
- [11] 游松财, 等. GIS 支持下的土壤侵蚀研究[J]. *自然资源学报*, 1999, 14(1): 63—68
- [12] 福建农业普查办公室. 福建土壤[M]. 福州: 福建科学技术出版社, 1991
- [13] Young R A, Onstad C A, Bosch D D, *et al.* AGNPS: a non-point source pollution model for evaluating agricultural watersheds[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 1989, 44(2): 168—173
- [14] Cornors K, Gardner T W. Watershed configuration-geographic information system parameterization: SPUR model hydrologic simulation [J]. *Water Res Bull*, 1991, 27 (1): 7—18
- [15] 曹文志, 洪华生, 岳世平, 等. GIS 在农业非点源污染模型研究中的应用[J]. *厦门大学学报(自然科学版)*, 2004, 40 (3): 658—663
- [16] 张建云, 何 蕙. 应用地理信息进行无资料地区流域水文模拟研究[J]. *水科学进展*, 1998, 9(4): 345—350
- [17] Naden P.S. Models of sediment transport in natural stream [A]. In: Anderson M G (ed). *Modeling Geomorphologic Systems* (C). John Wiley & Sons Ltd, 1998. 217—258
- [18] Rode M, Frede H G. Testing AGNPS for soil erosion and water quality modeling in agricultural catchment in Hesse (Germany) [J]. *Phy Chem Earth (B)*, 1999, 24(4): 297—301
- [19] Novotny V, Chesters G. Delivery of sediment and pollutants from nonpoint sources: A water quality perspective [J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 1989, 44, 481—487