

子流域划分对农业面源污染模拟结果的影响

张召喜^{1,2}, 罗春燕^{1,2}, 张敬锁³, 雷秋良^{1,2*}, 刘宏斌^{1,2}

(1.农业部面源污染控制重点实验室, 北京 100081; 2.中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081; 3.北京市农业环境监测站, 北京 100029)

摘要:以云南省凤羽河流域为研究区域,选用 SWAT2009 模型来定量研究不同子流域划分水平对模型模拟结果的影响。研究表明:在不同的流域划分方案中,产流受到的影响较小,而对泥沙和营养物负荷的影响较大;就该流域而言,径流和泥沙负荷均存在较稳定的子流域划分水平,分别是 85 和 175。而营养物负荷受到的影响较为复杂,但总氮和总磷的负荷量在子流域个数达到 15 时也趋于稳定;在该流域内,泥沙负荷随子流域划分水平改变主要是由河网密度和河道坡度的变化引起的。

关键词:子流域划分;SWAT;径流;泥沙;营养物;参数集总

中图分类号:X522 文献标志码:A 文章编号:1672-2043(2012)10-1986-08

Influence of Subdivision of Watershed on Simulation Results of Agricultural Nonpoint-Source Pollution

ZHANG Zhao-xi^{1,2}, LUO Chun-yan^{1,2}, ZHANG Jing-suo³, LEI Qiu-liang^{1,2*}, LIU Hong-bin^{1,2}

(1.Key Laboratory of Nonpoint Source Pollution Control, Ministry of Agriculture, Beijing 100081, China; 2.Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081,China; 3.Beijing Agro-Environment Monitoring and Test Station, Beijing 100029,China)

Abstract: Mathematical modeling has been a major approach and method for the study of agricultural nonpoint-source pollution recently, which explores the spatial distribution of nonpoint-source pollutants and its converting, transforming mechanics. Fengyu river basin in Yunnan Province was selected as a study site, and model SWAT 2009 was applied to evaluate the impacts of different watershed subdivision levels on the results of model simulation. The results showed: (1) subdivision of watershed had a less influence on runoff yield versus sediment yield and nutrients; (2) in the study area, runoff yield and sediment load had comparatively steady levels of subdivision, the number of which were 85 and 175 respectively, however, impact factors on the load of nutrients were complex. The load of total N and total P started to level off when the number of subdivision reached 15; (3) the change of sediment load caused by watershed division was mainly attributed to the alteration of drainage density and channel slope.

Keywords: watershed subdivision; SWAT; runoff; sediment; nutrient; parameter aggregation

近年来随着对工业污水排放处理控制的逐渐加强,点源污染得到了有效控制,但江河湖泊等水体的污染问题并未得到有效的解决,因此农业面源污染对水体的影响及治理日益引起人们的重视。农业面源污染物质排放具有随机性、间歇性、滞后性和复杂性等特点,使得对农业面源污染的研究治理较为困难。目前,利用农业面源污染模型进行模拟日益成为农业面

源污染治理中重要的、有效的手段之一^[1-3]。

农业面源污染模型的研究最早起源于 20 世纪 60 年代,随着计算机技术的发展,相继出现了一些著名的机理模型,其中比较有代表性的一个就是美国的 SWAT(Soil and Water Assessment Tool)模型^[4-5]。SWAT 模型是由美国农业部(USDA)农业研究中心(ARS)历经近 30 a 开发的一个适用于较大尺度流域的具有很强物理机制的长时段分布式水文模型。SWAT 模型集成了遥感(RS)、地理信息系统(GIS)和数字高程模型(DEM)技术,能有效模拟和预测长期连续时间段内不同管理模式对大面积复杂流域的水、沉积物、营养物和农业化学物质输出的影响,是进行农业面源污染模

收稿日期:2012-02-22

基金项目:公益性行业(农业)科研专项经费资助(201003014)

作者简介:张召喜(1989—),女,河北邢台人,硕士研究生,主要从事农业面源污染的模型模拟研究。

E-mail: zhangzhaoxi2010@126.com

* 通信作者:雷秋良 E-mail: qllei@caas.ac.cn

拟的有效工具。

分布式水文模型应用反映流域特征空间变化的输入参数来预测流域响应。模型通常将流域划分为空间上分散的单元,在这些离散的单元中进行模拟运算。由于计算单元与输入数据的空间分辨率不同,且一般大于输入数据的空间分辨率,计算单元进行参数运算时会存在一定程度的集总。流域空间参数的集总程度很大程度上决定了模拟结果的准确度^[6]。SWAT 模型在划分子流域的基础上对输入数据进行参数集总。SWAT 在每一个子流域内根据特定土壤类型、土地利用方式和坡度的组合生成水文响应单元—HRU (Hydrological Response Unit) 来确定模型参数,而且子流域的划分决定着模型数据的集总方式^[7]。因此,模拟结果在一定程度上取决于子流域及 HRU 的划分^[8],确定子流域合理的划分水平可以减少由于不同子流域数量所引起的流域径流、泥沙负荷和营养物质负荷预测的不确定性。

国内外在子流域划分水平对 SWAT 模拟结果影响的研究上已有一些成果。Mamillapalli 等^[9]利用 Grass GIS-SWAT 的研究认为,随着子流域划分数目的增加或者水文响应单元(HRU)的增加,模拟结果呈改善的趋势,但存在一个上限,超过这一上限,模拟结果的响应逐渐稳定。FitzHugh 等^[6,10]和 Jha 等^[11]利用 SWAT 模型研究了不同子流域划分水平对模型模拟结果的影响,认为径流对子流域划分数目的敏感性比较小,而沉积物、硝酸盐和无机磷对子流域划分水平比较敏感。Bingner 等^[12]发现,SWAT 模型的产流预测对于不同数量的子流域划分是稳定的,但产沙量会随着子流域的数量发生较大变化,存在一定的阈值,当子流域面积小于这个阈值时对泥沙量的模拟影响较大,其原因是不同的子流域划分导致流域平均坡度以及被划分为农田的面积发生了较大变化。Arabi 等^[13]对印地安那州的 Maumee River 流域内的两个小流域的研究发现,最佳管理措施(Best Management Practices, BMPs)对沉积物和营养物的影响与子流域的划分水平非常相关。郝芳华等、张雪松等和冷佩等^[14-16]的研究表明,当子流域划分数目达到一定水平时,增加子流域划分对模型输出结果的影响较小。胡连伍等^[17]的研究表明,不同的子流域划分水平在阈值范围内对径流过程的影响较小,但是存在一个上限,当超过这个限度时,研究区内出现了过多的狭长子流域,出现模型对水文过程的不真实模拟,而非模拟结果趋于稳定。黄涛等^[18]利用临界支撑面积(Critical Support Area,

CSA)值与所提取数字水系总长度的关系,确定 CSA 的值,用以决定子流域的划分水平。综上所述,前人的研究均表明子流域划分对模型模拟结果有影响,但对于是否存在合理的子流域划分水平仍有争议,影响产生的原因也有待进一步深入的分析研究。

洱海是我国著名的高原淡水湖泊,位于云南省大理白族自治州境内,兼具生活、工业、发电、航运、旅游、养殖、调节气候等多种功能,在云南地区具有很高的生态、经济和文化价值。很多研究表明,洱海近年来富营养化进程加剧,其中农业面源污染是首要原因^[19-20]。本研究选取洱海流域上游的凤羽河流域进行农业面源污染模拟研究,来定量评价子流域划分对 SWAT 模型模拟结果的影响,探讨是否存在合理的子流域划分水平及其可能的产生原因。

1 资料与方法

1.1 研究区域概况

研究区域是云南省大理白族自治州的凤羽河流域(图 1)。凤羽河流域位于有“洱海之源”之称的大理州洱源县,流域面积 219 km²。研究区为山地丘陵区,最高海拔为 3621 m,最低海拔为 2072 m,平均海拔 2634 m。区域内小气候明显,年均降雨量 1070 mm,主要集中在 6—10 月,干湿季节分明;年均温最高 21.1 ℃,最低 10.1 ℃;年均辐射量为 16.19 MJ·m⁻²·d⁻¹。该流域主要土地利用方式为耕地、林地和草地,主要种植作物有水稻、玉米和蚕豆。该流域没有点源排放和城镇居民点,为典型的农业小流域,主要的土壤类型为麻黑汤土、麻灰汤土和棕红土。

1.2 研究方法

本文采用的 DEM 数据源自于国家基础地理信息中心的 1:5 万数据,坐标系为西安 80 地理坐标系。为了准确地提取流域面积、长度等参数,应用 ArcGIS 9.3 对该数据进行投影转换,转换为 3 度带高斯克列格投影;采用 1:50 万的土壤分布图、1:1 万的土地利用图以及 1951 年到 2009 年的气象数据(来自大理气象站),分别模拟 2001—2009 年共 9 a 中不同子流域划分水平下的年均径流深、泥沙负荷和营养物质负荷。

SWAT 是具有很强物理机制的适用于复杂大、中尺度的长时段流域环境的动态水文模拟模型。SWAT 模型采用 SCS 径流曲线法模拟产流, Muskingum 法模拟河道汇流,应用 MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation) 和 Bagnold 泥沙输移方程来模拟流域泥沙负荷^[21]。首先对输入的栅格 DEM 采用 D8 算法、

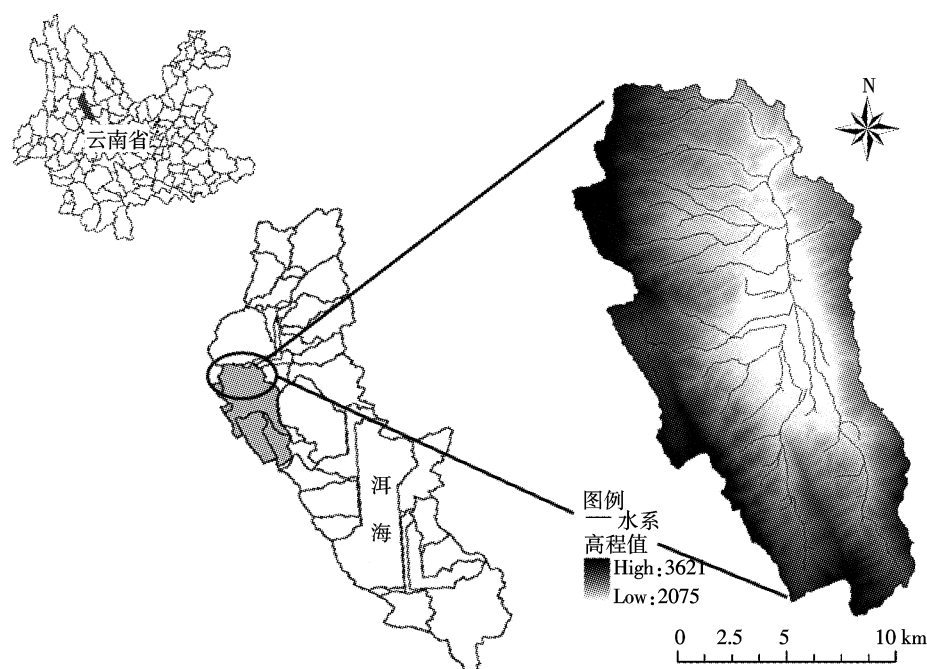


图 1 凤羽河流域位置图

Figure 1 Study site of Fengyu River basin

最陡坡度原则和最小汇水面积划分河网,定义流域范围,划分子流域和计算流域参数。对应不同的集水区面积阈值(形成河流的最小集水面积)可以划分出不同数量的子流域,然后输入土地利用图和土壤分布图,定义它们的阈值来划分水文响应单元 HRU,HRU 以非空间方式确定,即以在某一子流域中土壤和土地利用协同变化特征的概率分布来表达。HRU 是计算产流的最基本的单位。子流域划分中,划分过细会导致虚假子流域(很小或十分狭长流域)的产生增加^[7],且计算时间和后续分析工作量也会大大增加,因此子流域数量不宜过多。本文对凤羽河流域进行了 9 种子流域的划分(图 2),子流域数量分别是 9、15、21、57、85、111、175、296 和 370。由于研究区流域面积相对较小,设置土地利用类型面积和土壤分布面积阈值为 5%来确定子流域中 HUR 的数量。表 1 中列出了不同子流域划分及其特征参数。

Chaubey 等^[22]研究认为由空间降水变化的不确定性引起的模型输出的不确定性有放大作用。因此,本文采用同一雨量站的降雨数据和同一气象站的气象数据作为整个流域的降雨和气象输入数据,以避免由于不同子流域划分所引起的降雨空间分布的变化。同时为消除模型参数的最优化方法对实测资料的依赖性,部分参数采用了模型默认参数。

采用相对误差(RE)来表示不同流域划分所引起

的流域模拟结果的变化,其计算公式为:

$$RE = (V_i - V_{\min}) / V_{\min} \times 100\%$$

式中: V_i 代表由不同子流域划分所得到的模拟值, $V_{\min}$ 代表集水区阈值最小时得到的模拟值。

2 结果和讨论

2.1 不同子流域划分对径流量的影响

凤羽河流域年均径流深最粗略的子流域划分和最精细的划分之间的相对误差为 6.07%,可见对于研究流域子流域的划分水平对径流模拟的影响十分有限。这主要是因为本文所选用的产流方程为径流曲线数法,其中决定产流量的敏感性参数为径流曲线数 CN,而不同的划分方法对流域面积加权 CN 值的影响比较小。本研究区面积加权 CN 值的变化范围为 75.53 到 77.02,所以模拟获得的产流比较稳定。

图 3 显示,随着子流域数量增加,径流深出现先增加后逐渐稳定的趋势。当子流域数量从 9 增加到 21 时,年均径流深随着子流域数量的增加而增加,且变化较大,增加明显,这表明在该范围内的子流域划分,所得到的径流深是不稳定的,不能获得最佳的模拟结果。当子流域划分数量进一步增加时,年均径流深趋于稳定。鉴于子流域数目增加会导致相应的模型计算量增加,计算过程所耗费的时间也会相应增加。综合考虑模拟效果和计算量,认为本研究子流域数量

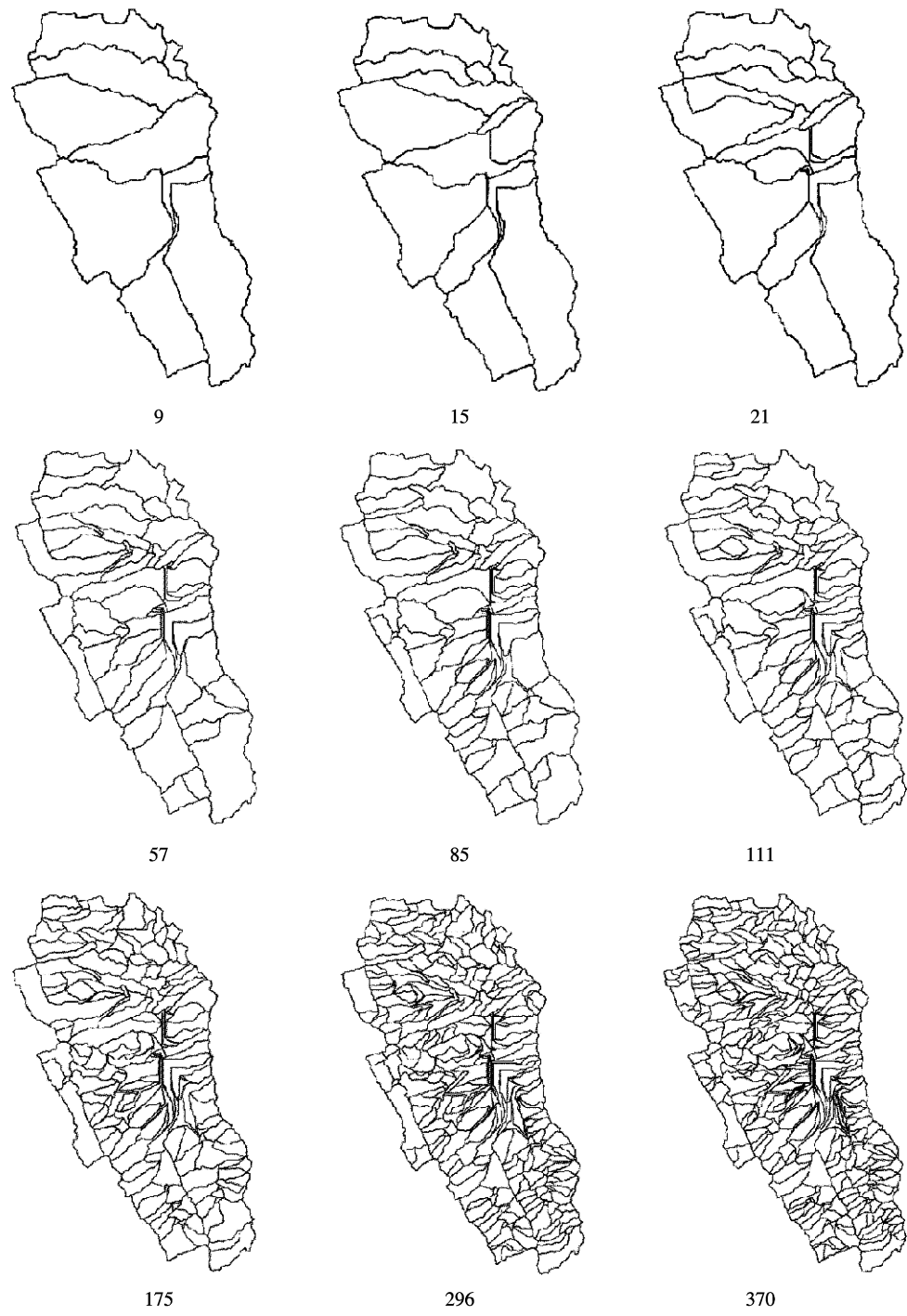


图 2 凤羽河流域 9 种不同子流域划分
Figure 2 The division of 9 sub-watersheds in Fengyu River basin

表 1 不同子流域划分及参数

Table 1 The division of various sub-watersheds and their parameters

子流域数目/ n	9	15	21	57	85	111	175	296	370
最小集水区阈值/ hm^2	1200	800	600	200	150	110	70	40	30
子流域平均面积/ hm^2	2433	1460	1043	384	258	197	125	74	59
HRU 个数/ n	235	399	494	1035	1287	1535	2128	2999	3444

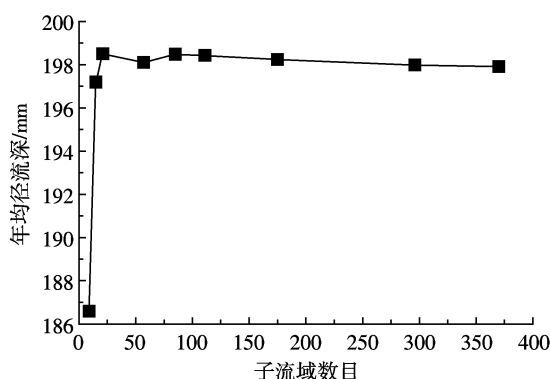


图3 不同子流域划分的年均径流深

Figure 3 Annual mean values of runoff depth with the different sub-basin partitioning

在 21~85 之间是比较合理的划分水平。

2.2 不同子流域划分对出口泥沙负荷的影响

流域出口泥沙的变化同时受陆面产沙量与河道输沙能力的影响,是一个非常复杂的过程。凤羽河流域泥沙负荷模拟值最粗略的子流域划分和最精细划分之间的相对误差达到了 47.83%,可见泥沙负荷对不同子流域划分的敏感性较径流预测强。由图 4 可以看出,随着子流域数目增加,泥沙负荷逐渐减少,在子流域个数达到 175 左右时趋于稳定。

用 SWAT 进行泥沙负荷预测时,模拟结果受 MUSLE 和泥沙演算过程的影响。前者用于估算子流域的泥沙负荷,后者的影响主要是基于流速对泥沙迁移产生影响。MUSLE 的泥沙输移受峰值径流率的影响,而后者是排水面积的函数。泥沙演算是河道长度和其他河道参数的函数,这些参数又受子流域面积大小的影响。这两个算法都是非线性的,均受到子流域大小跟河道长度的影响。因此,子流域划分对泥沙负荷的影响主要表现在:坡度和坡长对 MUSLE 的影响;泥沙演算中沉积和降解的影响。

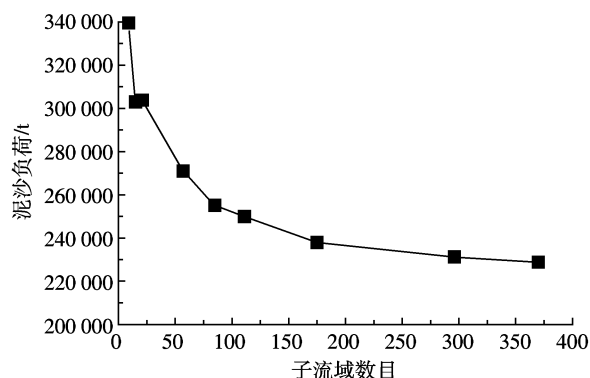


图4 不同子流域划分的泥沙负荷

Figure 4 Sediment load change with the different sub-basin partitioning

描述子流域的坡面坡长和坡度受子流域大小的影响。坡度和坡长参数(LS 因子)能显著影响泥沙产量的预测,是敏感因子。然而,凤羽河流域的研究表明,随着子流域划分的不同,面积加权的坡度和坡长变化很小,LS 因子和相应的泥沙负荷对这些微小的变化是不敏感的(图 5)。

泥沙演算中的泥沙沉积和降解过程会影响产沙预测的结果,是敏感因子。随着子流域面积增加,流域描述简化,河网密度减小。当河网密度减小时,之前定义的河段以及它们控制的流域面积由简化的河网来代替,这将影响泥沙演算并使预测的准确性降低。河网密度随子流域个数的增加而增加(图 6)。河道坡度也受子流域个数的影响(图 7)。其中,坡度变化是因为子流域个数改变时引起流域内高程的空间变化,河道长度和坡度变化进而影响泥沙的沉积(沉积速度为主)和降解。

2.3 不同子流域划分对营养物质负荷的影响

随着子流域划分数目的变化,有机氮、有机磷、硝氮、氨氮、总氮(有机氮、氨氮、硝氮和亚硝氮的总和)和总磷(矿质磷和有机磷的总和)负荷发生明显变化

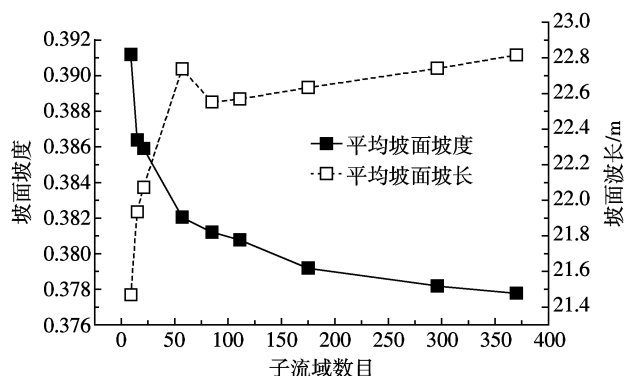


图5 子流域划分对坡面坡度和坡长的影响

Figure 5 Effect of subdivision on overland slope and slope length

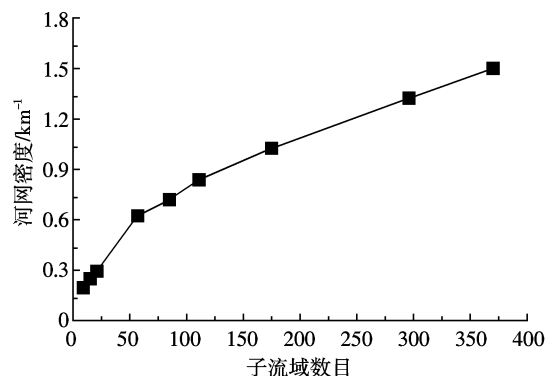


图6 子流域划分对河网密度的影响

Figure 6 Effect of subdivision on drainage density

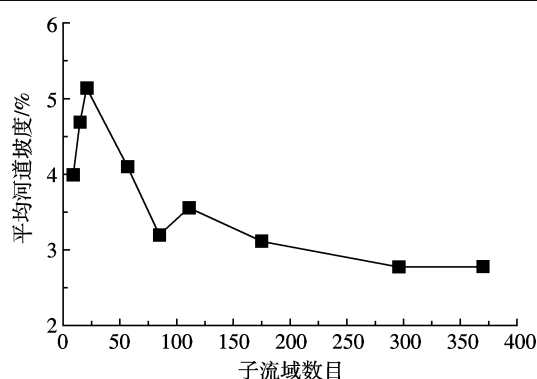


图 7 子流域划分对平均河道坡度的影响

Figure 7 Effect of subdivision on average channel slope

(图 8)。在本研究中,有机氮、有机磷、硝氮和氨氮在最粗略的子流域划分和最精细划分之间的相对误差分别为 390.83%、505.11%、42.32%和 214.14%,其相对误差明显大于径流和泥沙负荷的相对误差。由此可见,子流域划分对营养物负荷的影响较大,这和前人的研究结果一致。有机态养分的迁移主要是通过吸附在泥沙等固体上进行的,本研究中有有机氮、有机磷的变化趋势与产沙量的变化趋势相同,进一步证明了水体中有机态养分负荷主要是受泥沙负荷的影响。营养物负荷的变化比较复杂,其流失量不仅与径流有关,还和泥沙负荷有关。径流量和泥沙负荷都随子流域划

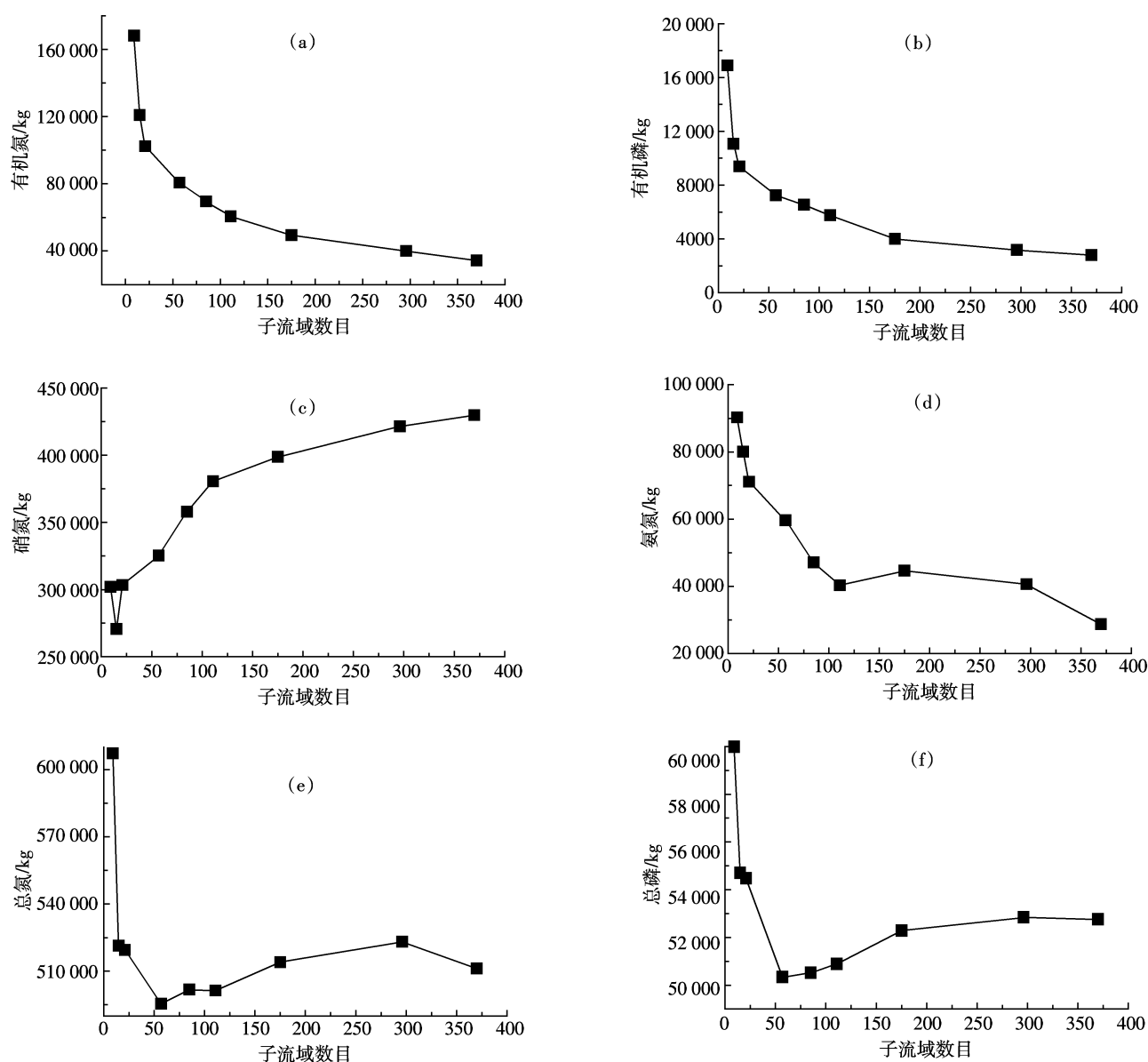


图 8 不同子流域划分的有机氮、有机磷、硝氮、氨氮、总氮和总磷负荷

Figure 8 The load of organic nitrogen, organic phosphorus, nitrate nitrogen, ammonia nitrogen, total nitrogen and total phosphorus with different sub-basin partitioning

分方案的不同产生一定变化,且具有不同的变化趋势和变化幅度(图3、图4),因此营养物负荷量的变化原因很难归结为某一简单的原因。总氮和总磷负荷随子流域个数变化产生的变化较小,除子流域个数为9时,其他划分水平之间的相对误差均小于5%。因此,单从养分负荷的总量来看,子流域个数在15以上都是比较稳定的。

3 结论

本文利用 SWAT 2009, 分析了云南凤羽河流域不同子流域划分对模拟结果的影响, 主要结论如下:

(1)在不同的流域划分方案中,产流受到的影响较小。随着子流域数量的增加,径流深出现先增加后逐渐稳定的趋势。综合考虑模拟精度和模拟效率,选择85为径流模拟的最合理子流域划分水平。

(2)泥沙负荷最大相对误差达47.51%,其对不同子流域划分的敏感性比径流预测强。子流域个数变化导致 MUSLE 和泥沙演算过程产生变化,而泥沙演算过程的中河网密度和河道坡度变化是产沙量变化的主要原因。本研究中,子流域个数到175左右时趋于稳定。

(3)营养物负荷的变化比较复杂,其流失量不仅与径流有关,还和泥沙负荷有关。有机养分负荷的变化主要是由泥沙负荷的变化引起的。单从养分负荷的总量来看,子流域个数在15以上都是比较稳定的。

参考文献:

- [1] Huisman J A, Breuer L, Frede H G. Sensitivity of simulated hydrological fluxes towards changes in soil properties in response to land use change [J]. *Physics and Chemistry of the Earth*, 2004, 29(11-12):749-758.
- [2] Kang M S, Park S W, Lee J, et al. Applying SWAT for TMDL programs to a small watershed containing rice paddy fields[J]. *Agricultural Water Management*, 2006, 79(1):72-92.
- [3] Bouraoui F, Benabdallah S, Jrad A, et al. Application of the SWAT model on the Medjerda river basin(Tunisia)[J]. *Physics and Chemistry of the Earth*, 2005, 30(8-10):497-507.
- [4] Arnold J G, Srinivasan R, Muttiah T S, et al. Large area hydrologic modeling and assessment Part I: Model development[J]. *Journal of the American Water Resources Association*, 1998, 43(1):73-89.
- [5] Neitsch S L, Arnold J G, Kiniry J R, et al. Soil and water assessment tool theoretical documentation, Version2005[M]. Temple, US: Agricultural Research Service and Texas A&M University, 2005.
- [6] FitzHugh T W, Mackay D S. Impacts of input parameter spatial aggregation on an agricultural nonpoint source pollution model[J]. *Journal of Hydrology*, 2000, 236(1-2):35-53.
- [7] Romanowicz A, Vanclouster M, Rounsevell M, et al. Sensitivity of the SWAT model to the soil and land use data parameterization: A case study in the Thyle catchment, Belgium[J]. *Ecological Modeling*, 2005, 187(1):27-39.
- [8] 张银辉. SWAT 模型及其应用研究进展[J]. *地理科学进展*, 2005, 24(5):121-130.
- [9] ZHANG Yin-hui. Development of study on model-SWAT and its application[J]. *Progress in Geography*, 2005, 24(5):121-130.
- [9] Mamillapalli S, Srinivasan R, Arnold J G, et al. Effect of spatial variability on basin scale modeling[C]//Third International NCGIA Conference/Workshop on Integrating GIS and Environmental Modeling. Santa Fe, New Mexico, 1996:21-25.
- [10] Fitzhugh T W, Mackay D S. Impact of sub-watershed partitioning on modeled source and transport-limited sediment yields in an agricultural nonpoint source pollution model[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2001, 56(2):137-143.
- [11] Jha M, Gassman P W, Secchi S, et al. Effect of watershed subdivision on swat flow, sediment, and nutrient predictions[J]. *Journal of the American Water Resources Association*, 2004, 40(3):811-825.
- [12] Bingner R L, Garbrecht J, Arnold J G, et al. Effect of watershed subdivision on simulation runoff and fine sediment yield[J]. *Transactions of the ASAE*, 1997, 40(5):1329-1335.
- [13] Arabi M, Govindaraju R S, Hantush M M, et al. Role of watershed subdivision on modeling the effectiveness of best management practices with SWAT[J]. *Journal of the American Water Resources Association*, 2006, 42(2):513-528.
- [14] 郝芳华, 张雪松, 程红光, 等. 分布式水文模型亚流域合理划分水平刍议[J]. *水土保持学报*, 2003, 12(4):75-77.
- HAO Fang-hua, ZHANG Xue-song, CHENG Hong-guang, et al. Discussion on reasonable subdivision level of watershed for distributed hydrologic model[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2003, 12(4):75-77.
- [15] 张雪松, 郝芳华, 程红光, 等. 亚流域划分对分布式水文模型模拟结果的影响[J]. *水利学报*, 2004, 7:119-120.
- ZHANG Xue-song, HAO Fang-hua, CHENG Hong-guang, et al. Influence of subdivision of watershed on distributed hydrological model[J]. *Journal of Hydraulic Engineering*, 2004, 7:119-120.
- [16] 冷佩, 宋小宁, 李新辉. 复杂山区小流域径流模拟影响因素分析[J]. *水文*, 2010, 30(6):5-9.
- LENG Pei, SONG Xiao-ning, LI Xin-hui. Analysis of influencing factors in runoff simulation for complicated mountain area[J]. *Journal of China Hydrology*, 2010, 30(6):5-9.
- [17] 胡连伍, 王学军, 罗定贵, 等. 不同子流域划分对流域径流、泥沙、营养物模拟的影响:丰乐河流域个例研究[J]. *水科学进展*, 2007, 18(2):235-240.
- HU Lian-Wu, WANG Xue-jun, LUO Ding-gui, et al. Effect of sub-watershed partitioning on flow, sediment and nutrient predictions: A case study in Fengle River watershed [J]. *Advances in Water Science*, 2007, 18(2):235-240.
- [18] 黄涛, 雷玉平, 郑力. 山前平原地下水侧向补给潜力空间变异模拟[J]. *水资源保护*, 2006, 22(4):16-19.
- HUANG Tao, LEI Yu-ping, ZHENG Li. Spatial variation simulation of

lateral recharge potential of groundwater in piedmont regions[J]. *Water Resources Protection*, 2006, 22(4):16-19.

[19] 杨晓雪. 洱海总磷、总氮污染现状分析[J]. 云南环境科学, 2006 (25):113-115.

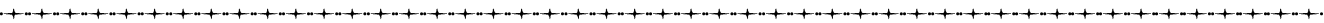
YANG Xiao-xue. Analysis on total phosphorus and total nitrogen pollution in Erhai Lake [J]. *Yunnan Environmental Science*, 2006 (25):113-115.

[20] 杨苏树, 倪喜云. 大理州洱海流域农业面源污染现状[J]. 农业环境与发展, 1999(2):43-44.

YANG Su-shu, NI Xi-yun. Agricultural non-point source pollution situation of Erhai basin in Dali[J]. *Agro-Environment and Development*, 1999(2):43-44.

[21] Arnold J G, Srinivasan R, Muttiah R S, et al. Large area hydrologic modeling and assessment. Part I: Model development[J]. *Journal of the American Water Resources Association*, 1998, 34(1):73-89.

[22] Chaubey I, Haan C T, Salisbury J M, et al. Quantifying model output uncertainty due to spatial variability of rainfall[J]. *Journal of the American Water Resources Association*, 1999, 35(5):1113-1123.



更正

本刊 2012 年第 8 期第 1576—1585 页王佳宁, 晏维金, 陈能汪, 等《我国河流 N₂O 饱和度与释放系数变化及其与河流氮水平的关系研究》一文, 其中第 1578 页表 1 作如下更正:

表 1 研究河流的物理化学基本特征
Table 1 Mean of physical and chemical characteristics of the study rivers

河流名称	流域面积/ km ²	河流级别	采样点	经纬度		河流均值			DIN/mg·L ⁻¹		河流类型 ⁽¹⁾
				E	N	长度/km	宽度/m	深度/m	NO ₃ -N	NH ₄ ⁺ -N	
长江	—	1	马鞍山站	118°28′	31°43′	5926	1780	15	1.74	0.05	径流主导型
	1 710 000	1	大通站	117°48′	30°56′	5776	1540	15	1.45	—	
	—	1	安庆站	117°02′	30°31′	5650	1310	14	0.86	0.30	
	1 333 200	1	汉口站	114°4′	30°38′	5264	980	24	1.94	0.17	
	—	1	万州站	108°25′	30°45′	4226	750	90	1.56	0.06	
	866 560	1	寸滩站	106°36′	29°37′	3905	760	20	1.49	0.05	
汉江	159 000	2	仙桃站	111°29′	28°54′	1570	270	5.3	3.09	0.14	城市纳污型
嘉陵江	160 200	2	北碚站	106°25′	29°51′	1119	172	26	1.75	0.11	
南淝河	1618	1	合肥新港	117°22′	31°49′	65	170	3	0.514	12.54	
杭埠河	2070	1	大谭湾	117°16′	31°31′	139	120	2	0.732	0.274	
九龙江竹溪	142	2	竹溪站	117°36′	24°43′	10	40	0.5	3.45	0.297	
九龙江北溪	9554	1	江东站	117°47′	24°31′	226	420	7.0	2.38	0.451	径流主导型
九龙江西溪	3772	1	郑店站	117°31′	24°34′	60	210	2.5	2.02	0.317	径流主导型

注: (1) 城市纳污型河流: 指主要接纳城市污水, 具有高 NH₄⁺ 负荷特征的河流; 径流主导型河流: 指以接纳径流补充为主的河流。

各网站电子版已作相应更正。