

DOI: 10.19797/j.cnki.1000-0852.20180189

## 不同耕地类型对流域水沙过程的影响研究

魏 冲<sup>1,2</sup>,董晓华<sup>1,2</sup>,刘 冀<sup>1,2</sup>,李英海<sup>1,2</sup>,万 浩<sup>3</sup>,喻 丹<sup>1</sup>,徐时进<sup>4</sup>,王 凯<sup>4</sup>

(1.三峡大学水利与环境学院,湖北 宜昌 443002;2.水资源安全保障湖北省协同创新中心,湖北 武汉 430072;

3.长江水利委员会陆水试验枢纽管理局,湖北 赤壁 437300;

4.淮河水利委员会,安徽 蚌埠 233001)

**摘 要:**常用的水土保持措施是退耕还林,但淮河流域是中国重要的农业产区,大规模实行退耕还林并不现实,所以通过调整耕地类型来减少水土流失可能是解决社会经济发展和生态保护矛盾的好方法。为研究不同耕地类型对流域水文要素及产沙的影响,考虑水田和旱地两种耕地类型对淮河息县水文站上游流域构建 SWAT 模型,构造 A(实际耕地利用方式)、B(所有耕地为水田)和 C(所有耕地为旱地)三种耕地类型情景,比较不同耕地类型情景下流域水文要素及产沙的变化情况。研究结果表明:所构建的 SWAT 模型在息县流域径流及泥沙模拟中具有良好的适用性, $R^2$ 和 NSE(Nash Sutcliffe Efficiency)均达到 0.75 以上;水田和旱地两种不同耕地类型对流域多年年均蒸散发及多年平均径流量影响较小,但对流域产沙量影响较大,在汛期更为明显,模拟期内每平方公里水田每年最多比旱地少产沙 491.8t,平均每年少产沙约 208.7t。采取水田耕种比旱地耕种更有利于减少息县流域内的水土流失。

**关键词:**耕地类型;SWAT 模型;产沙模拟;水文响应

中图分类号:P334+.92

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2019)06-0020-07

我国是世界上土壤侵蚀最严重的国家之一,水力侵蚀、风力侵蚀及冻融侵蚀在我国均有发生<sup>[1]</sup>。已有研究表明,土地利用类型及空间位置均对水土流失有较大影响<sup>[2-4]</sup>。对于农业用地来说,耕地是发生水土流失最为严重的土地利用类型<sup>[5-7]</sup>,耕地可以增大径流量,加剧土壤侵蚀<sup>[8]</sup>。同时,耕地的扩大会致使流域水资源量发生变化,并增大土壤蒸发能力<sup>[9-10]</sup>。迄今为止,已经有不少耕地对流域水土流失影响的相关研究,但鲜有人在流域范围内研究不同耕地类型对流域水土流失的影响。

淮河流域是我国八大流域之一,流域内多年平均侵蚀量约为  $1.58 \times 10^8 \text{t}$ ,上游约占 68.4%<sup>[11]</sup>。淮河流域土壤侵蚀模数约为珠江流域的 2 倍,松花江流域的 3.3 倍<sup>[12]</sup>。淮河流域作为我国主要的粮食生产基地之一,通

过大面积退耕还林、退耕还草来降低流域内水土侵蚀并不现实。淮河流域主要的耕地类型为旱地和水田,以旱地为主。不同耕地类型下的不同作物具有不同的生长特性,这些都会明显改变下垫面状况。乔光建等人发现不同植被的下垫面环境因素对流域产输沙量有十分重要的控制作用<sup>[13]</sup>;孙磊的研究指出,林地、水田、旱地对地表径流的贡献率分别为 16%、46%和 38%<sup>[14]</sup>。因此,需进一步研究不同耕地类型对流域水土流失的影响,以期通过调整流域内耕地类型,达到减少水土流失的目的。

SWAT 模型是具有较强物理机制的半分布式水文模型,可以进行流域水文模拟及沉积物迁移模拟。张爱玲<sup>[15]</sup>对资水流域构建 SWAT 模型,对流域径流过程进行模拟,取得较好的模拟效果;李鸿儒<sup>[16]</sup>在钦江流域

收稿日期:2018-05-19

基金项目:水利部公益性行业科研专项(201301066);国家自然科学基金项目(40701024)

作者简介:魏冲(1994-),男,湖北武汉人,博士研究生,主要从事水文学与水资源方面研究。E-mail:2278696332@qq.com

通讯作者:董晓华(1972-),男,湖北秭归人,教授,博士,主要从事水文学与水资源方面研究。E-mail:xhdong@ctgu.edu.cn

构建 SWAT 模型,发现流域产沙量在汛期大于非汛期;喻丹<sup>[7]</sup>对长台关流域进行耕地适应性评价,构建 SWAT 模型,寻求流域最优土地利用情景。大量相关研究均证实 SWAT 模型可以较好地模拟流域径流及产沙过程。本文选取淮河上游息县流域构建 SWAT 模型,将耕地划分为水田与旱地,针对两种不同的耕地类型设置不同情景进行流域径流及产沙模拟,研究不同耕地类型对流域水文要素及产沙的影响,为降低流域内水土流失提供一种新的思路。

## 1 研究区概况

淮河流域位于东经 111°55'~121°25',北纬 30°55'~36°36'之间,息县水文站为其上游干流的控制站点,控制流域面积为 10 210km<sup>2</sup>(见图 1)。息县流域多年平均降雨量 886.8mm,多年平均径流深为 340mm,主要土地利用方式为耕地、林地、草地、城镇用地及水域,其中耕地主要分为水田和旱地,占全流域面积一半以上。同时,由于该流域在亚热带季风气候区内,汛期降雨集中且强度大,加之居民对耕地的不合理利用,导致流域水土流失严重。据调查显示,息县流域多年平均输沙量达 4×10<sup>9</sup>t<sup>[8]</sup>。

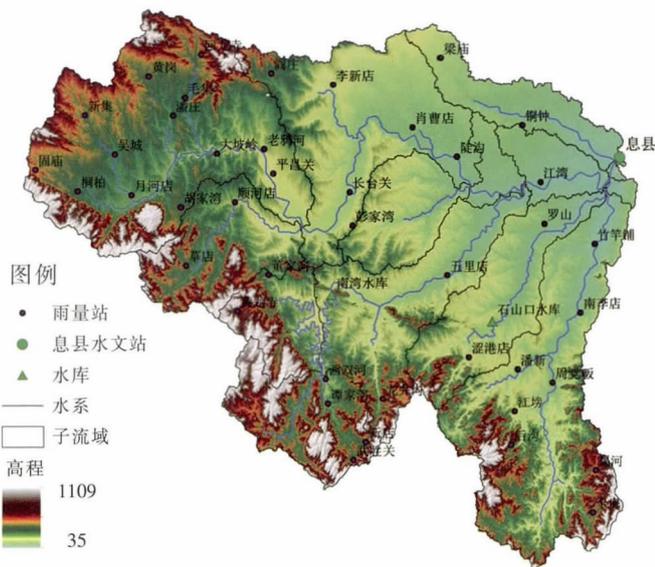


图 1 息县流域图  
Fig.1 The Xixian watershed

## 2 研究方法

为研究息县流域内不同耕地类型对流域水文要素及产沙的影响,对息县流域构建 SWAT 模型。在输入

土地利用图时,将耕地细分为水田和旱地。在设置产沙参数时,除设置林地及草地两种植物覆盖因子以外,将旱地植物覆盖因子细分为水田植物覆盖因子和旱地植物覆盖因子。对不同的耕地类型,分别率定出一个植物覆盖因子最小值,模型模拟时,不同耕地提取不同的植物覆盖因子最小值进行产沙计算,以确定不同耕地类型对流域产沙的影响。构建三种耕地利用情景:

A:2000 年实际耕地利用情景;B:2000 年实际耕地利用下,将所有的旱地转变成水田,即所有耕地为水田;C:2000 年实际耕地利用下,将所有的水田转变成旱地,即所有耕地为旱地。

率定好 SWAT 模型后,选取模拟时段为 1996~2003 年,保持其他模型输入不变,逐次替换三种耕地情景下的土地利用图,对三种耕地利用情景下的径流、蒸散发及产沙量进行模拟,分析比较三种情景下流域模拟期内水文及产沙的变化。

### 2.1 数据来源及处理

本研究所需的数据主要为流域 DEM 图(由地理空间数据云 <http://www.gscloud.cn/>提供,GRID(90m))、2000 年土地利用数据(由淮河水利委员会提供,GRID(34m))、土壤类型数据(由世界和谐土壤数据库(HWSD)提供,GRID(1 000m))、1979~2013 年的气象数据(由气候预报系统 CFSR 提供,txt 文档(daily))以及实测流量及降雨(由淮河水利委员会提供,txt 文档(daily))。

将 DEM 图、土地利用数据以及土壤类型数据定义同样的大地坐标系(WGS1984)及投影坐标系(Beijing1954),并以流域边界裁剪土地利用数据及土壤类型数据用以模型输入;利用获取的土壤类型数据和气象数据分别计算模型所需的土壤数据库和气象数据库,将实测降雨和流量数据处理成 SWAT 模型的输入格式。

### 2.2 模型构建

以息县水文站为流域出口,将息县流域划分为 15 个子流域(见图 1)。对 2000 年土地利用数据进行重分类,将其划分为水田、旱地、林地、草地、水域和城镇用地。随后分别将土地利用数据、土壤类型数据以及实测降雨数据导入 SWAT 模型,完成息县流域 SWAT 模型的构建。采用息县水文站径流及泥沙的观测数据,以 1995 年为模型预热期,1996~1999 年为率定期,2000~2003 年为验证期,对息县流域进行月径流及泥沙参数率定,模拟流域内径流及产沙过程。

本文采用  $R^2$  和  $NSE$  对模拟精度进行评价,  $R^2$  为确定性系数,  $R^2$  越接近 1, 表示模拟结果拟合程度越好;  $NSE$  为纳什效率系数,  $NSE$  越接近 1, 模型可信度越高<sup>[19]</sup>。采用  $p$ -factor 和  $r$ -factor 进行不确定性分析,  $p$ -factor 的范围是 0~1,  $r$ -factor 的范围是 0~∞。  $p$ -factor 越接近 1,  $r$ -factor 越接近 0, 表示模拟结果的不确定性越小<sup>[20]</sup>。

### 2.3 参数敏感性分析及率定

为提高模型率定效率, 采用全局敏感性算法<sup>[21]</sup>对影响径流的 28 个参数进行敏感性分析, 选出该流域内敏感性最强的 10 个参数(见表 1)用 SUFI-2 算法<sup>[21]</sup>进行率定。

泥沙模拟的基础是径流模拟, 率定完径流参数后, 固定径流参数值不变, 对泥沙参数(见表 1)进行率定。SWAT 模型运用修正的通用土壤流失方程<sup>[22]</sup>(USLE)对泥沙进行模拟:

$$sed = 11.8 \times (Q_{surf} \times q_{peak} \times area_{hru})^{0.56} \times K_{USLE} \times C_{USLE} \times P_{USLE} \times LS_{USLE} \times CFRG \quad (1)$$

式中:  $sed$  为某天的产沙量, t;  $Q_{surf}$  为地表径流总量, mm/hm<sup>2</sup>;  $q_{peak}$  为洪峰流量, m<sup>3</sup>/s;  $area_{hru}$  为 HRU 的面积, hm<sup>2</sup>;  $K_{USLE}$  为 USLE 中的土壤可侵蚀性因子(0.013t×m<sup>3</sup>×h/(m<sup>3</sup>×t×cm));  $C_{USLE}$  为 USLE 中的土地覆盖与管理措

施因子;  $P_{USLE}$  为 USLE 中水土保持措施因子;  $LS_{USLE}$  为 USLE 中的地形因子;  $CFRG$  为粗糙度因子。

模型参数率定结果见表 1, 模拟结果及模拟精度见图 2 和表 2。由表 2 和图 2 可知, 1996~2003 年期间

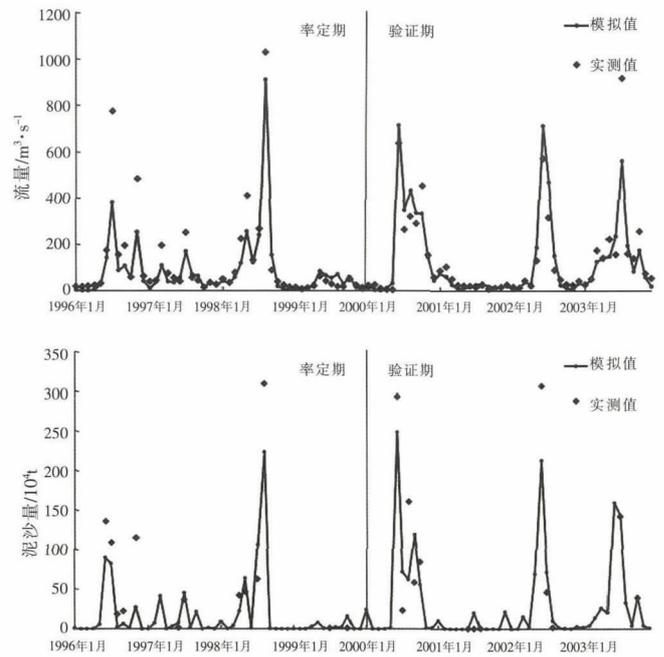


图2 息县站月径流、泥沙模拟结果图  
Fig.2 The simulation results of the monthly runoff and sediment at the Xixian station

表1 参数率定结果  
Table1 The results of the parameter calibration

参数类别	参数名称	参数意义	默认值	最优参数值	最优参数范围
径流	CN2	水分条件 2 时的初始 SCS 径流曲线数	-0.5~0.5	0.015	-0.22~0.129
	GW_DELAY	地下水滞后系数/d	0~500	0.037	0~37.082
	ALPHA_BNK	河岸基流因子	0~1	0.769	0.743~0.861
	SOL_K	饱和渗透系数/mm·hr <sup>-1</sup>	-0.5~0.5	0.068	-0.044~0.154
	SOL_BD	土壤容重	-0.5~0.5	0.382	0.362~0.454
	SLSUBBSN	平均坡长/m	-0.5~0.5	0.304	0.182~0.36
	SOL_Z	土壤深度/mm	-0.5~0.5	-0.468	-0.49~-0.377
	EPCO	植被蒸腾补偿系数	0~1	0.741	0.555~0.824
	SFTMP	降雪气温	-5~5	4.176	3.971~5
	SURLAG	地表径流滞后系数	1~24	16.95	15.827~18.374
泥沙	USLE_K	土壤侵蚀因子	0~0.65	0.554	0.434~0.65
	USLE_P	USLE 水土保持措施因子	0~1	0.51	0.421~0.635
	SPEXP	泥沙输移指数系数	1~1.5	1.3	1.164~1.388
	SPCON	泥沙输移线性系数	0.0001~0.01	0.006	0~0.008
	CH_COV1	河道侵蚀因子	-0.05~0.6	0.26	0.172~0.458
	USLE_C{RICE}	USLE 中植物覆盖因子最小值(水田)	0.001~0.5	0.248	0.212~0.293
	USLE_C{AGRR}	USLE 中植物覆盖因子最小值(旱地)	0.001~0.5	0.488	0.352~0.492
USLE_C{FRST}	USLE 中植物覆盖因子最小值(林地)	0.001~0.5	0.331	0.287~0.442	
USLE_C{PAST}	USLE 中植物覆盖因子最小值(草地)	0.001~0.5	0.241	0.134~0.288	

表2 SWAT模型率定及验证精度  
Table2 The calibration and verification accuracy of SWAT model

		$R^2$	$NSE$	$p$ -factor	$r$ -factor
率定期(1996~1999)	径流	0.9	0.83	0.73	0.59
	泥沙	0.82	0.75	0.66	0.62
验证期(2000~2003)	径流	0.85	0.85	0.71	0.55
	泥沙	0.82	0.79	0.68	0.71

整体的模拟效果是比较好的,但是在某些月份实测值和模拟值也存在着较大差异。从图2中可以看出,实测值与模拟值在汛期有较大差异,而且都是流量和产沙量被低估了,产生这种差异的原因可能是SWAT模型采用SCS-CN方法进行产流计算。基于该方法,SWAT模型不考虑日以内的短时暴雨降雨的持续时间和强度,直接使用每日降雨深度作为模型输入<sup>[23]</sup>。现实中淮河流域存在不少历时短的暴雨,高强度的短时暴雨会产生更多流量及产沙量<sup>[24]</sup>。

### 3 研究结果及分析

#### 3.1 流域土地利用现状分析

由表3可知,息县流域主要的土地利用方式为耕地和林地,约占全流域的91%。耕地主要以水田和旱地为主,水田和旱地的面积比约为1:2,可见该流域主要的耕种作物为旱地作物。

表3 息县流域土地利用统计表  
Table3 The statistics of the land use in the Xixian basin

土地利用类型	面积/km <sup>2</sup>	占比/%
水田	1886	18.6
旱地	3733	36.8
林地	3619	35.7
草地	94	0.9
水域	329	3.2
城镇	485	4.8

#### 3.2 不同耕地类型对流域蒸散发的影响

由图3可知,在流域非汛期,即头年9月~次年4月期间,流域蒸散发基本不受流域耕地类型的影响;在汛期5~8月期间,流域蒸散发受耕地类型的影响较大,且出现一转折点。5月份,情景C的多年月平均蒸

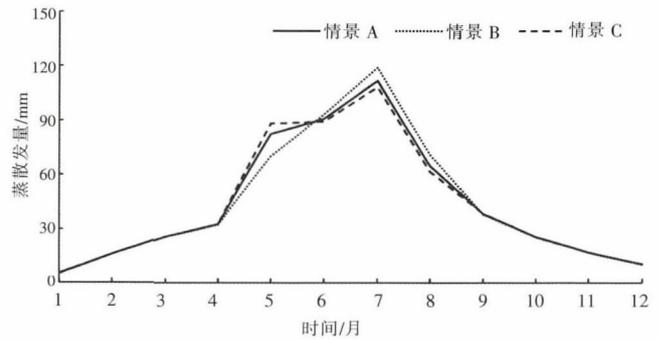


图3 不同耕地情景下流域多年月平均蒸散发  
Fig.3 The annual average monthly evapotranspiration under the different arable land scenarios

散发量最大,情景B最小,情景A的多年月平均蒸散发量介于情景B、C之间。6月份,三种情景的多年月平均蒸散发量基本一致,在此之后,7、8月份,情景B的多年月平均蒸散发量最大,情景C最小,且情景A的多年月平均蒸散发量依旧介于情景B、C之间。由此可知,在作物生长期,不同时期作物对流域蒸散发影响效果不同。SWAT模型基于热单位理论控制植物生长周期,水田是6月上旬开始耕作,而旱地是5月上旬开始耕作<sup>[22]</sup>。5月份,旱地开始耕作后,种植的作物会增加流域蒸散发量,此时水田未耕作,表面是裸土,因此蒸散发量反而小于种植有作物的旱地;而水田作物在6月开始耕作后,由于其叶面积指数大于旱地作物,蒸散发将超过旱地作物带来的蒸散发量。经计算,情景A、B、C下,流域多年年平均蒸散发量分别为522mm、524mm和519mm。由此可知,不同耕地类型对流域多年年平均蒸散发量影响较小;在作物生长期,影响较大;就全年而言,情景B比情景C的流域蒸散发量较大,即水田比旱地更能增大流域蒸散发。

#### 3.3 不同耕地类型对流域径流的影响

由图4可知,流域内不同的耕地类型对径流的影响也主要集中在汛期。6~9月期间,不同情景下,多年月平均径流量有一定的改变,同样有一转折点。经计算,情景A、B、C下,多年年平均径流深分别为337.7mm、335.9mm和341mm。可知,旱地相对于水田而言,有助于提高流域年平均径流深;主要影响时段为作物生长期,在作物非生长期影响较小。比较图3和图4可以得知,蒸散发在5月出现转折,但是径流在6月才出现转折。由于旱地在5月开始耕作,初期作物生长会产生较大的蒸散发,但是在生长初期较为稀疏的作物对径流过程没有太大的影响。在6月水田

开始耕作后,作物比旱地作物更为密集,生长需水量也更大,对径流过程产生了影响。

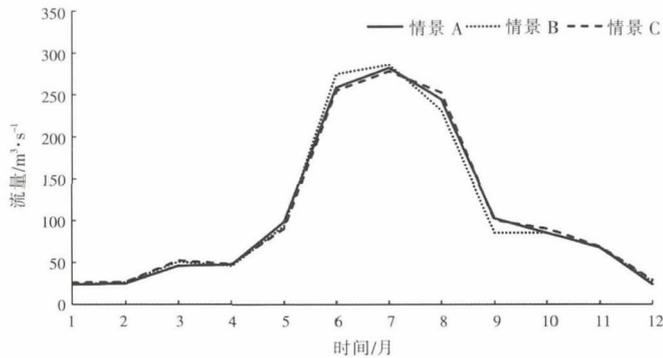


图4 不同耕地情景下流域多年平均月径流量  
Fig.4 The annual average monthly runoff under the different arable land scenarios

### 3.4 不同耕地类型对流域产沙量的影响

由图5可知,不同的耕地类型对流域产沙量影响较大,尤其是汛期。流域内的产沙量与降雨量呈正相关关系,随着降雨的增大,流域产沙量也增大。头年12月~次年5月,情景B相对另外两种情景产沙量略有减少,但不明显;6~11月份,情景B相对于另外两种情景产沙量有较大减少,尤其是在7、8、9三个月份,情景C的产沙量几乎为情景B的两倍。水田作物的叶面积指数比旱地作物高,植株也更加密集,作物种植及其生长特点决定水田和旱地两种作物带来的产沙量在7、8、9三个月份有明显差别。在降雨期间,叶面积指数更高的植株会拦截更多的降雨,减小雨水到地面土壤时所携带的动能,从而减小雨水对土壤的冲刷;同时,密集的植株能减少地表土壤被雨水裹挟带走的数量。因此在作物生长期,不同的作物对流域产沙量有较大影响,而在作物尚未进行耕作之时,不同的耕地类型地表没有大的区别,故在这段时间内的产沙量也没有明显差别。

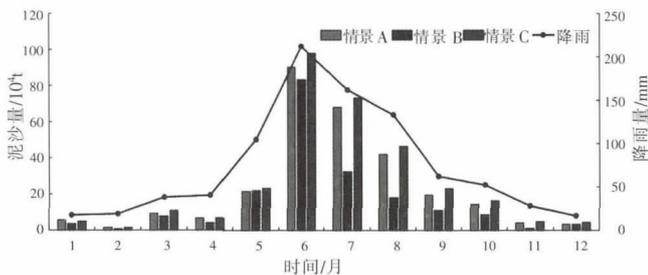


图5 不同耕地情景下流域多年平均月产沙量  
Fig.5 The annual average monthly sediment yield under the different arable land scenarios

由表4可知,1996~2003年间,2000年降雨量最大,该年产沙量也最大。2000年情景C产沙量为 $6.8 \times 10^4$ t,情景B比情景C产沙量减少了 $2.76 \times 10^4$ t,该年每平方公里的水田比旱地少产沙约491.8t泥沙;1999年降雨量最少,产沙量也最少,该年每平方公里的水田比旱地少产沙约33.5t泥沙。1996~2003年间,平均每年每平方公里的水田比旱地少产沙约208.7t泥沙,具体减少量受年降水量大小影响。综上所述,水田与旱地两种不同的耕地类型对流域产沙量有较大的影响。

表4 不同耕地情景下逐年产沙量及对比  
Table4 The annual sediment yield under the different arable land scenarios

年份	各情景下泥沙产量/10 <sup>4</sup> t			变化量/10 <sup>4</sup> t		
	情景 A	情景 B	情景 C	A-B	A-C	B-C
1996	217	157	259	60	-42	-102
1997	131	61	150	70	-19	-89
1998	433	294	451	139	-18	-157
1999	34	18	37	16	-3	-19
2000	588	404	680	184	-92	-276
2001	55	44	69	11	-14	-25
2002	390	370	428	20	-38	-58
2003	456	236	447	220	9	-211

## 4 结论

本文对淮河息县以上流域构建 SWAT 模型,对流域水文过程及产沙过程进行模拟,研究不同的耕地类型对流域蒸散发、径流及产沙量的影响,具体结论如下:

(1)不同的耕地类型对流域蒸散发在不同的时间段有不同的影响。头年9月~次年4月期间,流域蒸散发基本不受耕地类型的影响;5~8月期间,不同的耕地类型由于其作物不同,对流域蒸散发有较大影响。情景A、B、C下,流域多年年平均蒸散发量分别为522mm、524mm和519mm,就该流域全年而言,水田作物将比旱地作物多产生5mm的流域蒸散发。

(2)不同耕地类型对流域径流过程的影响主要集中在汛期6~9月;在非汛期对流域径流过程没有大的影响。情景A、B、C下,多年年平均径流深分别为337.7mm、335.9mm和341mm,对全流域而言,旱地作物比水田作物提高约5mm的流域多年年均径流深。

(3)流域产沙量与降雨量成正相关关系,不同的耕地类型对流域产沙量有较大影响。由于水田与旱地不同的生长特性,6~11月期间,水田相对旱地而言能

大量减少流域产沙,头年12月~次年5月期间,影响较小。每年平均每平方公里的水田比旱地能减少流域产沙量约208.7t。相较之下,采取水田的耕地类型比旱地更有利于流域的水土流失防治。

#### 参考文献:

- [1] 杨新. 中国土壤侵蚀分区及土壤流失调查 [J]. 自然灾害学报, 2011,20(4):131-136.(YANG Xin. Study of soil erosion regionalization and soil loss survey in China [J]. Journal of Natural Disasters, 2011,20(4):131-136. (in Chinese))
- [2] Li L, Wang Y, Liu C. Effects of land use changes on soil erosion in a fast developing area [J]. International Journal of Environmental Science & Technology, 2014,11(6):1549-1562.
- [3] Xu Y, Luo D, Peng J. Land use change and soil erosion in the Maotiao River watershed of Guizhou Province [J]. Journal of Geographical Sciences, 2011,21(6):1138.
- [4] 陈攀攀,常宏涛,毕华兴,等. 黄土高原沟壑区典型小流域土地利用变化及其对水土流失的影响[J]. 中国水土保持科学, 2011,9(2):57-63. (CHEN Panpan, CHANG Hongtao, BI Huaxing, et al. Landuse change and it's effects on soil and water loss in typical small watershed of Loess plateau gully region [J]. Science of Soil and Water Conservation, 2011,9(2):57-63. (in Chinese))
- [5] 孙长安. 香溪河流域土地利用与水土流失的关系研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2008. (SUN Changan. Study on the Relationship between Land Use and Soil and Water Loss in Xiangxi Watershed [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2008. (in Chinese))
- [6] 胡媛,查轩,黄少燕. 重要水源地东圳库区土地利用与水土流失特征空间关系分析[J]. 水土保持研究, 2012,19(2):53-56. (HU Yuan, ZHA Xuan, HUANG Shaoyan. Study on spatial relationship of land use and water-soil loss in Dongzhen watershed[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2012,19(2):53-56. (in Chinese))
- [7] 尹忠东,左长清,苟江涛,等. 川中紫色土区小流域土地利用与土壤流失关系[J]. 水利学报, 2011,42(3):329-336. (YIN Zhongdong, ZUO Changqing, GOU Jiangtao, et al. Soil loss of different land use type in central hill region of the Sichuan basin [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2011,42(3):329-336. (in Chinese))
- [8] Adélia N. Nunes, António C. De Almeida, Celeste O. A. Coelho. Impacts of land use and cover type on runoff and soil erosion in a marginal area of Portugal[J]. Applied Geography, 2011,31(2):687-699.
- [9] Wang Y, Zhihui Liu, Junqiang Yao, et al. Effect of climate and land use change in Ebinur lake basin during the past five decades on hydrology and water resources [J]. Water Resources, 2017,44(2): 204-215.
- [10] 刘正茂,吕宪国,赵艳波. 挠力河流域湿地和耕地变化对径流深的影响研究[J]. 水文, 2009,29(6):93-96. (LIU Zhengmao, LV Xianguo, ZHAO Yanbo. Influence of wetland and farmland changes on runoff depth in Naolihe river basin [J]. Journal of China Hydrology, 2009,29(6):93-96. (in Chinese))
- [11] 邹宏荣,王焯,陆国宾,等. 淮河上游产沙模拟研究[J]. 水资源保护, 2016,32(4):80-83. (ZOU Hongrong, WANG Ye, LU Guobin, et al. Simulation of sediment yield in upper reaches of Huaihe river[J]. Water Resources Protection, 2016,32(4):80-83. (in Chinese))
- [12] 李智广,刘秉正. 我国主要江河流域土壤侵蚀量测算[J]. 中国水土保持科学, 2006,4(2):1-6. (LI Zhiguang, LIU Bingzheng. Calculation on soil erosion amount of main river basin in China[J]. Science of soil and Water Conservation, 2006,4(2):1-6. (in Chinese))
- [13] 乔光建,王春泽,李哲强. 河北省坡底、西台峪小流域水土流失影响因素分析[J]. 水文, 2008,28(6):93-96. (QIAO Guangjian, WANG Chunze, LI Zheqiang. Analysis of factors affecting soil and water loss in slope and west Taishui small watersheds in Hebei province[J]. Journal of China Hydrology, 2008,28(6):93-96. (in Chinese))
- [14] 孙磊. 不同土地利用类型蒸散变化对稻田流域关键生态水文过程的影响模拟 [D]. 南京: 南京信息工程大学, 2017. (SUN Lei. Simulating the Effects of Land Use/Cover Change on the Key Ecological Hydrological Processes in a Paddy Field-dominated Basin[D]. Nanjing: Nanjing University of Information Science & Technology, 2017. (in Chinese))
- [15] 张爱玲,王韶伟,汪萍等. 基于SWAT模型的资水流域径流模拟[J]. 水文, 2017,37(5):38-42. (ZHANG Ailing, WANG Shaowei, WANG Ping, et al. Runoff simulation of Zishui Basin based on SWAT model[J]. Journal of China Hydrology, 2017,37(5):38-42. (in Chinese))
- [16] 李鸿儒,卢远,何文. 钦江流域土地利用/覆被变化对径流产沙的影响[J]. 中国水土保持, 2016,(4):40-43. (LI Hongru, LU Yuan, HE Wen. Impact of land use and land cover change on runoff and sediment yield of Qinjiang River Basin [J]. Soil and Water Conservation in China, 2016,(4):40-43. (in Chinese))
- [17] Yu D, Xie P, Dong X, et al. The development of land use planning scenarios based on land suitability and its influences on eco-hydrological responses in the upstream of the Huaihe River basin[J]. Ecological Modelling, 2018,373:53-67.
- [18] 姚孝友. 淮河流域水土流失特点及分区防治技术的研究[A]. 淮河研究会学术研讨会论文集 [C]. 2004. (YAO Xiaoyou. Study on characteristics of soil and water loss and zoning prevention technology in Huaihe river basin [A] Proceedings of Huaihe Research Association Symposium [C]. 2004. (in Chinese))
- [19] Moriasi D N, Arnold J G, Van Liew M W, et al. Model Evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations [J]. Transactions of the Asabe, 2007,50(3): 885-900.
- [20] 李谦,张静,宫辉力. 基于SUF2算法和SWAT模型的奶水河流域水文模拟及参数不确定性分析[J]. 水文, 2015,35(3):43-48. (LI Qian, ZHANG Jing, GONG Huili. Hydrological simulation and parameter uncertainty analysis using SWAT model based on SUFI-2 Algorithm for Guishuihe river basin [J]. Journal of China Hydrology, 2015,35(3):43-48. (in Chinese))
- [21] Karim C A, Jing Y, Ivan M, et al. Modelling hydrology and water quality in the pre-alpine/alpine Thur watershed using SWAT[J].

- Journal of Hydrology, 2007,333(2):413-430.
- [22] Neitsch S L. SWAT 2009 理论基础 [M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2012. (Neitsch S L. SWAT 2009 Theoretical Basis[M]. Zhengzhou: Yellow River Water Conservancy Press, 2012. (in Chinese))
- [23] Nie W, Yuan Y, Kepner W, et al. Assessing impacts of landuse and landcover changes on hydrology for the upper San Pedro watershed[J]. Journal of Hydrology, 2011,407(1):105-114.
- [24] Xu Z X, Pang J P, Liu C M, et al. Assessment of runoff and sediment yield in the Miyun reservoir catchment by using SWAT model[J]. Hydrological Processes, 2009,23(25):3619-3630.

### Influence of Different Arable Land Types on Water and Sediment Processes in River Basin

WEI Chong<sup>1,2</sup>, DONG Xiaohua<sup>1,2</sup>, LIU Ji<sup>1,2</sup>, LI Yinghai<sup>1,2</sup>, WAN Hao<sup>3</sup>, YU Dan<sup>1</sup>, XU Shijin<sup>4</sup>, WANG Kai<sup>4</sup>

(1. College of Hydraulic and Environmental Engineering, China Three Gorges University, Yichang 443002, China;

2. Hubei Collaborative Innovation Center for Water Resources Security, Wuhan 430072, China;

3. Bureau of Lushui Experimental Hydropower Complex Management, Changjiang Water Resources Commission, Chibi 437300, China;

4. Hydrologic Bureau of Huaihe River Commission, Bengbu 233001, China)

**Abstract:** The Huaihe River basin is suffering from serious soil erosion in recent decades. Thus, it is urgent to control the soil erosion. Commonly used measures to maintain water and soil are returning farmland to forests, as it is an important agricultural production area in China, large-scale return of arable land to forests is unrealistic. Adjusting the type of arable land for maintaining water and soil is an alternative way to balance the contradictions between economic development and ecological protection. In order to analyze the effects of different types of arable land on hydrology and sediment yield in a basin, the SWAT model was constructed for the upper catchment of the Xixian hydrological station in the Huaihe River which takes both the paddy field and the dry land into account. Three scenarios were considered as follows: (A) Actual arable land use method, (B) all arable land is paddy field, and (C) all arable land are dry lands. The results show that the SWAT model has good accuracy in simulations of runoff and sediment in the Xixian basin, both of the  $R^2$  and  $NSE$  (Nash Sutcliffe Efficiency) values are greater than 0.75. The two different types of arable land in paddy fields and dry land have little impacts on the annual average evapotranspiration and annual average runoff of the basin, but have a greater impact on the sediment yield, especially in flood seasons. Compared to dry land, the paddy field could decrease the sediment yield in the range from 33.5t to 491.8t, with an average of 208.7t during the simulation period. This study suggests that taking paddy field cultivation is more conducive to reducing soil erosion in the Xixian River basin than dryland cultivation.

**Key words:** arable land type; SWAT model; sediment yield simulation; hydrological response

## 《水文》杂志征订启事

《水文》杂志是由水利部主管,水利部信息中心(水利部水文水资源监测预报中心)主办,国内外公开发行的我国水文水资源专业的学术性科技期刊,系我国地球物理学类和水利工程类全国中文核心期刊、中国科技核心期刊、中国科学引文数据库来源期刊、《中国学术期刊(光盘版)》全文收录期刊、中国期刊网和“万方数据——数字化期刊群”入网期刊。

**刊登内容:**水文水资源基础理论研究,水文站网规划设计,水文测验技术,水文资料处理与服务,水文水资源分析计算,水文情报预报,水资源调查评价,水环境、水生态监测与水质预测,新技术在水文水资源方面

的应用,测验仪器设备的研制,国内外水文水资源科技进展综述、评述及有关信息和动态等。

**出版发行:**《水文》杂志为双月刊,每逢双月 25 日出版,国内由北京报刊发行局总发行,全国各地邮局均可办理订阅手续,邮发代号:2-430,每册定价 20 元,全年共 120 元;国外由中国国际图书贸易总公司(地址:北京 399 信箱,邮政编码:100044)发行,代号:BM511。

**通讯地址:**北京市白广路二条 2 号,100053,电话:(010)63202029; 传真:(010)63203550;

E-mail:j.hyd@mwr.gov.cn

投稿网址: <http://sw.allmaga.net/ch/index.aspx>