DOI:10.15928/j.1674-3075.202109030310

湄公河典型区域旱雨季土地利用及土壤侵蚀差异研究

赵 娜[1],张道熙[1],韩东枫[2,3],陈小娟[1],邱 娟[4],金 瑶[1],龚昱田[1]

(1.水利部中国科学院水工程生态研究所,水利部水工程生态效应与生态修复重点实验室,湖北 武汉 430079;
2.山东省气象防灾减灾重点实验室,山东 济南 250031;
3.山东省气候中心,山东 济南 250031;
4.中国科学院精密测量科学与技术创新研究院,湖北 武汉 430071)

摘要:以湄公河干流老挝沙湾拿吉至柬埔寨桔井段重要支流南蒙河、色丹河、色贡河、色桑河、斯雷博河及其左右岸缓冲区 50 km 范围为研究区域,基于 Landsat8 遥感和河网数据,对比植被覆盖度以及空间分布特征,分析区域内旱季(1-2 月)、雨季(6-9 月)土地利用及土壤侵蚀变化。结果表明,季节性降雨导致土地利用变化明显,旱、雨季土地利用变化主要表现为河道沿岸水体动态变化;旱季水体面积较雨季净减少 43 259 hm^2,占总变化面积的 93.8%;雨季至旱季耕地转化占总变化面积 38.00%(17 514.44 hm^2),其次为灌木地(22.98%,10 590.54 hm^2)和裸地(21.77%,10 033.32 hm^2)。土地利用类型转化导致土壤侵蚀变化,旱、雨季土壤极强烈侵蚀和剧烈侵蚀区域变化不大;旱季以轻度侵蚀、中度侵蚀增加为主,净增加面积分别为 4 107 hm^2 和 5 864 hm^2,分别占总变化面积的 36.9% 和 52.7%;增加面积主要由无侵蚀类型发展而来,体现在旱季沿岸水体面积的大幅降低。建议在水土保持过程中,改传统稻田种植为耕作、轮作和培肥一体化的水保措施,增强基础设施建设,加强河岸带生态护坡建设与管理,降低自然洪水或人为工程对自然林地和植被的破坏。

关键词:土地利用;土壤侵蚀;旱雨季;湄公河

中图分类号:X144 **文献标志码**:A **文章编号**:1674-3075(2024)02-0047-07

澜沧江-湄公河是世界第六、亚洲第三大河流,发源于中国,在云南出境后,流经缅甸、老挝、泰国、柬埔寨和越南,最终汇入南海(长江水利委员会国际合作与科技局,2016)。近年来,在全球气候变化背景下,澜湄流域(特别是下游区域)的洪涝、干旱等自然灾害呈突发、多发、并发态势,已成为制约区域经济社会可持续发展的重要因素之一。

土壤侵蚀是指地表土壤及母质在自然或人为因素影响下被破坏、剥蚀、搬运和沉积的过程(王占礼,2000;肖继兵等,2017;史东梅等,2019),目前已成为全球主要的生态环境问题;其危害包括土壤资源退化、土壤肥力下降、淤积抬高河床、加剧洪涝灾害、淤塞水库湖泊、影响开发利用等(刘争光,2021;Borrelli et al, 2021)。上游澜沧江区域已有较为详细的研究(甘淑,2001;Barton et al,2004;姜昀等,2006;姚华荣等,2006;姚华荣和崔保山,2006;李立科,2011);下游湄公河区域为热带季风气候,雨热同期,水网密布,土壤肥沃,年累计降水量最低为 440 mm,最高为 3 500 mm。70%的柬埔寨人口和53%的老挝人口生活在湄公河两侧 15 km 范围的河道走廊内,高度依赖于水资源谋生(MRC, 2011)。

随着湄公河流域内与水资源相关的航运、灌溉、水电和渔业等工农业快速发展,流域水生态系统面临着诸多挑战(MRC, 2015);同时,建设用地、耕地的大幅度增加,也多来源于林地和草地等土地类型的转化或退化,生态系统服务功能也出现不同程度的衰退(欧阳志云等,1999;毕晓丽和葛剑平,2004;赵军和杨凯,2007;董哲仁,2008;伍星等,2009;陆颖等,2013)。土壤侵蚀已经是湄公河流域主要环境问题,但相关的研究比较滞后(甘淑等,2001;吴芳等,2019)。因此,探究湄公河重点区域的旱季、雨季土地利用及土壤侵蚀变化具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 区域概况

研究区域位于中南半岛(105° 10′54″~107° 43′43″E,11°48′3″~15°45′18″N),总面积 7.07 万 km^2,以湄公河干流老挝沙湾拿吉至柬埔寨桔井段重要支

收稿日期:2021-09-03 **修回日期**:2022-06-20

基金项目:中国-东盟国家防洪抗旱应急管理合作项目。

作者简介:赵娜,1978 年生,女,博士,研究员,主要从事水生生物学研究。E-mail:chinesezhaona@163.com

流南蒙河(Nam Mun River)、色丹河(Se Done River)、色贡河(Se Kong River)、色桑河(Se San River)、斯雷博河(Sre Pok River)及其左右岸缓冲区 50 km 的范围为边界,主要涉及老挝南部的占巴色省(Chambasse)和阿速坡省(Attapeu)、柬埔寨北部的上丁省(Stung Treng)和桔井省(Kratie)以及泰国东北部的乌汶府(Ubon Ratchatani)(图 1)。区域内有著名的 3S 小流域、四千美岛、西潘墩湿地、湄公河洪泛平原、伊诺瓦底江豚保护区等,生态功能非常重要;常年炎热,具有很强的季节性降雨特点,年际间年总降雨量的变化幅度一般在±15%,干支流年际间流量的季节性变化较大。

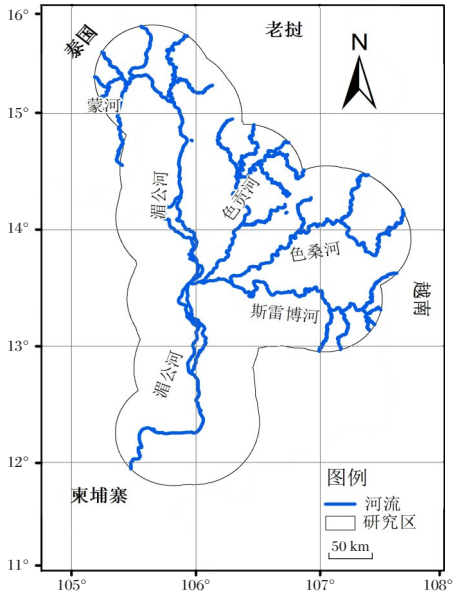

图 1 研究区域位置及主要河流

Fig.1 Location of the study area and rivers

1.2 研究方法

基于拼接的 30 m 分辨率 Landsat 8 遥感数据和河网数据,勾绘出湄公河干流老挝沙湾拿吉至柬埔寨桔井段主河道及重要支流南蒙河、色丹河、色贡河、色桑河、斯雷博河,并建立距离为 50 km 的缓冲区。通过分析研究区域及子流域的植被覆盖度、土壤侵蚀程度,比较 2010 年旱季(1–2 月)和雨季(6–9 月)的水域分布、土地利用状况变化及沿岸带侵蚀等要素的差异。研究区域土地利用数据来自于湄公河委员会(MRC) http://portal.mrcmekong.org。

1.3 数据分析

1.3.1 子流域划分 利用 ArcGIS 软件对研究区域数据进行处理,经过填洼、生成流向、水流累积量等分析,生成 1185 个子流域。使用 Raster to Polygon 将子流域由栅格转为矢量数据,如图 2 所示。

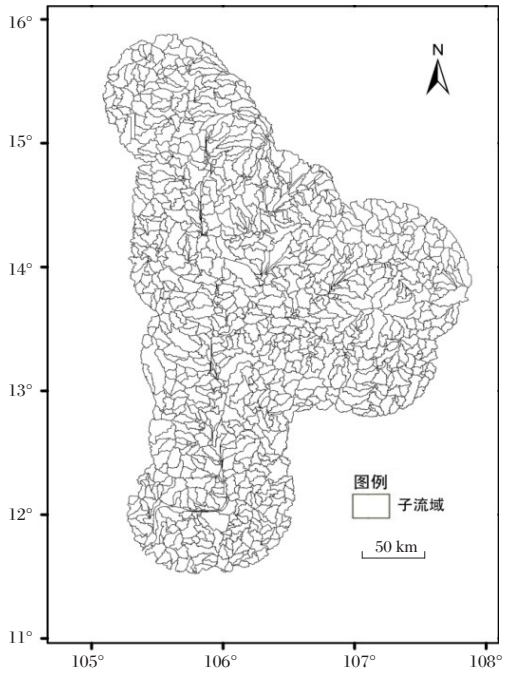

图 2 研究区域子流域划分

Fig.2 Subwatersheds in the study area

1.3.2 坡度数据 使用 Slope 计算获得坡度数据,通过 Zonal Statistics as Table 获得各子流域范围内坡度平均值(图 3)。

1.3.3 植被覆盖度(VFC) 基于 ENVI5.3 软件平台,对 Landsat 8 卫星数据进行辐射定标、几何校正和大气校正,计算归一化植被指数(NDVI)。利用研究区域矢量数据生成的 ROI 建立一个掩膜文件,统计 NDVI 值的累积概率分布,分别取累积概率为 5% 和 95% 的 NDI 值作为 $NDVI_{min}$ 和 $NDVI_{max}$。旱季和雨季的归一化植被指数(NDVI)计算结果如下:$NDVI_{maxdry}$ = 0.560253,$NDVI_{maxrainy}$ = 0.522455,$NDVI_{mindry}$ = 0.012260,$NDVI_{minrainy}$ = 0.147679。

将整个地区分为 3 部分。NDVI<0.012260,VFC 取值为 0;NDVI>0.560253,VFC 取值为 1;两者之间的像元使用公式计算,得到单波段的植被覆盖度图像文件。使用 Band Math 工具计算,公式如下:

$$FVC=\begin{cases}0, & NDVI < NDVI_{min}\\ \dfrac{NDVI-NDVI_{soil}}{NDVI_{veg}-NDVI_{soil}}, & NDVI_{soil} \leqslant NDVI < NDVI_{veg}\\ 1, & NDVI \geqslant NDVI_{veg}\end{cases}$$

式中:FVC 表示植被覆盖度,$NDVI_{soil}$ 为 NDVI 值累计分布频率 5% 的值,$NDVI_{veg}$ 为 NDVI 值累计分布频率 95% 的值。

1.3.4 土地利用 研究区域内具有代表性的土地利用类型为农业用地(耕地)、林地、城镇用地、湿地等;

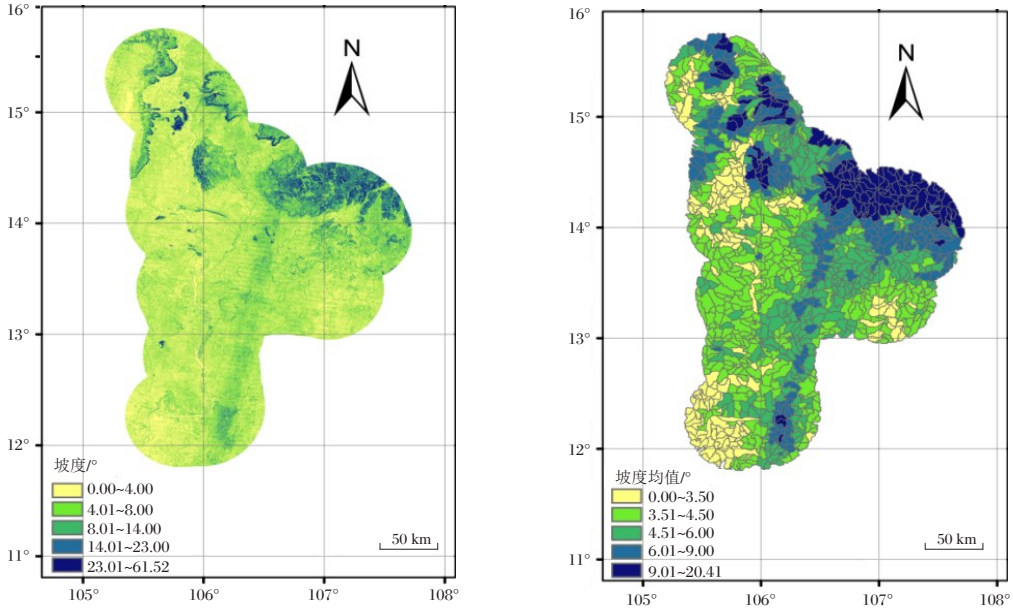

图3　研究区域坡度(左)和平均坡度(右)

Fig.3　Slope (left) and average slope (right) in the study area

其中,城镇用地由于面积有限、分布范围较小,在子流域尺度上存在大量零值,而湿地部分归于河网密度指标。因此,研究中土地利用指标为农业用地和林地。使用ArcGIS 10.7中的Tabulate Area工具计算旱季、雨季各土地利用类型在子流域的面积,然后计算出各土地利用类型在子流域中的占比(图4)。

1.3.5　土壤侵蚀　采用国内土壤侵蚀分类分级标准(中华人民共和国水利行业标准SL 190−2007),共分为6个侵蚀等级;土壤侵蚀基于植被覆盖、坡度和土地利用(旱、雨季)数据计算得到。

2　结果与分析

2.1　旱季和雨季土地利用变化

研究区域旱、雨季土地利用变化如图5所示。旱季水体面积净减少约43 259 hm²,占总变化面积的93.8%;耕地净增加约16 863 hm²,占36.6%,其次为裸地(21.7%)和灌木地(21.2%)(表1)。耕地主要位于研究区域南部湄公河主河道沿岸,灌木主要位于湄公河主河道中北部及支流色桑河、斯雷博河下游沿岸,裸地主要位于湄公河主河道中南部。

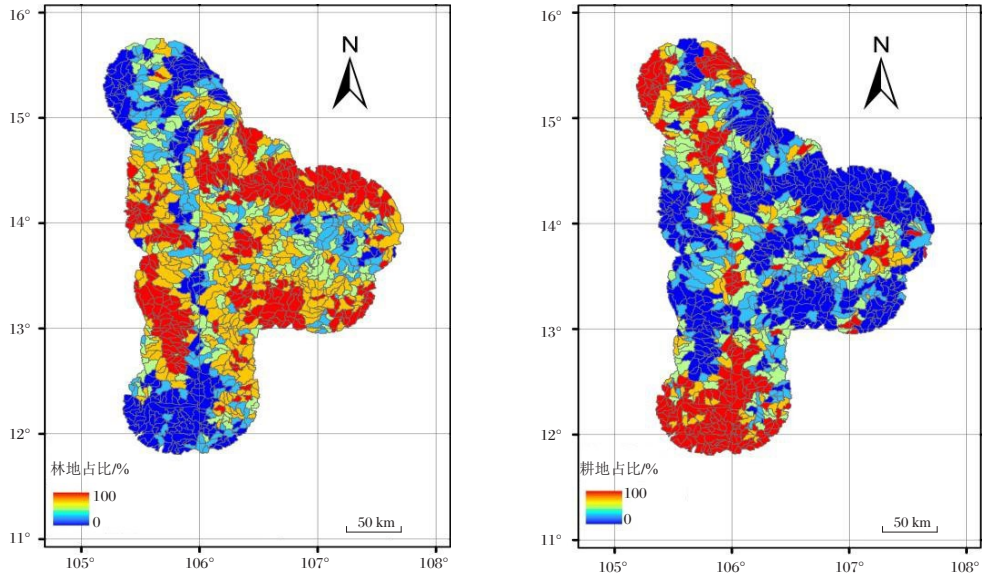

图4　研究区域子流域林地(左)与耕地(右)占比

Fig.4　Proportion of forest land (left) and cultivated land (right) in subwatersheds of the study area

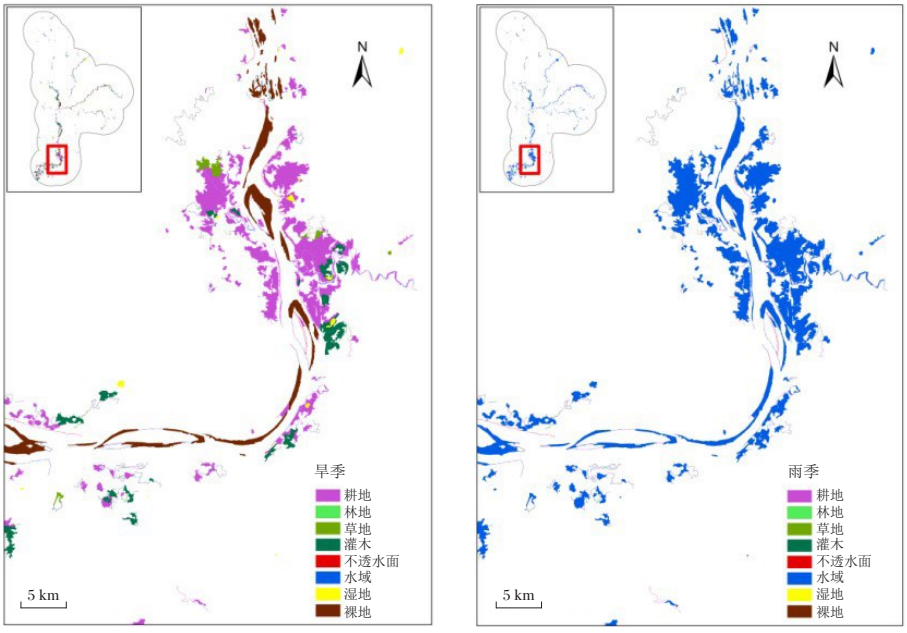

图5 研究区域旱季(左)和雨季(右)土地利用类型变化

Fig.5 Land use changes in the study area during dry season (left) and rainy season (right)

表1 研究区域土地利用变化转移矩阵

Tab.1 Transfer matrix of land use changes in the study area

雨季	旱季面积/hm²(占比/%)								总面积/hm²(占比/%)
	裸地	耕地	森林	草地	不透水面	灌木地	水体	湿地	
裸地	0.00 (0.00)	1.90 (0.00)	1.07 (0.00)	0.00 (0.00)	0.07 (0.00)	1.02 (0.00)	5.38 (0.01)	0.17 (0.00)	9.62 (0.02)
耕地	8.67 (0.02)	0.00 (0.00)	264.82 (0.57)	5.57 (0.01)	5.73 (0.01)	346.50 (0.75)	19.70 (0.04)	0.74 (0.00)	651.74 (1.41)
森林	45.99 (0.10)	43.80 (0.10)	0.00 (0.00)	90.13 (0.20)	1.20 (0.00)	58.97 (0.13)	208.51 (0.45)	1.42 (0.00)	450.02 (0.98)
草地	5.05 (0.01)	4.51 (0.01)	2.54 (0.01)	0.00 (0.00)	0.15 (0.00)	2.54 (0.01)	0.49 (0.00)	0.00 (0.00)	15.29 (0.03)
不透水面	2.07 (0.00)	8.11 (0.02)	0.64 (0.00)	0.41 (0.00)	0.00 (0.00)	0.76 (0.00)	5.22 (0.01)	0.16 (0.00)	17.36 (0.04)
灌木地	7.65 (0.02)	38.50 (0.08)	734.10 (1.59)	2.09 (0.00)	0.18 (0.00)	0.00 (0.00)	18.01 (0.04)	0.66 (0.00)	801.19 (1.74)
水体	9905.97 (21.49)	17352.43 (37.65)	1991.02 (4.32)	798.45 (1.73)	104.95 (0.23)	10121.55 (21.96)	0.00 (0.00)	3330.37 (7.23)	43604.74 (94.62)
湿地	57.93 (0.13)	65.19 (0.14)	265.50 (0.58)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	59.20 (0.13)	88.55 (0.19)	0.00 (0.00)	536.37 (1.16)
总和	10033.32 (21.77)	17514.44 (38.00)	3259.70 (7.07)	896.66 (1.95)	112.29 (0.24)	10590.54 (22.98)	345.86 (0.75)	3333.52 (7.23)	46086.33 (100.00)

这些区域涉及著名的3S小流域、老挝四千美岛和西潘墩湿地以及柬埔寨的湄公河洪泛平原，是湄公河流域典型的洪水高发区；湄公河流域明显的季节性降雨特点，导致这些区域土地利用类型的变化也非常明显。

2.2 旱季和雨季土壤侵蚀变化

研究区域旱、雨季土壤侵蚀情况如图6所示。雨季净增加约10 543 hm²的无侵蚀区域，占总变化面积的94.8%；旱季轻度、中度、强烈、极强烈和剧烈侵蚀面积均有所增加，以轻度和中度侵蚀增加为主，净增加面积分别为4 107 hm²和5 864 hm²，分别占总变化面积的36.9%和52.7%(表2)。研究表明，土壤侵蚀变化明显的区域位于南部湄公河主河道和3S小流域，这些区域是著名的水稻主产区，也是人口稠密的地方。由于气候变化、基础设施发展和人口增长的影响，湄公河流域土壤侵蚀有加剧趋势(MRC, 2015)。

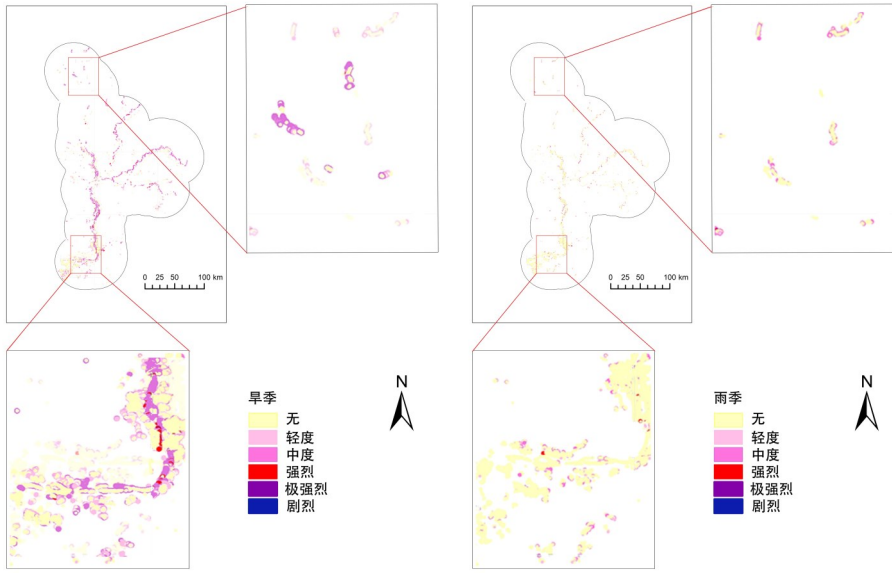

图6　研究区域旱季(左)和雨季(右)土壤侵蚀程度变化

Fig.6　Soil erosion changes in the study area during dry season (left) and rainy season (right)

表2　研究区域不同土壤侵蚀程度的旱雨季面积(占比)变化

Tab.2　Statistics on degree of soil erosion in the study area during dry and rainy seasons

雨季侵蚀程度	旱季侵蚀程度面积/hm²(占比/%)						合计/hm²(占比/%)
	无	轻度	中度	强烈	极强烈	剧烈	
无	0.00 (0.00)	4192.21 (37.71)	5904.23 (53.10)	510.10 (4.59)	49.77 (0.45)	7.38 (0.07)	10663.69 (95.91)
轻度	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	194.46 (1.75)	4.05 (0.04)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	198.51 (1.79)
中度	114.19 (1.03)	112.66 (1.01)	0.00 (0.00)	14.13 (0.13)	0.27 (0.00)	0.00 (0.00)	241.25 (2.17)
强烈	5.94 (0.05)	0.99 (0.01)	5.85 (0.05)	0.00 (0.00)	0.72 (0.01)	0.00 (0.00)	13.50 (0.12)
极强烈	0.09 (0.00)	0.00 (0.00)	0.72 (0.01)	0.18 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.99 (0.01)
剧烈	0.09 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.09 (0.00)
总计	120.31 (1.08)	4305.87 (38.73)	6105.26 (54.91)	528.46 (4.75)	50.76 (0.46)	7.38 (0.07)	11118.04 (100.00)

3　讨论

3.1　季节性降雨导致土地利用变化明显

湄公河流域为热带季风气候，常年炎热，季节性潮湿。冬季和夏季气流逆转，热带季风气候具有很强的季节性降雨特点。湄公河干流桔井监测站和色贡河、色桑河和斯雷博河主要支流监测站数据显示，8 月和 9 月平均流量都在 30 000 m³/s 以上，干流巴色站、支流色丹河站和南蒙河在 20 000 m³/s 以上。上述监测站在旱季(2–4 月)月均流量都在 5 000 m³/s 以下(长江水利委员会国际合作与科技局，2016)；同时，柬埔寨 70% 的农业人口和老挝 53% 的农业人口生活在河岸两侧 15 km 宽的河道走廊内，且主要以种植和捕鱼为生(MRC, 2017)；其中水稻(包括雨季稻、浮稻、洪水漫灌稻、旱季稻等)是流域内大部分居民的主要种植作物(MRC, 2019)。在明显的季节性降雨条件下，雨季和旱季的水稻平均产量存在明显差异(FAO–RDES 粮农组织–亚洲数据交换系统)。研究区域旱、雨季土地利用变化主要表现为河道沿岸水体动态，旱季水体转为耕地的占比最大，且耕地主要位于研究区域南部湄公河主河道沿岸。

3.2　土地利用类型转化导致土壤侵蚀变化

土壤侵蚀是湄公河流域主要的环境问题(吴芳等，2019)。总体上看，旱、雨季土壤极强烈侵蚀和剧烈侵蚀的区域变化不大，其他类型变化显著。旱季中度和轻度侵蚀面积相对于雨季有较大幅度的增加，雨季无侵蚀面积相对于旱季增加显著。

湄公河流域土壤侵蚀的主导因素是土地利用类型和坡度(吴芳等，2019)；本研究结果也证实了这一点。区域内旱、雨季土地利用类型在一定范围内发生显著变化，继而导致了土壤侵蚀方式和强度的变化。例如，耕地向林地、草地、水域的转化，将导致侵蚀强度显著降低；林地向耕地、草地转化，或者水域向其他土地利用类型的转化，均使侵蚀强度显著增加。

吴芳等(2019)基于土壤侵蚀空间特征，对 79.5 万 km² 湄公河流域的 33 个子流域进行了 4 个优

先治理等级分析。对照其结果，沙湾拿吉-桔井片区属于微度和轻度侵蚀，治理等级为第4级和第3级。本研究中，研究区域旱季和雨季无侵蚀-轻度侵蚀面积占比分别为91.20%和94.15%，强烈-极强-剧烈侵蚀面积占比为0.45%和0.53%。相较于湄公河流域其他区域，沙湾拿吉-桔井片区土壤侵蚀强度不高，与该区域裸地占比较少、植被覆盖度高有关。

3.3 加强湄公河流域水保措施和基础设施建设

沙湾拿吉-桔井片区是湄公河流域典型区域，有著名的3S小流域、四千美岛、西潘墩湿地和湄公河洪泛平原等，其生态功能非常重要。区域内人口密集，种植业和渔业发达，同时还具有贸易频繁、干支流水电开发较快、经济发展迅猛等特点。因此，在其水土保持过程中，改传统稻田种植为耕作、轮作和培肥一体化的水保措施，同时增强基础设施建设，加强河岸带生态护坡建设与管理，降低自然洪水或人为工程对自然林地和植被的破坏。

参考文献

毕晓丽,葛剑平,2004. 基于IGBP土地覆盖类型的中国陆地生态系统服务功能价值评估[J]. 山地学报, 22(1):48-53.

董哲仁,2008. 河流生态系统结构功能模型研究[J]. 水生态学杂志, 29(1):1-7.

甘淑,何大明,袁希平,2001. NDVI在澜沧江流域山区林地覆盖遥感监测中的应用研究[J]. 林业科学, 37(4):134-136.

姜昀,高吉喜,欧晓昆,2006. 澜沧江流域云南段土地利用格局变化及环境影响分析[J]. 环境科学研究, 19(3):46-51.

李立科,2011. 云南澜沧江流域植被时空动态及对区域气候变化的响应[D]. 上海:华东师范大学.

刘争光,2021. 土壤侵蚀研究进展[J]. 农业与技术杂志, 4(1):92-96.

陆颖,潘锋,何大明,2013. 基于分布式水文模型的藤条江河流土壤侵蚀研究[J]. 水生态学杂志, 34(1):1-6.

欧阳志云,王如松,赵景柱,1999. 生态系统服务功能及其生态经济价值评价[J]. 应用生态学报, 10(5):635-640.

史东梅,金慧芳,蒋光毅,2019. 土壤侵蚀对坡耕地耕层质量退化作用及其评价趋势展望[J]. 农业工程学报, 35(18):118-126.

王占礼,2000. 中国土壤侵蚀影响因素及其危害分析[J]. 农业工程学报, 16(4):32-36.

吴芳,朱源,许丁雪,等,2019. 湄公河流域土壤侵蚀空间特征及其优先治理区确定[J]. 生态学报, 39 (13):4761-4772.

伍星,沈珍瑶,刘瑞民,等,2009. 土地利用变化对长江上游生态系统服务价值的影响[J]. 农业工程学报, 25(8):236-241.

肖继兵,孙占祥,刘志,等, 2017. 降雨侵蚀因子和植被类型及覆盖度对坡耕地土壤侵蚀的影响[J]. 农业工程学报, 33(22):159-166.

姚华荣,崔保山,2006. 澜沧江流域云南段土地利用及其变化对土壤侵蚀的影响[J]. 环境科学学报, 26(8):1362-1371.

姚华荣,杨志峰,崔保山,2006. GIS支持下的澜沧江流域云南段土壤侵蚀空间分析[J]. 地理研究, 25(3):421-429.

长江水利委员会国际合作与科技局，2016. 湄公河开发利用与管理[M]. 武汉:长江出版社.

赵军,杨凯,2007 .生态系统服务价值评估研究进展[J]. 生态学报, 27(1):346-356.

中华人民共和国水利部, 2008. 土壤侵蚀分类分级标准:SL190-2007[S/OL]. 北京:中国水利水电出版社.[2008-01-04]https://wenku.so.com/d/0ab7f214901fb46b98fac34ec00a28bb

Barton A P, Fullen M A, Mitchell D J, et al, 2004. Effects of soil conservation measures on erosion rates and crop productivity on subtropical ultisols in Yunnan Province[J]. China Agriculture Ecosystems and Environment, 104:343-357.

Borrelli P, Alewell C, Alvarez P, et al, 2021. Soil erosion modelling: A global review and statistical analysis[J]. The Science of the Total Environment, DOI:10.31223/X5GS3T

MRC, 2011. Annual Mekong Flood Report 2010[R]. Mekong River Commission, Vientiane, Lao PDR.

MRC, 2015. Annual Mekong Flood Report 2014[R]. Mekong River Commission, Vientiane, Lao PDR.

MRC, 2017. Mekong basin-wide fisheries management and development strategy 2018－2022[R]. The Mekong River Commission,Vientiane, Lao PDR.

MRC, 2019. Final Report-Agricultural land use Monitoring [R]. The Mekong River Commission, Vientiane, Lao PDR.

（责任编辑 万月华）

Differences in Land Use and Soil Erosion During Dry and Rainy Seasons in the Savannakhet-Kratie Area of Mekong River

ZHAO Na[1], ZHANG Dao-xi[1], HAN Dong-feng[2,3], CHEN Xiao-juan[1], QIU Juan[4], JIN Yao[1], GONG Yu-tian[1]

(1. Key laboratory of Ecological Impacts of Hydraulic-projects and Restoration of Aquatic Ecosystem of Ministry of Water Resources, Institute of Hydroecology, Ministry of Water Resources and Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430079, P.R. China;
2. Key Laboratory for Meteorological Disaster Prevention and Mitigation of Shandong, Jinan 250031, P.R. China;
3. Shandong Provincial Climate Center, Jinan 250031, P.R. China;
4. Innovation Academy for Precision Measurement Science and Technology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430071, P.R. China)

Abstract: With the development of navigation, irrigation, hydropower, and fisheries in the Mekong River basin, the aquatic ecosystem of the river basin faces many challenges. Soil erosion has been the primary environmental problem in the Mekong River basin. In this study, we compared the vegetation cover and spatial distribution in a key area of the Mekong River basin and analyzed land use and soil erosion changes in the dry season (January-February) and rainy season (June-September), based on Landsat 8 remote sensing images and river network data. The study area included the Savannakhet-Kratie main stem and important tributaries (Nam Mun River, Se Done River, Se Kong River, Se San River, Sre Pok River) of the Mekong River, including the buffer zone within 50 km of the left/right banks of these rivers. Results show that: (1) seasonal precipitation led to obvious land use changes. The land use changes during the dry and rainy seasons were mainly manifested in the dynamic changes of riverside water bodies. The water area in the dry season decreased by 43 259 hm^2, accounting for 93.8% of the total change. Conversion to crop land accounted for 38.00% of the total change (17 514.44 hm^2), followed by shrub land (22.98%, 10 590.54 hm^2) and bare land (21.77%, 10 033.32 hm^2). (2) Changes in land use type led to soil erosion. No significant changes in the areas with extremely intensified soil erosion and violent soil erosion occurred during dry and rainy seasons. Light and moderate soil erosion primarily increased in the dry season, with net increases in area of 4 107 hm^2 and 5 864 hm^2, accounting respectively for 36.9% and 52.7% of the total change. Further, the increase in area mainly developed from the no erosion land type, as reflected by the drastic reduction in riverside water area during the dry season. We recommend that traditional rice planting be converted to integrated tillage methods that conserve soil and water, including rotation and fertilization. We also recommend strengthening the infrastructure, improving ecological slope protection, and reducing the damage to natural woodland and vegetation caused by flooding and man-made projects.

Key words: land use; soil erosion; dry season and rainy season; Mekong River