

2018—2019年河南省兰考县土地利用变化对耕地风蚀的影响

高睿瑜¹, 张芷温¹, 李文龙¹, 李明宇¹,
牛勇¹, 张荣华¹, 张光灿¹, 袁利², 张春强²

(1. 山东泰山森林生态系统国家定位研究站, 山东农业大学 林学院, 山东 泰安 271018; 2. 淮河水利委员会 淮河流域水土保持监测中心站 安徽 蚌埠 233001)

摘要: [目的] 探索淮河流域黄泛平原风沙预防区耕地风蚀现状、年度动态及其变化原因, 为区域风蚀研究与治理提供科学依据。[方法] 选取河南省兰考县为研究对象, 通过高分辨率遥感影像解译 2018、2019 年土地利用信息, 采用耕地风蚀模型计算风蚀模数, 分析土地利用年度变化对耕地风蚀的影响。[结果] ① 2018—2019 年, 兰考县土地利用以水浇地为主, 出现土地利用变化的区域面积为 21.40 km², 水浇地动态度为 -1.54%, 主要变化类型为水浇地转为其他林地, 面积 7.19 km²。② 兰考县耕地风蚀主要为微度, 其次为轻度。2018—2019 年, 轻度侵蚀面积减少 17.04 km², 动态度为 -12.13%。③ 2018—2019 年, 兰考县耕地风蚀变化的主要原因是水浇地面积、空间位置的变化, 因水浇地转出导致侵蚀减少的面积为 3.36 km², 主要位于仪封乡、城关镇等区域; 因水浇地转入造成侵蚀增加的面积为 0.98 km², 主要位于仪封乡、葡萄架乡等区域。[结论] 淮河流域黄泛平原风沙预防区土地利用结构、耕地风蚀特点鲜明, 水浇地变化直接影响耕地风蚀。因此, 区域应多关注耕地风蚀治理及耕地合理利用。

关键词: 风蚀动态变化; 耕地风蚀模型; 土地利用变化; 淮河流域黄泛平原; 风沙预防区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2021)01-0112-06

中图分类号: S157.1

文献参数: 高睿瑜, 张芷温, 李文龙, 等. 2018—2019 年河南省兰考县土地利用变化对耕地风蚀的影响 [J]. 水土保持通报, 2021, 41(1): 112-117. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2021.01.016; Gao Ruiyu, Zhang Zhiwen, Li Wenlong, et al. Effects of cultivated land on wind erosion of annual land use change at Lankao County, He'nan Province during 2018—2019 [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2021, 41(1): 112-117.

Effects of Cultivated Land on Wind Erosion of Annual Land Use Change at Lankao County, He'nan Province During 2018—2019

Gao Ruiyu¹, Zhang Zhiwen¹, Li Wenlong¹, Li Mingyu¹,
Niu Yong¹, Zhang Ronghua¹, Zhang Guangcan¹, Yuan Li², Zhang Chunqiang²

(1. Mountain Tai Forest Ecosystem Research Station of State Forestry/College of Forestry, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018, China; 2. Monitoring Center Station of Soil and Water Conservation, Huaihe River Commission, Ministry of Water Resources, Bengbu, Anhui 233001, China)

Abstract: [Objective] The current situation and annual dynamic change of wind erosion on cultivated land in the Yellow River alluvial area of the Huaihe River basin were studied to provide a scientific basis for regional wind erosion research and control. [Methods] Lankao County, He'nan Province, was selected as the research area to interpret the land use information in 2018 and 2019 using high-resolution remote-sensing images. The wind erosion model of cultivated land was used to calculate the modulus of wind erosion, and the effects on wind erosion of cultivated land of annual land-use change were analyzed. [Results] ① In 2018—2019, the major type of land use at Lankao County was irrigated land, and the area of land use change was 21.40 km². The dynamic degree of irrigated land was -1.54%. The main change in land use was from

收稿日期: 2020-07-01

修回日期: 2020-10-14

资助项目: 淮河水利委员会项目“基于遥感和土壤侵蚀模型的淮河流域重点预防区水土流失监测评价与消长分析”(SBJ-2019-010)

第一作者: 高睿瑜(1996—), 男(汉族), 山东省济南市人, 硕士研究生, 研究方向为水土保持监测与评价。Email: 13828860454@163.com。

通讯作者: 张荣华(1984—), 女(汉族), 山东省威海市人, 博士, 副教授, 主要从事水土保持监测与评价。Email: zrhua5766@163.com。

irrigated land to forest land (7.19 km²). ② The main wind erosion intensity on cultivated land at Lankao City was mild erosion, followed by light erosion. The erosion area was reduced by 17.04 km², and the dynamic degree was -12.13%. ③ During 2018—2019, the changes in wind erosion on cultivated land at Lankao County were closely related to the changes in the area and spatial location of the irrigated land. The area of erosion reduction caused by the rotation of irrigated land was 3.36 km², mainly located in Yifeng Township, Chengguan Town and other areas. The area increased by 0.98 km² due to the transfer of irrigated land, which was mainly located in Yifeng township, Putaojia Town and other areas. [Conclusion] The characteristics of land use and wind erosion on cultivated land in the Yellow River alluvial area of the Huaihe River basin are distinct, and the changes in irrigated land directly affect cultivated land wind erosion. Therefore, more attention should be paid to controlling the wind erosion of cultivated land and using the cultivated land effectively.

Keywords: dynamic change of wind erosion; model of wind erosion of cultivated land; land use change; Huaihe River basin; Yellow River alluvial area

黄泛平原风沙预防区土地利用以耕地为主,是中国重要产粮基地,由于地处半湿润季风气候区^[1],冬春季节干旱且风速较大,加上黄河冲淤、泛滥和引黄灌溉,带来丰富的沙物质^[2],使得该区域耕地上易出现风沙活动,造成水土流失。风蚀吹蚀土壤表层颗粒,使土壤养分流失,造成耕地生产力下降。为实现防风固沙、农田防护的目的,该区域应积极开展耕地风蚀研究。

耕地风蚀受表土湿度、风速、粗糙度等因素影响,因子变化造成侵蚀变化,但对于平原风沙区而言,表土湿度、风速等出现显著年度变化的可能性较小,土地利用变化成为影响耕地风蚀的主要因素^[3]。淮河流域黄泛平原风沙预防区耕种垦殖活动频繁,区域内易出现土地利用变化,如耕地变为园地、林地和建设用地等,激化了该区耕地风蚀的发生发展。因此,研究该区域内的土地利用变化对耕地风蚀的影响具有重要的意义。

国内外关于风蚀的研究多采用风洞模拟试验和风蚀模型的方法^[4-9],国内研究区域多集中在沙漠及其周围的干旱区^[4,7,9-11]。对于黄泛平原风沙预防区风蚀,相关研究始于 20 世纪末,朱震达^[12]、李福兴^[13]对区域风沙土特征及其分布规律进行了探索研究,随着遥感监测、GIS 技术的进步,黄泛平原风沙预防区风蚀研究内容逐渐丰富,研究尺度逐渐细化,如王友胜^[1]采用遥感与野外调查结合的方法,研究了淮河流域黄泛平原风沙区的风水侵蚀格局及其驱动因子;袁利等^[8]借助侵蚀模型研究了同一区域的水土流失现状与分布格局;宋胜明等^[2,17]结合风蚀定位观测数据分析了风速、粗糙度等因子对耕地风蚀的影响。目前,黄泛平原风沙预防区已开展大尺度风蚀研究,但县域尺度土地利用对耕地风蚀影响的研究内容仍较少。已有的关于土地利用变化^[14-16]及对土壤侵蚀影响的研究^[3,15-16]关注点多为水蚀区,平原区、风蚀区所受关注较少。因此,本研究选取淮河流域黄泛平原风沙预防区兰考县为研究对象,采用 2018,2019 年高分辨

率遥感影像,分析土地利用、耕地风蚀的年度动态变化,并探索土地利用年度变化对耕地风蚀的影响。本研究可丰富黄泛平原风沙预防区风蚀研究成果,为耕地合理利用、制定区域水土流失治理对策提供参考。

1 研究区概况

淮河流域黄泛平原风沙预防区地形平坦,旱风同季、雨热同期,地表沙物质丰富,风蚀是造成区域内水土流失的主要原因。兰考县位于预防区的中部、河南省东北部,地处黄河南岸,与东明县、祥符区、杞县、曹县接壤,县域面积 1 116 km²,位于 34.44°—35.01°N 和 114.40°—115.16°E。兰考县属暖温带大陆性季节性气候,四季分明,冬季平均风速为 1.71 m/s,春季平均风速 1.89 m/s,2 月风速值最高,为 5.9~10.95 m/s^[17];年平均降水量 678.2 mm,降水主要集中在夏季;年均温约 14℃。地貌以平原为主,地形起伏度低,地势西北偏高东南偏低;潮土和风沙土、盐土为主要土壤类型,质地以砂壤土为主。植被以暖温带落叶阔叶林为主,如杨树等;耕地灌溉水源充足,多水浇地,作物耕作主要为一年两熟制,主要为小麦与花生、玉米或地瓜轮作,部分区域存在一年一熟制,冬季多闲置或留茬,是风蚀易发生区域。

2 研究方法

2.1 数据类型及来源

本研究中所用数据包括高分辨率遥感影像、风速数据、粗糙度数据及表土湿度数据、土壤数据。高分辨率遥感影像为 2018,2019 年两期,由 GF-1,GF-2 和 ZY-3 卫星影像拼接而成,分辨率为 2 m,时相以 12 月为主;风速数据为兰考县风蚀定位观测站及周边县市气象站实测数据;粗糙度数据来自兰考县风蚀定位观测站一年一熟、一年两熟样地小区内实测数据;表土湿度数据(SMAP Level 3 土壤湿度产品)来源

于 NASA 网站 (<http://earthdata.nasa.gov/>)。土壤数据为河南省土壤类型图(1:500 000),用于辅助分析。

2.2 土地利用

2.2.1 土地利用解译 依据兰考县两期遥感影像的色彩、纹理、形状等特征,参考《区域水土流失动态监测技术规定》中土地利用分类标准,结合区域实际情况,借助 ArcGIS 10.2, Google Earth 等进行人机交互解译,生成用土地利用代码(表 1)表示的 SHP 图层,进而提取兰考县 2018,2019 年 2 a 的土地利用(2 级类)数据。

表 1 土地利用分类代码

土地利用			土地利用		
一级类	二级类	代码	一级类	二级类	代码
耕地	水田	11	建设用地	城镇建设用地	51
	水浇地	12		农村建设用地	52
	旱地	13		采矿用地	53
果园	21	其他建设用地		54	
园地	茶园	22	交通运输用地	农村道路	61
	其他园地	23		其他交通用地	62
	林地	有林地	31	水域及水利设施用地	河湖库塘
灌木林地		32	沼泽地		72
其他林地		33	冰川及永久积雪		73
草地		天然牧草地	41		其他土地
	人工牧草地	42	沙地	82	
	其他草地	43	裸土地	83	
				裸岩石砾地	

2.2.2 土地利用变化 借助单一土地利用动态指数、转移矩阵^[18]及变化图分析土地利用变化的幅度、类型和空间分布。叠加 2018,2019 年土地利用图,对比数据,生成年度土地利用变化图、年度土地利用转移矩阵。

单一土地利用动态指数(K_1)可反映一定时间内各土地利用类型的变幅和变速^[19],计算公式为:

$$K_1 = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (1)$$

式中: U_a, U_b 表示研究始、末某一土地利用类型的面积; T 表示研究时间(年)。

2.3 耕地风蚀

2.3.1 耕地风蚀量 本研究借助 ArcGIS 10.2 的 Raster Calculator 功能,运行第一次全国水利普查(风蚀)中的耕地模型(式 2),计算 2018,2019 年的耕地土壤侵蚀量:

$$Q_{fa} = 0.018 \cdot (1-W) \cdot \sum_{j=1} T_j \cdot \exp \left\{ a_1 + \frac{b_1}{z_0} + c_1 \cdot [(A \cdot U_j)^{0.5}] \right\} \quad (2)$$

式中: Q_{fa} 表示耕地风蚀模数 $[t/(hm^2 \cdot a)]$; W 表示表土湿度因子(%); T_j 表示一年内风蚀发生期间各

风速等级的累积时间(min); Z_0 表示地表粗糙度,无量纲; A 表示与耕作措施有关的风速修订系数,无量纲,取值 0.893; U_j 表示 j 等级的平均风速(m/s); j 表示风速等级序号,耕地临界侵蚀风速为 5 m/s,在 5~40 m/s 内按 1 m/s 为间隔划分为 35 个等级; a_1, b_1, c_1 是与土壤类型有关的常数,无量纲,分别取值 -9.208, 0.018, 1.955。

(1) 风力因子。据兰考县风蚀定位站及周边县市 2013—2019 年风速观测数据,按 1 m/s 的间隔统计临界侵蚀风速以上各等级风速的累积时间,生成 24 个半月 10 m 空间分辨率的栅格数据。

(2) 地表粗糙度因子。依据兰考县风蚀定位观测站实测数据,结合野外调查中对农作物类型、盖度及高度的调查结果,对一年一熟、一年两熟制的耕地进行粗糙度赋值,生成 24 个半月 10 m 空间分辨率的栅格数据。

(3) 表土湿度因子。对 2015—2018 年 SMAP Level 3 数据进行预处理,相同半月数据取平均,得 24 个半月 10 m 空间分辨率的栅格数据。2015—2017 年数据取平均用于 2018 年土壤侵蚀量计算,2015—2018 年数据用于 2019 年土壤侵蚀量计算。

计算所得的 Q_{fa} 依据《土壤侵蚀分类分级标准》(SL190-2007)^[20]进行侵蚀强度判定,得兰考县 2018,2019 年耕地风蚀图。

2.3.2 侵蚀动态变化 借助侵蚀动态指数(K_2)、侵蚀变化图、侵蚀转移矩阵分析兰考县侵蚀动态变化情况。将 2018,2019 年耕地风蚀图进行对比、叠加分析,生成侵蚀变化图、侵蚀转移矩阵。

侵蚀动态指数(K_2)可反映某时间段各级侵蚀的变幅,计算公式为:

$$K_2 = \frac{S_b - S_a}{S_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (3)$$

式中: S_a, S_b 表示研究始、末各级侵蚀的分布面积; T 表示研究时间(a)。

3 结果与分析

3.1 土地利用现状和年度变化

3.1.1 土地利用现状 根据所得兰考县土地利用类型面积(表 2)和转移矩阵(表 3)可知,兰考县土地利用以耕地为主,其次为建设用地和林地。2019 年,耕地面积 695.14 km²,占全县总面积的 62.29%;建设用地面积 234.60 km²,占 21.01%,林地 86.36 km²,占 7.74%。耕地以水浇地为主,面积为 678.29 km²,占耕地面积的 99.16%;水田面积 5.80 km²,无旱地分布。

3.1.2 土地利用年度变化 兰考县 2018—2019 年土地利用变化如表 2—3。2018—2019 年出现土地利用类型变化的区域共 21.40 km², 面积变化(表 2)最明显的是耕地, 其面积由 695.14 km²(占全县面积 62.29%)变为 684.09 km²(占全县面积 61.30%), 减少 11.05 km²; 林地、草地变化次之, 林地面积由 81.12 变为 86.36 km², 增加 5.24 km²; 草地面积增加 3.08 km²; 水域及水利设施用地面积增加 2.33 km²; 建设用地面积增加 2.22 km²; 园地面积减少 1.22 km²; 交通运输用地面积减少 0.7 km²; 其他土地面积最少, 为

0.1 km²。在动态度方面, 草地变化幅度最大, 动态度为 148.08%; 其次为林地、园地, 动态度分别为 6.46%, -5.94%; 耕地虽面积变化较大, 但分布较多, 动态度仅为 -1.59%。变化区域在全县均有分布, 西部和北部相对较多。

耕地变化以水浇地为主, 2018—2019 年, 兰考县水浇地面积由 688.93 km²(占全县面积 61.73%)变为 678.29 km²(占全县面积 60.78%), 减少 10.64 km², 动态度为 1.54%。水浇地占耕地面积比例由 99.11%增至 99.16%(表 3)。

表 2 兰考县 2018—2019 年各土地利用类型面积及变化

土地利用类型		2018 年面积/ km ²	2019 年面积/ km ²	动态度 K _i /%	
一级类	二级类及代码			一级类	二级类
耕地	水田 11	6.21	5.8	-1.59	-6.60
	水浇地 12	688.93	678.29		-1.54
园地	果园 21	20.54	19.32	-5.94	-5.94
林地	有林地 31	57.67	54.97	6.46	-4.68
	其他林地 33	23.45	31.39		33.86
草地	人工牧草地 42	0.46	2.28	148.08	395.65
	其他草地 43	1.62	2.88		77.78
建设用地	城镇建设用地 51	71.22	70.91	0.96	-0.44
	农村建设用地 52	144.46	149.99		3.83
	采矿用地 53	2.53	8.52		236.76
	其他建设用地 54	14.17	5.18		-63.44
交通运输用地	农村道路 61	0.64	0.65	-1.98	1.56
	其他交通用地 62	34.74	34.03		-2.04
水域及水利设施用地	河湖库塘 71	49.36	51.69	4.72	4.72
其他土地	沙地 82	0	0.1	—	—

表 3 兰考县 2018—2019 年土地利用转移矩阵

项目	2019 年面积														合计
	11	12	21	31	33	42	43	51	52	53	54	61	62	71	
11	5.75	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.80
12	0.20	672.65	1.31	1.46	0.05	0	0	0.02	0.37	0.11	1.13	0	0.97	0.02	678.29
21	0	0.23	19.09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19.32
31	0	0.65	0	54.28	0.04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54.97
33	0	7.19	0.04	1.00	23.00	0	0.01	0.06	0.05	0.02	0	0	0.02	0	31.39
42	0	1.79	0.03	0	0	0.46	0	0	0	0	0	0	0	0	2.28
43	0	0.68	0	0	0.02	0	1.57	0	0	0.61	0	0	0	0	2.88
51	0	0.73	0.02	0.10	0.00	0	0	69.99	0	0.07	0	0	0	0	70.91
52	0.01	0.75	0	0.20	0	0	0	0	141.51	0.02	7.49	0	0	0.01	149.99
53	0	2.78	0	0.46	0.10	0	0	1.15	2.51	0.92	0.55	0	0.02	0.03	8.52
54	0	0.07	0	0.01	0.05	0	0.04	0	0	0.01	4.98	0	0.02	0	5.18
61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.64	0.01	0	0.65
62	0	0.28	0.01	0	0.02	0	0	0	0.01	0.02	0	0	33.69	0	34.03
71	0.25	1.03	0	0.16	0.17	0	0	0	0.01	0.74	0.02	0	0.01	49.30	51.69
82	0	0.05	0.04	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0.10
合计	6.21	688.93	20.54	57.67	23.45	0.46	1.62	71.22	144.46	2.53	14.17	0.64	34.74	49.36	116

注:表中 2019 年列下 2 位数字及 2018 年下的 2 位数字为土地利用类型代码, 详见表 2 中土地利用类型中二级类及代码。下同。

由土地利用转移矩阵(表 3)可知, 水浇地转出面积为 16.28 km², 转入面积为 5.64 km²。水浇地的变化

中, 面积最大为水浇地变为其他林地, 面积为 7.19 km², 造成此变化的原因是高速公路两侧土地由种植农作

物改为绿化苗木,主要分布在孟寨乡、仪封乡、爪营乡(图 1);其次为水浇地变为采矿用地,面积 2.78 km²,原因是建设用地扩建,在农田上进行生产建设活动,出现扰动,主要出现在城关镇和许河乡;而水浇地变

为人工牧草地则是由畜牧公司承包河岸农田用于种植牧草导致,面积 1.79 km²,主要集中在出现在谷营镇;有林地、果园变为水浇地是由土地作物变更造成,面积分别为 1.46,1.31 km²。

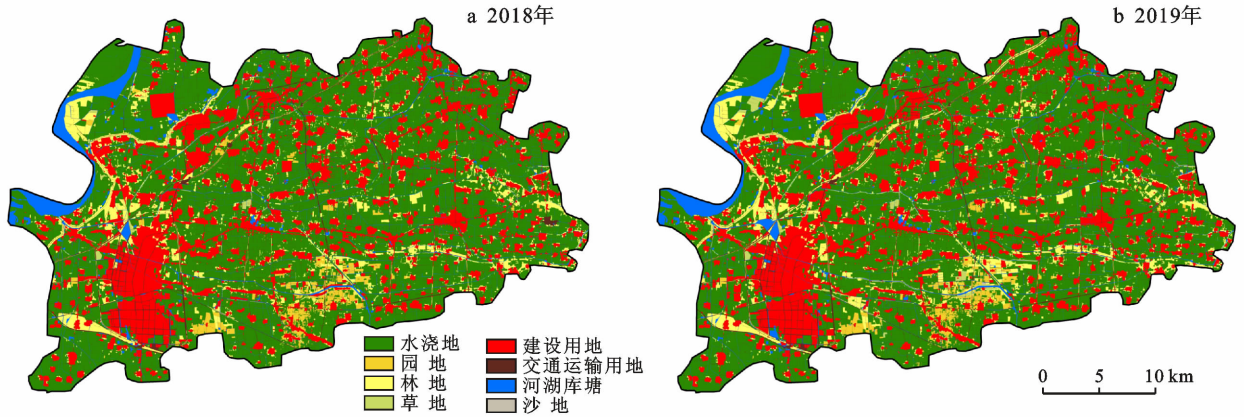


图 1 兰考县 2018—2019 年土地利用类型分布

3.2 耕地风蚀现状和动态变化

3.2.1 侵蚀现状 兰考县耕地风蚀主要为微度侵蚀,其次为轻度侵蚀(图 2—3),2019 年轻度侵蚀面积 123.41 km²,占耕地总面积的 18.19%,主要分布于仪封乡、葡萄架乡、谷营镇的西北部、张君墓镇南部和

西部以及三义寨乡的南部。易发生侵蚀的耕地主要为:①耕作制度为一年一熟制,冬季闲置;②沙土、小两合土、草甸风沙土的分布区域。建造大棚或覆盖地膜种植作物的耕地上无侵蚀;冬春季侵蚀强度高于夏秋季;集中分布在坡度 < 2° 的水浇地上。

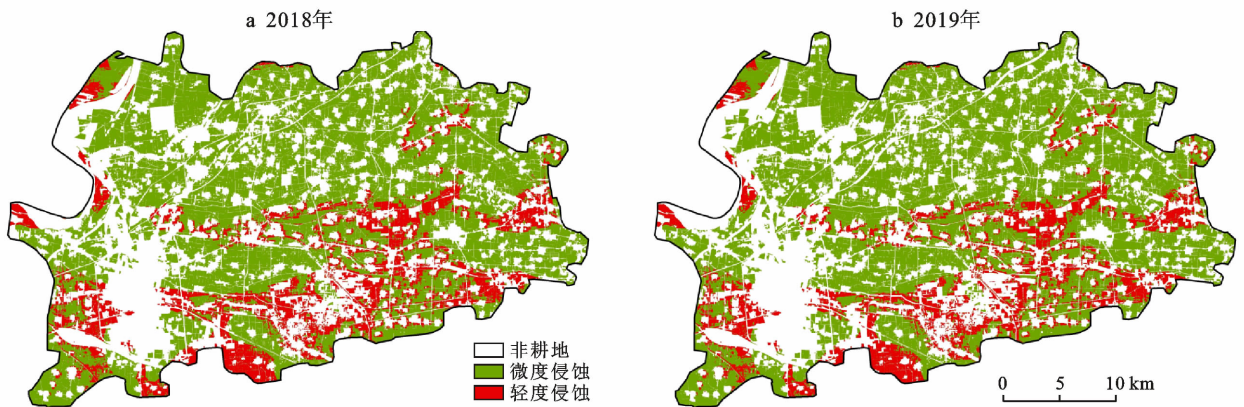


图 2 兰考县 2018—2019 年耕地风蚀面积分布

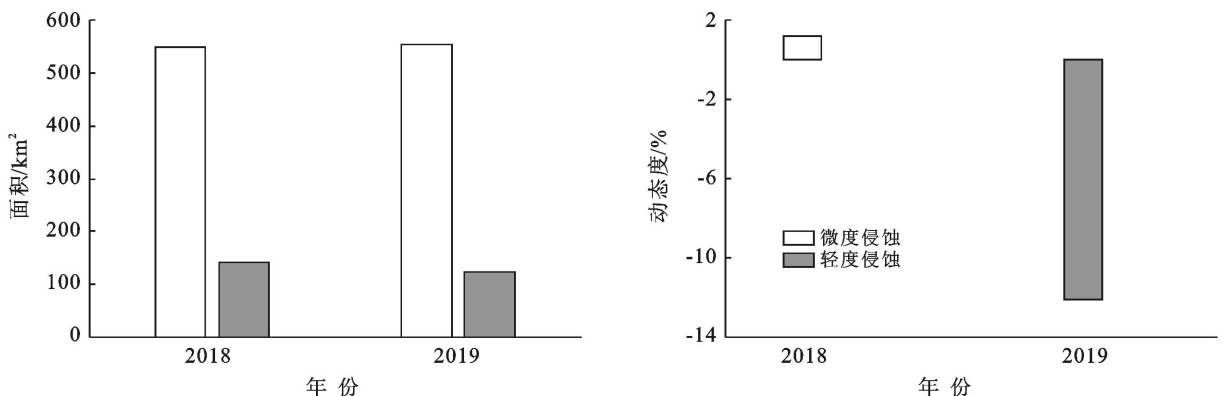


图 3 兰考县耕地风蚀动态变化特征

3.2.2 侵蚀动态变化 由图 2—3 可知,2018—2019 年兰考县微度侵蚀面积增加 6.4 km²,动态度 1.17%;轻度侵蚀减少 17.04 km²,动态度为-12.13%,水土流失面积减少。侵蚀强度增加区域主要在仪封乡、葡萄架乡,侵蚀强度下降区域主要在仪封乡、张君墓镇、城关镇、三义寨乡、谷营镇、东坝头乡等区域。

3.3 土地利用年度变化对耕地风蚀影响

运用 ArcGIS 10.2 的 Tabulate Area 工具,选定土地利用与侵蚀均发生变化的区域,将耕地风蚀变化图、土地利用变化图叠加分析,统计矩阵数据,分析得到土地利用年度变化对耕地风蚀的影响结果(表 4)。

表 4 兰考县 2018—2019 年土地利用变化、土壤侵蚀动态变化对应关系

土地利用类型代码		侵蚀强度降低/ km ²	侵蚀强度升高/ km ²
2018 年	2019 年		
11	12		0.02
21	12		0.28
31	12		0.63
52	12		0.03
53	12		0.02
12	11	0.03	
12	21	0.09	
12	31	0.12	
12	33	1.21	
12	42	0.17	
12	43	0.15	
12	51	0.15	
12	52	0.18	
12	53	0.71	
12	62	0.08	
12	71	0.46	
12	82	0.01	

注:表中各土地利用类型代码含义见表 1。

土地利用变化会造成耕地风蚀动态变化,水浇地的变化对耕地风蚀存在直接影响,两者存在以下 3 种关系:①水浇地转为水田、果园、有林地、其他林地、人工牧草地、其他草地、沙地时,耕地风蚀面积可能减少,其他类型风蚀面积增加,侵蚀强度降低,该变化区域涉及风蚀减少 1.78 km²。②水浇地转为城镇建设用地、农村建设用地、采矿用地、其他交通用地和河湖库塘时,耕地风蚀面积可能减少,该变化区域涉及风蚀减少 1.58 km²。③水田、果园、有林地、农村建设用地、采矿用地转为水浇地时,耕地风蚀分布面积可能增加,该变化区域涉及风蚀增加 0.98 km²。

当水浇地变为其他土地利用方式时,耕地风蚀分布面积减少,侵蚀强度降低,耕地风蚀出现积极变化;当林园草地变为水浇地时,耕地风蚀面积增加,侵蚀模数升高;当水田、建设用地等变为水浇地时,无风蚀

的区域出现微度或轻度风蚀,且耕地风蚀面积增加。水浇地转出使侵蚀多产生积极动态变化,转入使侵蚀产生消极动态变化。

4 讨论与结论

(1) 兰考县主要土地利用类型为耕地、林地和建设用地,耕地以水浇地为主;2018—2019 年,土地利用变化较明显,耕地面积变化最大,草地变幅最大,主要变化为水浇地变为其他林地,面积为 7.19 km²;水浇地转出面积大于转入。对比王友胜^[1]、袁利等^[8]对淮河流域黄泛平原风沙预防区土地利用的研究,本研究结果与之吻合。不同之处在于,本研究分析了县域尺度的土地利用现状及其空间分布特征,研究区域细化,且增加了年度土地利用变化内容,研究内容更加丰富。

(2) 兰考县耕地风蚀主要为微度侵蚀,其次为轻度侵蚀,轻度侵蚀主要分布在仪封乡、葡萄架乡等地。2018—2019 年,轻度侵蚀面积减少 17.04 km²。对比其他相关研究^[1,8,21],区域内风蚀强度主要为微度和轻度,本研究中耕地风蚀特征与之一致,但研究区域尺度细化,还分析了侵蚀的年度动态变化,数据更为直观。

(3) 兰考县水浇地变化直接影响耕地风蚀。当水浇地转为水田、林园草地及沙地,耕地风蚀面积减少,侵蚀强度降低;水浇地转为建设用地、其他交通用地和河湖库塘,区域内无风蚀;当水田、林园地、建设用地转为水浇地,耕地风蚀面积增加,侵蚀强度升高。

本研究分析了豫东北黄泛平原风沙预防区典型县——兰考县土地利用、耕地风蚀的分布规律及其动态变化特征,探索了年度土地利用变化对耕地风蚀的影响,总体结论与同类研究相比具有一定可信度,可为黄泛平原风沙预防区水土流失动态监测提供相关依据。但水土保持监测技术持续进步,风蚀相关内容关注度仍在提高,研究内容可进一步丰富和补充。

[参 考 文 献]

- [1] 王友胜. 淮河流域黄泛区风水侵蚀格局及其驱动因子研究[D]. 山东 泰安:山东农业大学,2012.
- [2] 宋胜明. 黄泛区不同耕地类型土壤理化特性及其风蚀影响因子研究[D]. 山东 泰安:山东农业大学,2017.
- [3] 冯精金, 史明昌, 姜群鸥. 潮白河流域土地利用/覆被变化对土壤侵蚀的影响[J]. 中国水土保持科学, 2019, 17(3):121-132.
- [4] 毛旭芮, 杨建军, 曹月娥, 等. 土壤结皮面积与结皮分布对风蚀影响的风洞模拟研究[J]. 水土保持学报, 2020, 34(3):1-7.

- [4] Yuan Y, Bingmer R L, Reibich R A. Evluation of AnnAGNPS on Mississippi Delta MSEA watersheds [J]. Transactions of the Asae, 2001,45(5):1183-1190.
- [5] Sarangi A, Cox C A, Madramooto C A. Evaluation of the AnnAGNPS model for prediction of runoff and sediment yields in St. Lucia watersheds[J]. Biosystems Engineering, 2007,97(2):241-256.
- [6] 董亮. GIS 支持下西湖流域水环境非点源污染研究[D]. 浙江 杭州:浙江大学,2001.
- [7] 卢彬彬,陈莹,陈兴伟,等. 基于 AnnAGNPS 模型的山美水库流域非点源氮控制研究[J]. 亚热带资源与环境学报,2019,14(1):54-61.
- [8] 娄永才,郭青霞. 岔口小流域 AnnAGNPS 模型参数敏感性分析[J]. 生态与农村环境学报,2018,34(3):207-215.
- [9] 徐恺,苏华,杨静学,等. 基于多源数据 AnnAGNPS 西枝江流域的污染模拟研究[J]. 农业环境与发展,2012,29(1):52-57.
- [10] 高银超,鲍玉海,唐强,等. 基于 AnnAGNPS 模型的三峡库区小江流域非点源污染负荷评价[J]. 长江流域资源与环境,2012,21(S1):119-126.
- [11] 赵串串,冯倩,侯文涛,等. 基于 AnnAGNPS 模型的澜河流域非点源污染模拟研究[J]. 环境污染与防治, 2019,41(3):317-322.
- [12] 李硕,刘磊. AnnAGNPS 模型在激水河流域产水、产沙的模拟评价[J]. 环境科学,2010,31(1):49-57.
- [13] 朱良峰,吴信才,刘修国. GIS 中矢量多边形网格化问题研究[J]. 地理与地理信息科学,2004,20(1):12-15.
- [14] 熊立华,郭生练. 基于 DEM 的数字河网生成方法的探讨[J]. 长江科学院院报,2003,20(4):14-17.
- [15] 赵串串,高瑞梅,章青青. 基于 AnnAGNPS 模型的罗李村子流域水文模拟与评价[J]. 水土保持研究,2017,24(2):137-141.
- [16] 王晓燕,林青慧. DEM 分辨率及子流域划分对 AnnAGNPS模型模拟的影响[J]. 中国环境科学, 2011, 31(S1): 46-52.
- [17] Shamshad A, Leow C S, Ramlah A, et al. Applications of AnnAGNPS model for soil loss estimation and nutrient loading for Malaysian conditions [J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2008,10(3):239-252.
- [18] 李家科. 流域非点源污染负荷量化研究[D]. 陕西 西安:西安理工大学,2009.

(上接第 117 页)

- [5] Kouchami-Sardoo I, Shirani H, Esfandiarpour-Boroujeni I, et al. Application of a Bayesian belief network model for assessing the risk of wind erosion: A test with data from wind tunnel experiments [J]. Aeolian Research, 2019, 41:100543.
- [6] Feizi Z, Ayoubi S, Mosaddeghi M R, et al. A wind tunnel experiment to investigate the effect of polyvinyl acetate, biochar, and bentonite on wind erosion control [J]. Archives of Agronomy and Soil Science, 2019, 65(8):1049-1062.
- [7] 梁会,田美荣,钱金平,等. 基于风蚀模型的宁夏土壤风蚀特征及影响因素[J]. 水土保持研究,2019,26(1):34-40.
- [8] 袁利,张春强,张芷温,等. 淮河流域黄泛平原风沙区水土流失格局[J]. 中国水土保持,2019(12):10-13.
- [9] 王旭洋,郭中领,常春平,等. 中国北方农牧交错带土壤风蚀时空分布[J]. 中国沙漠,2020,40(1):12-22.
- [10] 徐涛,蒙仲举,党晓宏,等. 乌兰布和沙漠绿洲农田不同土地利用方式地表风蚀特征研究[J]. 土壤,2018,50(3):606-612.
- [11] 康玉梅,常春平,王仁德,等. 北方农牧交错带缓坡耕地土壤风蚀特征[J]. 水土保持学报,2012,26(5):55-58.
- [12] 朱震达. 湿润及半湿润地带的土地风沙化问题[J]. 中国沙漠,1986,6(4):5-16,2.
- [13] 李福兴. 黄淮海平原砂地土壤的基本特性及其改造利用的初步研究:以山东省夏津县黄河故道区为例[J]. 中国沙漠,1989,9(1):50-63.
- [14] 李孝永,匡文慧. 北京城市土地利用/覆盖变化及其对雨洪调节服务的影响[J]. 生态学报,2020,40(16):5525-5533.
- [15] 李茂娟,李天奇,朱连奇,等. 50 年来东北黑土区土地利用变化对沟蚀的影响:以克东地区为例[J]. 地理研究, 2019,38(12):2913-2926.
- [16] 黄凯旋,刘扬,董晓健,等. 基于土地利用变化的三峡库区(湖北段)土壤侵蚀消长研究[J]. 水土保持研究, 2020,27(1):1-6,20.
- [17] 宋胜明,刘霞,张荣华,等. 黄泛风沙区耕地土壤风蚀影响因子的通径分析[J]. 水土保持通报,2017,37(3):249-253.
- [18] 皮泓漪,张萌雪,夏建新. 黄土高原退耕区土地利用变化及土壤侵蚀分析:以宁夏泾源县为例[J]. 应用基础与工程科学学报,2020,28(3):522-534.
- [19] 刘金巍,靳甜甜,刘国华,等. 黑河中上游地区 2000—2010 年土地利用变化及水土保持服务功能[J]. 生态学报,2014,34(23):7013-7025.
- [20] 中华人民共和国水利部. 土壤侵蚀分类分级标准:SL 190-2007[S]. 北京:中国水利水电出版社,2008.
- [21] 张乐. 鲁西北黄泛区土壤侵蚀研究[D]. 北京:北京林业大学,2019.