

甘雪坤,周宝同,王 蓉,等.重庆市土地利用多功能性评价[J].江苏农业科学,2019,47(1):277-281.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.01.065

重庆市土地利用多功能性评价

甘雪坤¹,周宝同^{1,2},王 蓉¹,张 勇¹

(1. 西南大学地理科学学院,重庆 400715; 2. 重庆市盛地土地经济研究院,重庆 400000)

摘要:研究评价重庆市土地利用多功能性可以为重庆市土地协调性与多元化发展指明方向。研究采用土地利用多功能评价方法,测量重庆市 2000—2014 年间的土地利用多功能性。研究结果表明,2000—2014 年重庆市土地利用多功能协调性下降,总功能逐步提高,多元化日渐增强。经济功能快速提高,社会功能低度持续,生态功能低度持续。重庆市土地利用今后应重点关注生态功能的持续,保持经济稳定发展,并逐步提高社会功能。

关键词:土地利用;多功能性评价;经济功能;社会功能;生态功能;重庆市

中图分类号: F301.24 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)01-0277-04

随着人类认识的发展,至 20 世纪 90 年代后期,多功能性研究这一概念逐渐被广泛认可,从农业部门延伸为多个领域的重要研究内容^[1]。土地利用多功能性是一个区域经济、生态和社会等各个土地利用功能的综合体现,是土地利用评价的重要手段,不同的土地利用类型与土地利用方式,对土地的影响不同,所产出的产品以及带来的收益也不同,一般用土地利用功能来表现^[2-3]。土地利用方式是否合理与多样性,影响着—个区域的可持续性发展^[4]。

重庆市地形起伏,是我国面积最大最年轻的直辖市^[5]。根据土地利用现状变更调查,2012 年与 2011 年相比,各地类都发生了变化,耕地与建设用地在增加,其他用地却在减少^[6]。各类型用地互相抢占土地,土地资源供求不平衡^[7-9],重庆市土地利用需要科学提升土地利用效率,这就要求统筹协调经济发展与生态保护、生产功能与环境保护、经济发展与生产功能的关系,关注土地利用多功能性。首先要求掌握区域土地利用的现状与特征。本研究运用土地利用多功能评价方法对重庆市土地利用进行多功能性评价,期望能为重庆市土地利用评价提供借鉴^[10]。

1 材料与方法

1.1 研究区域及数据来源

1.1.1 研究区概况 重庆市位于 28°10′~32°13′N、105°11′~110°11′E 之间,全区面积 8.24 万 km²,南北长 450 km,东西宽 470 km,位于嘉陵江和长江的交汇处,是中国最大的内陆山区城市、长江上游发展最快的经济中心、金融中心和—水陆空交通枢纽^[11]。自重庆直辖以来,重庆市经济迅速发展,土地利用类型发生巨大变化,各类型土地之间矛盾日益

凸显,重庆市土地利用多功能状态已不容乐观。

1.1.2 数据来源 研究涉及人均粮食产量、二三产业产值、城乡收入、交通用地面积、森林覆盖率等数据来自于重庆市统计年鉴(2000—2015 年),其中人口数据分别来源于第四次人口普查(1990 年)、第五次人口普查(2000 年)和第六次人口普查(2010 年);水资源总量和水土面积流失比例来源于重庆市水资源公报(1999—2014 年)。

1.2 研究方法

本研究采用表征方法^[12],即划分土地利用功能类型,构建评价指标体系,计算权重及确定阈值,综合评价计算各功能分值,计算分析各功能基础数值,表现土地利用功能发展水平及变化特征。

1.2.1 土地利用功能类型划分 一个健康的土地系统需要保持结构完整性、实现功能连续性,其中功能优化为核心和最终目标^[13-14]。本研究将重庆市土地利用功能分为 3 个类型,即经济功能、社会功能、生态功能,每个功能类型下包括子功能。经济功能中农业生产功能是经济发展的基础,交通保障功能是经济发展的必要条件,经济发展功能是经济发展的体现方式;社会功能包括社会保障、就业支持、居住家园、文化休闲等功能;社会功能是体现区域人类物质生活水平的重要指标;生态功能是土地评价的重要方面,包括生态维持、生态调节等主要功能。上述各功能是自然与社会经济系统之间相互联系产生的结果^[13]。

1.2.2 区域评价指标体系和权重 根据敏感性、整体性、代表性等原则^[15]选择表现重庆土地利用功能的指标,建立指标体系。根据参考文献资料,考量数据的可获得性后,共选取了 16 个指标研究重庆市土地利用的经济、社会及生态功能(表 1)。各指标及各功能的权重运用层次分析法来确定。

1.2.3 指标阈值及标准化 确定多功能性评价指标阈值是进行后续研究的重要步骤。土地利用多功能性评价指标的阈值是指土地资源在现阶段可持续利用下,各指标能够达到的合理值。借鉴已有文献研究^[10,12,16],确定指标阈值可参照以下原则:(1)自然环境最大承受能力,如指标 x_{16} ;(2)区域资源约束与区域的开发性,如 x_3 、 x_{10} ~ x_{15} ;(3)高标准可发展的目标,如 x_1 、 x_2 、 x_4 ~ x_9 ^[17](表 2)。

收稿日期:2017-09-22

基金项目:重庆市软科学研究计划(编号:estc2012cx-rkx-B00040)。

作者简介:甘雪坤(1992—),女,重庆人,硕士研究生,主要研究方向为土地利用与土壤环境。E-mail:976066729@qq.com。

通信作者:周宝同,博士,副教授,硕士生导师,主要研究方向为国土管理和规划研究。E-mail:379485639@qq.com。

表 1 重庆市土地利用多功能性评价指标体系

目标层	目标层 单项权重	因素层	因素层 子功能权重	指标	指标权重	指标说明	指标属性
经济功能	0.323	农业生产功能 ENF ₁	0.250	人均粮食量 x_1	1.000	粮食产量/区域总人口	+
				粮食单产量 x_2	1.000	粮食总产量/粮食作物实际 占用耕地面积	+
		交通保障功能 ENF ₂	0.400	交通用地密度 x_3	0.987	交通用地面积/区域土地面积	+
		经济发展功能 ENF ₃	0.600	人均第二三产业产值 x_4	1.000	第二三产业产值之和/区域 总人口	+
社会功能	0.243	社会保障功能 SOF ₁	0.435	城乡收入平衡指数 x_5	0.140	农村居民人均纯收入/城镇 居民人均可支配收入	+
		就业支持功能 SOF ₂	0.324	城镇登记失业率 x_6	0.296	来自统计年鉴	-
				第三产业从业人员比重 x_7	0.148	来自统计年鉴	+
		居住家园功能 SOF ₃	0.332	农村人均住房面积 x_8	0.556	来自统计年鉴	+
				城镇化率 x_9	0.422	来自统计年鉴	+
		文化休闲功能 SOF ₄	0.256	城镇人均绿地面积 x_{10}	0.291	来自统计年鉴	+
				建成区绿化覆盖率 x_{11}	0.291	来自统计年鉴	+
生态功能	0.467	生态维持功能 ELF ₁	0.498	森林覆盖率 x_{12}	0.366	来自统计年鉴	+
				水土流失率 x_{13}	0.412	来自水资源公报	-
				自然保护区面积比例 x_{14}	0.253	来自统计年鉴	+
				人均水资源 x_{15}	1.000	水资源总量/区域总人口	+
		资源供给功能 ELF ₂	0.268				
		生态调节功能 ELF ₃	0.211	工业固体废物综合利用 率 x_{16}	0.341	来自统计年鉴	+

注：“+”指正向，“-”指逆向。

表 2 重庆市土地利用多功能性评价指标阈值

指标	最不可持续 阈值上限	可持续临 界阈值	最可持续 阈值下限
人均粮食产量 x_1 (kg/人)	250.00	400.0	500.0
粮食单产量 x_2 (kg/hm ²)	1 000.00	5 500.0	10 000.0
交通用地密度 x_3 (%)	0.01	0.2	0.3
人均第二三产业产值 x_4 (元/人)	500.00	6 000.0	20 000.0
城乡收入平衡指数 x_5 (%)	20.00	50.0	80.0
城镇登记失业率 x_6 (%)	6.00	4.0	2.0
第三产业从业人员比重 x_7 (%)	20.00	40.0	60.0
农村人均住房面积 x_8 (m ² /人)	20.00	30.0	40.0
城镇化率 x_9 (%)	10.00	50.0	75.0
城镇人均绿地面积 x_{10} (m ² /人)	5.00	15.0	25.0
建成区绿化覆盖率 x_{11} (%)	15.00	35.0	45.0
森林覆盖率 x_{12} (%)	5.00	20.0	35.0
水土流失率 x_{13} (%)	40.00	20.0	5.0
自然保护区面积比例 x_{14} (%)	2.00	10.0	20.0
人均水资源量 x_{15} (m ³ /人)	500.00	3 000.0	10 000.0
工业固体废物综合利用率 x_{16} (%)	60.00	80.0	90.0

对指标进行标准化处理,使不同量纲、数量级的指标具有可比性。正向指标参照公式(1)处理,逆向指标参照公式(2)处理。标准化处理后指标值域为[1,5],以 3 作为临界影响的分水岭。

$$V_i' = \begin{cases} 1, & V_i \leq V_i^{\text{low}} \\ 1 + 2 \times \frac{V_i - V_i^{\text{low}}}{V_i^{\text{thr}} - V_i^{\text{low}}}, & V_i^{\text{low}} < V_i \leq V_i^{\text{thr}} \\ 3 + 2 \times \frac{V_i - V_i^{\text{thr}}}{V_i^{\text{upp}} - V_i^{\text{thr}}}, & V_i^{\text{thr}} < V_i < V_i^{\text{upp}} \\ 5, & V_i \geq V_i^{\text{upp}} \end{cases}; \quad (1)$$

$$V_i' = \begin{cases} 1, & V_i \geq V_i^{\text{low}} \\ 1 + 2 \times \frac{V_i^{\text{low}} - V_i}{V_i^{\text{low}} - V_i^{\text{thr}}}, & V_i^{\text{low}} > V_i \geq V_i^{\text{thr}} \\ 3 + 2 \times \frac{V_i^{\text{thr}} - V_i}{V_i^{\text{thr}} - V_i^{\text{upp}}}, & V_i^{\text{thr}} > V_i > V_i^{\text{upp}} \\ 5, & V_i \leq V_i^{\text{upp}} \end{cases}。 \quad (2)$$

式中: i 为指标编号; V' 为标准化指标值; V 为指标实际值; V^{low} 、 V^{thr} 、 V^{upp} 分别为某指标的最不可持续阈值上限、可持续临界阈值、最可持续阈值下限。

1.2.4 土地利用多功能性分析 土地利用功能值(f)反映土地利用功能水平, f 越大,水平越高;反之,则水平越低。

$$f^n = \sum W_i V_i'; f' = \sum W_j f_j''; f^0 = \sum W_n f_n'。 \quad (3)$$

式中: f^0 、 f' 、 f'' 分别为总功能值、单项功能值及子功能值; W_i 为指标权重; W_j 为因素层子功能权重; W_n 为目标层单项功能权重。

功能实现率(r)表示某段时间区域某土地利用功能的实现程度, $r \leq 1$ 。根据相关研究^[18],依据 r 的大小将功能水平划分为低度持续($r < 0.25$)、中度持续($0.25 \leq r \leq 0.5$)、中高度持续($0.5 < r \leq 0.7$)和高度持续($r > 0.7$)。

功能变化动态度(d)表示不同时期土地利用功能的相对变化程度。依据 d 正负及大小将功能变化情况进行分类,可分为快速退化($d < -20\%$)、缓慢退化($-20\% \leq d < 0$)、维持不变($d = 0$)、缓慢提高($0 < d \leq 20\%$)、快速提高($d > 20\%$)等类型。

$$d = \frac{f_{t+1} - f_t}{f_t} \times 100\%。 \quad (4)$$

式中: d 为功能变化动态度(%); f_{t+1} 及 f_t 分别表示 $t + 1$ 及 t 时期某土地利用功能值。

功能标准差(σ) 测度土地利用功能值之间的差异, σ 越小,土地利用多功能协调性越高;反之,越低。

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (f - \bar{f})^2}{N}} = \frac{\sum f}{N} \quad (5)$$

式中: σ 为功能标准差, \bar{f} 为功能值均值, N 为功能数。

采用功能变化优势度(s) 表征某期间土地利用多功能变化的差异性。 $s \leq 1$, s 越大,土地利用越单一化;反之,土地利用越多元化。

$$s = |d|_{\max} / \sum |d| \quad (6)$$

式中: s 为功能变化优势度; $|d|_{\max}$ 为动态度绝对数最大值; $\sum |d|$ 为动态度绝对值之和。

2 结果与分析

计算得到重庆市 2000—2014 年的土地利用多功能值(图 1)、功能实现率和功能水平类型(表 3)、功能标准差及变化优

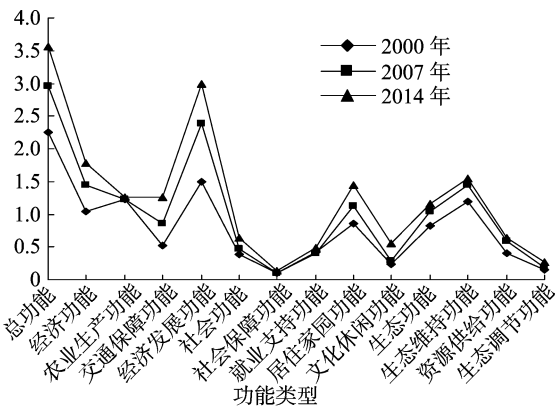


图1 2000、2007、2014 年重庆市土地利用多功能值

势度(表 4)。根据土地利用功能实现率、综合土地利用功能水平与变化类型,描述土地利用功能多样性现状程度。

表 3 重庆市土地利用多功能实现率、水平类型、多功能变化动态度及变化类型

功能	功能实现率 r			功能水平类型			功能变化动态度(%)		功能变化类型	
	2000 年	2007 年	2014 年	2000 年	2007 年	2014 年	2000—2007 年	2007—2014 年	2000—2007 年	2007—2014 年
总功能	0.45	0.59	0.71	中度持续	中高度持续	高度持续	27	19	快速提高	缓慢提高
经济功能	0.21	0.29	0.36	低度持续	中度持续	中度持续	33	22	快速提高	快速提高
农业生产功能	0.25	0.25	0.25	中度持续	中度持续	中度持续	10	2	缓慢提高	缓慢提高
交通保障功能	0.10	0.17	0.25	低度持续	低度持续	中度持续	52	41	快速提高	快速提高
经济发展功能	0.30	0.48	0.60	中度持续	中度持续	中高度持续	48	26	快速提高	快速提高
社会功能	0.08	0.09	0.13	低度持续	低度持续	低度持续	18	32	缓慢提高	快速提高
社会保障功能	0.02	0.02	0.03	低度持续	低度持续	低度持续	-8	37	缓慢退化	快速提高
就业支持功能	0.08	0.08	0.10	低度持续	低度持续	低度持续	-2	17	缓慢退化	缓慢提高
居住家园功能	0.17	0.23	0.29	低度持续	低度持续	中度持续	28	26	快速提高	快速提高
文化休闲功能	0.05	0.06	0.11	低度持续	低度持续	低度持续	34	71	快速提高	快速提高
生态功能	0.16	0.21	0.23	低度持续	低度持续	低度持续	26	10	快速提高	缓慢提高
生态维持功能	0.24	0.29	0.31	低度持续	中度持续	中度持续	21	7	快速提高	缓慢提高
资源供给功能	0.08	0.12	0.13	低度持续	低度持续	低度持续	55	11	快速提高	缓慢提高
生态调节功能	0.03	0.04	0.06	低度持续	低度持续	低度持续	32	41	快速提高	快速提高

表 4 重庆市土地利用功能标准差及变化优势度

层次	功能标准差			功能变化优势度	
	2000 年	2007 年	2014 年	2000—2007 年	2007—2014 年
单项功能	0.47	0.67	0.81	0.32	0.18
子功能	0.87	1.10	1.28	0.30	0.20

再次,计算 2000、2007、2014 年重庆市土地利用单项功能和子功能标准差,以及 2000—2007 年和 2007—2014 年重庆市土地利用功能变化优势度(表 4)。

2.1 土地利用多功能性总体变化分析

2.1.1 土地利用总功能逐步提升 基于西部大开发战略的实施及重庆直辖,重庆市社会经济快速发展,2000—2007 年土地利用功能变化动态度为 27%,2007—2014 年土地利用活跃度降低为 19%。2000—2014 年土地利用整体处于高度持续水平,可继续巩固(表 3)。

2.1.2 土地利用多功能协调性逐步降低 经济、社会和生态各功能在研究期间都有不同程度的提升,但各功能发展基数不同,提升幅度不同,各功能水平差异拉大。计算结果反映,2000、2007、2014 年重庆市单项功能标准差分别为 0.47、

0.67、0.81,子功能标准差分别为 0.87、1.10、1.28,功能标准差渐渐拉大,说明研究期间各功能发展不均衡、不协调(表 4)。

2.1.3 土地利用一直处于多元化状态,并且多元化趋势愈渐明显 2000—2007 年间,重庆市土地利用功能变化优势度单项功能为 0.32,子功能为 0.30,体现重庆市土地利用不单一以哪个功能类型为主。2007—2014 年间,功能变化优势度单项功能和子功能分别是 0.18 和 0.20,表明重庆市土地利用各功能多元化发展(表 3、表 4)。

2.2 单项土地利用功能变化分析

2.2.1 经济功能 2000—2014 年重庆市经济功能快速提高,功能水平从低度持续步入中度持续。农业生产功能是社会经济发展的保障,但重庆市农业发展有诸多困难:人地矛盾突出,人均耕地数量少、质量差,自然灾害如滑坡、泥石流等频繁,对农业的影响很大^[19]。农业生产功能水平一直维持中度持续,变化类型属于缓慢提高,可见重庆市农业发展的限制条件并没有得到有效改善。2000—2014 年,交通保障功能由低度持续提高为中度持续,功能变化类型为快速提高。重庆市

直辖以及西部大开发战略实施以来,重庆市交通通过“八小时重庆”和“半小时重庆”为载体的重点交通工程建设,推动了重庆市交通建设的发展^[20]。交通保障功能的持续发展助力重庆市的经济发展。近年来,重庆市经济飞速发展,第二、三产业产值之和从2000年的1306.34亿元增长至2014年的13201.57亿元。经济发展功能2000—2007年功能变化动态度为48%,2007—2014年为26%,在经过一段时间的高速发展后速度有所放缓,但功能变化类型一直维持在快速提高(表3)。

2.2.2 社会功能 2000—2014年重庆市社会功能水平类型一直维持低度持续,功能变化类型由缓慢提高进步为快速提高。社会保障功能在研究期间维持低度持续,功能动态度2000—2007年为-8%,2007—2014年为37%,功能变化类型从缓慢退化变为快速提高,农村居民人均纯收入与城市居民可支配收入逐年增加,2001—2006年二者之间的差距逐渐缩小,但2006—2014年,二者之间差距又逐步扩大。就业支持功能变化动态度从前一阶段的-2%提高为17%,功能变化类型由缓慢退化变为缓慢提高。重庆市人居环境得到了较好的改善,研究期内,农村人均住房面积从29.58 m²提高至54.13 m²,城镇化率从35.6%上升至59.6%,表明这15年间增加了24%的城镇常住人口。2014年居住家园功能水平类型为中度持续,功能变化类型保持快速提高。文化休闲功能2007—2014年间功能变化动态度达到了71%,功能水平类型维持低度持续,但功能变化类型保持快速提高(表3)。

2.2.3 生态功能 在“先发展,后治理”的大背景下,重庆市也走上了这样一条发展之路。重视经济的发展轻视生态功能的持续,2000—2014年生态功能水平类型为低度持续,功能动态度从前一阶段26%下降为10%,功能变化类型由快速提高降为缓慢提高。生态维持功能动态度从前一阶段21%下降为7%,重庆市地形崎岖,2000年水土流失率高达63.15%,随着各种水土保持工作的实施,2014年下降为37.7%。资源供给功能动态度由前一阶段55%下降为11%,人均水资源量在研究期间反复不定,没有有效的保障,功能变化类型由快速提高降为缓慢提高,重庆市属于亚热带季风气候,降水主要集中在夏季,夏季从海洋吹来的盛行风的强弱决定着重庆市全年的降水量,这是影响重庆市人均水资源量不稳定的主要原因。生态调节功能维持低度持续,功能变化动态度很活跃,前一阶段32%,后一阶段41%,功能变化类型持续快速提高。2000—2014年,工业固体废物综合利用率为71%提高为84.19%,实现循环经济是生态调节强有力的抓手(表3)。

3 结论与建议

从研究中得出结论,2000—2014年重庆市土地利用总功能逐步提高,多功能协调性逐渐降低,土地利用一直处于多元化状态,但经济功能还是稍显突出,多元化趋势愈来愈明显。土地利用各项功能变化程度不同,经济功能持续快速提高,功能水平类型由低度持续转变为中度持续;社会功能从缓慢提高到快速提高,功能水平类型依旧是低度持续;生态功能水平类型维持低度持续,但功能变化类型由前一阶段的快速提高变为缓慢提高,需重点关注。

研究结果表明,重庆市各项土地功能发展水平不同,为促进各项功能多元协调发展,特提出如下建议:(1)改善农业生产条件,稳定农业生产能力。诸如滑坡等自然灾害对农业生产的限制,可以依靠发展农业来遏制自然灾害的频发,如发展生态农业、多样性的农业、采摘体验型农业,把限制条件反限制;(2)以生态环境为出发点来发展经济,重庆市水土流失是生态功能持续发展的重要障碍,应该大力治理;(3)社会功能完善是经济发展的最终目的,改善居民居住环境,在农村建设美丽乡村,在城镇宏观调控房地产市场。提高就业支持功能,加快休闲文化场所的建设。

在研究区域内,土地利用本身的功能就有许多的差别,这就要求全面了解区域内各土地利用功能的差异,合理引导土地科学发展,使各功能之和大于整体。通过研究重庆市土地利用多功能性,了解重庆市土地利用各功能的状态以及变化程度,以及各功能之间的差异,较好反映了重庆市发展的实际情况,为重庆市土地利用多功能性评价提供了相关参考。但在土地利用多功能性评价中,指标的选取、阈值的确定都会对评价结果产生影响;研究中仅对土地利用多功能性进行了时间上的分析,缺少空间上的探讨,相关问题还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] Helming K, Tschernig K, König B, et al. Ex ante impact assessment of land use changes in European regions – The SENSOR approach: sustainability impact assessment of land use changes [M]. Berlin Heidelberg: Springer, 2008: 77–105.
- [2] 甄霖, 魏云洁, 谢高地, 等. 中国土地利用多功能性动态的区域分析[J]. 生态学报, 2010, 30(24): 6749–6761.
- [3] 陈德强, 周兴. 贵港市土地利用多功能评价研究[J]. 现代农业科技, 2017(3): 291–295.
- [4] 杜国明, 孙晓兵, 王介勇. 东北地区土地利用多功能性演化的时空格局[J]. 地理科学进展, 2016, 35(2): 232–244.
- [5] 谢晓议, 李月臣, 曾 晔. 重庆市地形起伏度及其与人口、经济的相关性研究[J]. 资源开发与市场, 2014, 30(6): 656–659, 770.
- [6] 张 昕. 重庆市土地资源可持续利用评价及对策研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2014: 10–32.
- [7] 孙凤英. 浅谈西藏自治区土地可持续利用[J]. 中国国土资源经济, 2008, 21(6): 13–15, 46.
- [8] 覃发超, 刘丽君, 张 斌. 基于RS和GIS的西藏可利用土地资源评价[J]. 统计与决策, 2009(23): 77–79.
- [9] 张晓平. 基于功能导向的西藏土地整治研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2014: 13–72.
- [10] 张晓平, 朱道林, 许祖学. 西藏土地利用多功能性评价[J]. 农业工程学报, 2014, 30(6): 185–194.
- [11] 杜加强, 王金生, 张 桐, 等. 重庆市环境友好型土地利用评价研究[J]. 中国土地科学, 2008(12): 17–24.
- [12] 张路路, 郑新奇, 原智远, 等. 基于全排列多边形综合图示法的唐山市土地利用多功能性评价[J]. 中国土地科学, 2016, 30(6): 23–32.
- [13] 张路路. 湖南省国土空间共生分区研究[D]. 北京: 中国地质大学, 2017: 26–123.
- [14] 易秋圆. 县域城市土地利用功能分类与评价[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2013: 8–30.

杨晓俊,方传珊.渭河水岸带土壤理化特征及其与重金属含量的关系[J].江苏农业科学,2019,47(1):281-285.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.01.066

渭河水岸带土壤理化特征及其与重金属含量的关系

杨晓俊,方传珊

(西安外国语大学旅游学院人文地理研究所,陕西西安 710128)

摘要:以黄河最大支流——渭河流域为研究对象,于2015—2016年对流域内土壤理化特征与重金属含量及其形态进行调查,并采用电感耦合等离子体质谱(inductively coupled plasma mass spectrometry,简称ICP-MS)分析法研究土壤重金属(Ni、Cu、Cr、Zn、Cd和Pb)的形态特征及其影响因子。结果表明:(1)渭河流域土壤电导率和pH值呈一致的变化规律,即平水期>枯水期>丰水期,土壤全碳、全氮、全钾含量均表现为丰水期>平水期>枯水期,不同水期全磷含量差异均不显著($P>0.05$);(2)渭河流域土壤重金属含量均以丰水期最高,平水期和枯水期较低,其中土壤Pb和Zn含量最高,Cd含量较低;(3)土壤Cu、Cr、Ni元素均以残渣态为主,而Cd和Zn以弱酸提取态为主;Pb在各形态中较均匀地分布,对生态环境造成的影响较小;(4)Pearson相关性分析可知,土壤Cr、Cu、Ni和Cd的弱酸浸提态与其含量之间呈现出显著的正相关关系($P<0.05$),Cr的弱酸浸提态与可还原态没有显著的相关性($P>0.05$),Cu、Pb、Zn和Cd的弱酸浸提与可还原态具有显著的相关性($P<0.05$)。综合分析可知,渭河流域土壤不同形态重金属元素含量均与土壤养分含量存在显著的正相关性,与pH值和电导率呈负相关,其中全碳含量是控制渭河流域土壤重金属元素含量的主要因素。

关键词:渭河流域;土壤;理化特征;重金属;影响因子

中图分类号: X821 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)01-0281-05

重金属污染不仅危害着宝贵的土壤,同时也对河流湖泊产生重大的危害,进而影响生物的生长,这主要归因于重金属的难降解性,一旦重金属成分通过工业污水排放进入到河流湖泊或者土壤,将很容易积累下来形成较高的含量^[1-2],在大大降低水循环净化能力的同时带来难以治理的水体富营养化,此外,若这些重金属成分直接或间接进入土壤将导致土壤重金属含量超标^[3],影响作物生长。土壤不仅是植物生长的基础,同时也为污染物提供了重要载体,重金属成分进入土壤的最直接方式就是废水排放和雨水冲刷,这些污染物逐渐在土壤中沉积,达到一定限度后造成土壤重金属超标;此外,土壤中的重金属还会通过土壤水体的影响来加剧二次污染^[4-5]。重金属污染因其难以降解而造成长期的污染,且短期内难以及时发现,因此治理重金属污染成为了一项长期的艰巨任务。

渭河流域凭借良好的水资源为养殖、灌溉等提供了良好条件,同时也作为重要的饮水水源之一,为水生生物创造了生

存的基础,该流域得到了广大学者的多方面研究^[6]。但是随着工业化进程的不断深入,人为开发严重影响着渭河流域原有水生态,重金属含量较高的工业废水、生活污水排放等不合理开发方式导致渭河水质下降,土壤重金属超标日益凸显,最终影响的是渭河流域生态及其周边居民的生活,因此研究渭河流域土壤重金属超标已经成为迫切的现实问题^[7-8]。近些年来,不少学者在渭河流域水体重金属分布及相应的影响因素方面开展了相关的研究,一些学者针对渭河流域出现的重金属污染提出了一系列的控制措施,本试验在分析渭河流域生态状况的基础上从不同时期来研究渭河流域土壤重金属的相关分布,并对其影响因素进行探究,从而为降低重金属污染提供有益参考,为保护渭河流域生态起到一定的作用。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

渭河流域地处我国西北部,横穿陕西、甘肃、宁夏3省(区),总长818 km,由于西北地区以黄土为主,因而该流域的水土流失也较为严重,全年超过60%的降水量主要集中在7—9月^[9],右岸的秦岭山脉为该流域降水提供了有利条件,左岸的黄土高原则造成了较大的沙量。

收稿日期:2017-09-22

基金项目:国家社会科学基金(编号:13XSH017)。

作者简介:杨晓俊(1980—),男,陕西西安人,博士,副教授,从事环境监测及相关研究。E-mail: xiaojun_yang80@163.com。

[15]甄霖,曹淑艳,魏云洁,等.土地空间多功能利用:理论框架及实证研究[J].资源科学,2009(4):544-551.

[16]王枫,董玉祥.广州市土地利用多功能的空间差异及影响因素分析[J].资源科学,2015,37(11):2179-2192.

[17]冯菲,门明新,霍习良.滨海生态脆弱区土地利用功能时空分异特征研究[J].中国农业大学学报,2016,21(8):132-141.

[18]吴琼,王如松.生态城市指标体系与评价方法[J].生态学报,2005,8(8):2092-2093.

[19]付成贵.重庆农业可持续发展研究[D].重庆:重庆师范大学,2004:8-33.

[20]向宗鼎.重庆交通建设的历史和现状[J].重庆与世界,2003(增刊1):25-27.