

DOI:10.11720/j.issn.1000-8918.2013.4.33

山东省黄河下游流域土地质量地球化学评估及方法研究

王增辉,王存龙,赵西强,张华平,代杰瑞,战金成
(山东省地质调查院,山东 济南 250013)

摘要: 利用土地质量地球化学评估的基本方法,以黄河下游流域山东境内 6.4 万 km² 冲积平原区表层土壤区域地球化学调查数据为基础,提出了区内进行评估的参评指标体系,确定了各评估指标层的权重,进而对区内土地质量进行了系统的地球化学评估。研究发现,由于区内土壤物源的相对单一性,在不同参评指标体系下,大部分评估单元的分等始终趋向一致,其中优良等级土地占全区的 80%,两端分等土地往往面积较小且分散。评估分等的意义以反映土壤综合肥力和健康指标的高低为主,由于区内土壤环境质量超标比例极小,分等仅指示土壤环境质量的相对优劣。该评估成果可为土地资源的合理利用提供指导,并为今后区内开展的次级地球化学评估工作提供了基础和参照。

关键词: 黄河下游;土地质量;综合肥力;地球化学评估

中图分类号: P632 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2013)04-0743-06

随着全球工业化、城市化进程的加快,人类正面临资源枯竭,环境恶化的严峻现实。土地是一种最基本的资源,协调好人地关系,控制土地的过度开发,以实现土地的可持续利用势在必行。因此,对土地质量进行精确的评估,用量化指标确定土地质量等级,实现可持续土地利用规划,以提高土地的利用效益具有重要的现实意义。土地质量评估是土地利

用总体规划的重要组成部分,是土地利用分区的主要技术依据和决策因素,其中,土地质量地球化学评估是依据土地有益元素、有毒有害元素和有机污染物含量水平等地球化学指标因素,及其对土地基本功能的影响程度而进行的土地质量级别评定^[1]。近几年,在中国地质调查局的推动下,全国数个省份开展了多级大比例尺土地质量地球化学评估工作,

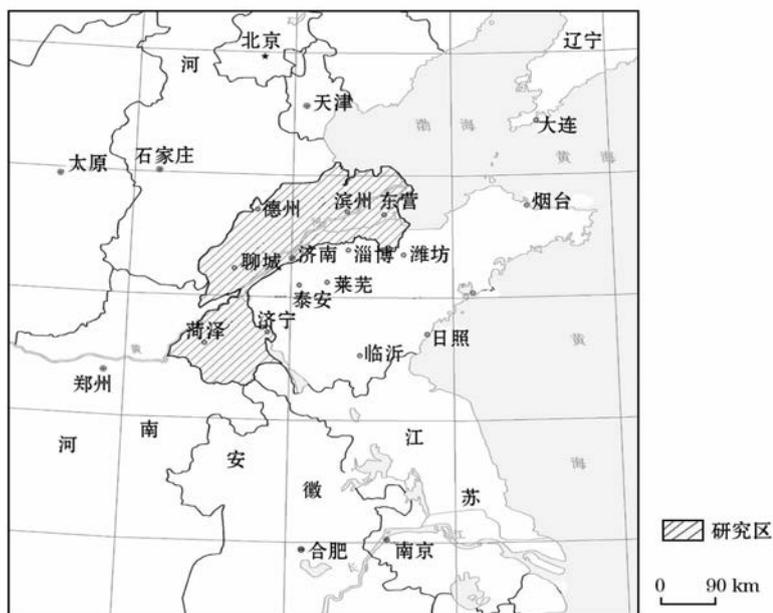


图1 黄河下游流域山东段评估范围

取得了一系列重要成果^[2-5],但对更大范围的省(区)级评估尚未集中开展。笔者以黄河下游流域山东境内冲积平原区表层土壤地球化学数据为基础,对该地区进行土地质量地球化学评估,同时为大范围土地质量地球化学评价探索科学的评估方法。

1 研究区概况

黄河下游流域是山东省主要农耕区,主要为黄河冲积平原,被第四系广泛覆盖,面积约 6.4 万 km²,占山东省总面积的 2/5(图 1)。本次研究以多目标区域地球化学调查中取得的 0~20 cm 表层土壤测量结果为主,结合专项调查成果,利用国家环境质量标准或农业部门土壤肥力分级标准进行评价,并在此基础上开展土地质量地球化学评估^[6]。评估以 4 km² 为最小评估单元,共涉及评估单元数量为 15 623 个。

2 评估指标及方法

2.1 数据指标

采用《土地质量地球化学评估技术要求》的基本指标体系,评估指标以土壤中化学元素、化合物含量和理化性质为主,以大气和水体环境质量指标为辅,同时综合考虑地质环境背景、地理地貌特征等影

响土地质量的其他因素,在此基础上根据区内实际情况选定参评元素和指标。

根据基础地球化学调查数据,区内表层土壤有机质含量普遍缺乏,以四至五级为主,多属略缺乏—缺乏,其中略缺乏区面积占 82.67%,缺乏区面积占 9.8%,适宜区与富足区面积之和仅占全区 3.73%。大部分地区的土壤 N 为适度—略缺乏,其中略缺乏区面积占调查区总面积的 53.95%,适度区面积占 24.38%,其次为缺乏区和严重缺乏区,分别占调查区面积的 14.35% 和 5.73%,富足和很富足区分布范围很小,分别占调查区面积的 1.01% 和 0.58%。区内土壤 P 适度区占调查区面积的 49.30%,略缺乏区占调查区面积的 42.18%,缺乏区占调查区面积的 8.05%,富足区占调查区面积的 0.45%,几乎无严重缺乏区和很富足区。区内土壤 K 含量较高,富足区面积占调查区面积的 82.68%,很富足区面积占 17.25%,无略缺乏区、缺乏区和严重缺乏区分布。

其他必需大量元素的含量分级状况均较好: C 适宜区与富足区面积之和共占全区的 83.84%; Ca 在全区的分布基本为适宜与富足; Mg 适宜区与富足区面积之和占全区的 99.96%; S 适宜区与富足区面积之和占全区的 95.11%(表 1)。

表 1 黄河下游流域山东段土壤必需大量元素丰缺状况

含量级别		一级	二级	三级	四级	五级	六级
		很富足	富足	适度	略缺乏	缺乏	严重缺乏
有机质	面积/km ²	21.2	352.1	1689.8	45795.3	5431.0	2107.6
	比例/%	0.04	0.64	3.05	82.67	9.80	3.80
N	面积/km ²	319.6	559.6	13504.2	29888.0	7948.9	3176.7
	比例/%	0.58	1.01	24.38	53.95	14.35	5.73
P	面积/km ²	5.0	247.7	27310.4	23371.5	4459.0	3.4
	比例/%	0.01	0.45	49.30	42.18	8.05	0.01
K	面积/km ²	9555.0	45802.9	39.1			
	比例/%	17.25	82.68	0.07			
C	面积/km ²	8664.4	23883.3	13705.1	4239.1	2659.2	2013.7
	比例/%	15.71	43.29	24.84	7.68	4.82	3.65
Ca	面积/km ²	2868.1	47183.1	5111.5	2.3		
	比例/%	5.20	85.53	9.27	0.004		
Mg	面积/km ²	4883.0	31703.9	18555.0	23.1		
	比例/%	8.85	57.47	33.64	0.04		
S	面积/km ²	26698.1	17676.7	8089.9	2063.9	636.3	
	比例/%	48.40	32.04	14.67	3.74	1.15	

Hg、As、Cd、Pb、Zn、Cu、Cr 及 Ni 的土壤环境质量评价分级结果表明:调查区符合一级、二级土壤质量标准的土壤面积占 99% 以上。元素单因子评价结果反映调查区内土壤环境质量总体状况很好,绝大多数土地的环境质量达到一级、二级标准。

由于 Cu、Zn、Ni 也属于植物生长必需的微量元

素,根据 Cu、Zn、Ni 的土壤环境质量标准,研究区二级以上土壤面积所占比例为 99% 以上。因此, Cu、Zn、Ni 在研究区应继续作为必需微量营养元素进行探讨。按照全国土壤(A 层)背景值^[7]的 25%、50%、75% 和 90% 顺序统计量作为土壤的分级标准,区内土壤 Cl、B、Fe、Mn、Mo、Zn 和 Cu 三级及优

于三级的面积分别占总面积的 99.99%、96.38%、64.11%、60.16%、0.24%、32.02% 和 68.37% (表 2)。研究区土壤 Cl 和 B 含量水平较高,Mo 极缺乏,Co、Ni 和 Na 的三级及优于三级的区域面积分别占

总面积的 45.94%、81.46% 和 90.89%。研究区土壤 Ni 和 Na 含量水平较高,Co 富足级以上土壤仅占全区 5.16%。最终,根据参评指标的筛选原则确定地球化学评估指标体系(表 3)。

表 2 黄河下游流域山东段土壤必需微量元素含量分级标准

元素	一级	二级	三级	四级	五级
$w(\text{Cl})/10^{-6}$	>87.5	64.3~87.5	53.5~64.3	45.7~53.5	≤45.7
$w(\text{B})/10^{-6}$	>82.3	58.6~82.3	41.0~58.6	25.9~41.0	≤25.9
$w(\text{Fe})/\%$	>4.36	3.53~4.36	2.97~3.53	2.42~2.97	≤2.42
$w(\text{Mn})/10^{-6}$	>967	711~967	540~711	342~540	≤342
$w(\text{Mo})/10^{-6}$	>5.0	2.3~5.0	1.1~2.3	0.7~1.1	≤0.7
$w(\text{Zn})/10^{-6}$	>116	89.2~116	68.0~89.2	51.0~68.0	≤51.0
$w(\text{Cu})/10^{-6}$	>36.6	27.3~36.6	20.7~27.3	14.9~20.7	≤14.9

表 3 黄河下游流域山东段土地质量地球化学评估指标体系

肥力指标			环境健康指标		
必需大量元素	必需微量元素	有益元素	pH	环境指标	健康指标
P、K、有机质、C	Mo、Mn、Cu、Zn	Co、Si	pH	As、Cd、Cr、Hg、Pb	Se、F、I

2.2 评估方法

土地质量地球化学评估的权重赋值方法及隶属度函数的计算均按照《土地质量地球化学评估技术要求》进行,并在此基础上进行土地质量地球化学等级划分。评价指标权重的合理赋值是决定评估结果的关键因素之一,这里根据不同指标层之间的重要性分析,并反复比较评估结果的差异,最终确定各评价指标的权重见表 4。

表 4 黄河下游流域山东段土地质量地球化学评估指标权重

指标层	指标层	指标层权重	指标	指标权重
肥力指标	必需大量元素	0.6321	P	0.2426
			K	0.1797
			有机质	0.4885
			C	0.0892
	必需微量元素	0.2486	Mo	0.4336
			Mn	0.1517
			Cu	0.1517
			Zn	0.263
	有益元素	0.1194	Co	0.4502
			Si	0.5498
肥力指标	pH	0.1919	pH	1
	环境指标	0.2863	As	0.2493
			Cd	0.2493
			Cr	0.1671
			Hg	0.1671
			Pb	0.1671
	健康指标	0.5217	F	0.3162
			I	0.212

3 土地质量地球化学评估

3.1 土壤肥力评估

评估结果显示,必需大量元素属于适量的地区

面积较大,占全区总面积的 43.62%,分布地域较广;必需大量元素属于丰富的区域主要位于菏泽南部、济宁南部、聊城、邹平、桓台、博兴、广饶、寿光、惠民及阳信等地,分布面积比例为 35.63%;缺乏区域为研究区内东营市的大部分地区,以及东明—鄄城—平阴—济阳等黄河流经沿线地区,分布面积比例为全区的 20.75%。总的来看,研究区必需大量元素较丰富,丰富区和适量区覆盖了主要农业生产区,缺乏区分布较集中,面积相对较小,对农业生产的影响有限。

必需微量元素评估属于适量的面积占全区的 40.48%,分布地域较广;丰富区主要位于济宁西部、菏泽西北部、高青、滨州西部、东营西部以及东阿、齐河、济阳等地,占全区的 34.06%。区内东营市东部沿海地区、临邑、商河、陵县、夏津、冠县、汶上、曹县及单县等地必需微量元素评估结果为缺乏,占全区总面积的 25.46%。必需微量元素地域差别明显,丰富区和缺乏区分布都较集中,黄河沿岸地区一般较其他地区更丰富。

有益元素以 Co 和 Si 为代表,其中适量区域分布面积最大,占全区比例为 82.56%;丰富区主要位于邹平、寿光、济宁等地,占全区的 13.44%;缺乏区域面积很小且呈零星分布。

研究区肥力综合分等评估的适量区(二等)分布面积较大,占全区的 55.07%,分布地域较广;肥力丰富区(一等)主要位于邹平、高青、桓台、博兴、广饶、惠民、茌平、临清、莘县、济宁西南部、成武等地,占全区的 29.96%;肥力缺乏区(三等)主要位于研究区内东营市东部沿海地区、沾化东部及东明、济

阳等地,占全区的 14.97% (图 2)。研究区土壤肥力情况总体较好,肥力综合分等地域差异明显,缺乏地区主要集中分布于沿海地区和黄河沿岸部分地区,且面积相对较小,对农业生产作用不大。

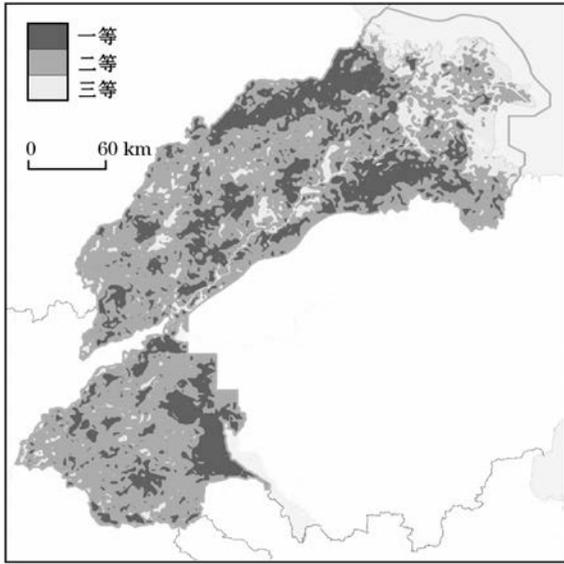


图 2 黄河下游流域山东段土壤综合肥力指数

3.2 土壤环境质量评估

由于区内 99% 以上土壤面积的环境指标 (Hg、As、Cd、Pb、Zn、Cu、Cr 和 Ni) 均不超标,因此可将区内土壤环境质量情况划分为最清洁、清洁及潜在污染三级,该分级仅表示相对的清洁程度情况。区内最清洁的土壤主要分布在德州、聊城、菏泽及东营 4 个市的部分地区,面积占全区的 30.21%;而济宁、滨州南部及济南的部分地区土壤环境质量相对较差,存在潜在污染的可能性,该类土地面积占全区的 19.30%;其他清洁地区面积较大,占全区总面积的 50.48%。

研究区健康指标评估结果属于二等的土壤面积分布较大,占全区的 57.11%,分布地域较广;健康指标评估属于一等(有利)的区域主要位于济南南部、邹平、桓台及菏泽和聊城部分地区,分布面积占 21.89%;健康指标评估结果为三等(不利)的区域主要集中分布于东营、滨州等地,面积为全区的 21%。总的来看,研究区健康指标地域分布差别明显,沿海地区及黄河沿线地区受较高的 F 或 I 含量影响,土地质量有一定的偏低趋势;海拔较高的山前地区土壤 Se 含量较高,因此土地质量有一定的偏高趋势。

由于区内土壤基本均可视为清洁土壤,因此研究区土壤环境质量综合分等评估中,pH 和健康指标所占的权重相对较大,而环境健康指标所占的权重

相对较小。综合来看,区内绝大部分土壤环境健康综合分等评估属于二等,占全区的 88.82%,分布地域较广;环境质量综合分等评估属于一等的区域面积很小,仅占全区的 8.08%,且分布零散;环境质量综合分等评估结果为三等的区域主要位于菏泽北部、滨州及东营沿海地区等地,占全区的 3.09% (图 3)。研究区环境质量综合分等情况基本一致,土地环境质量综合分等情况较好,相对污染区分布较为集中,但相对清洁地区面积较小。

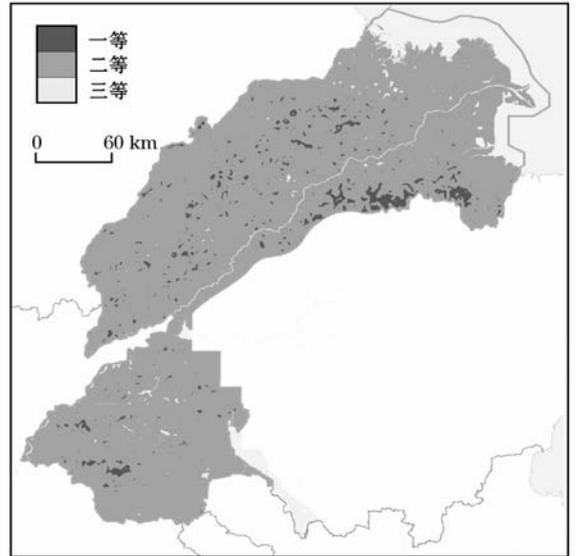


图 3 黄河下游流域山东段土壤环境健康综合指数

评估过程中我们根据多位专家意见及参评指标筛选原则,尝试了多种参评指标组合并赋予不同权重的评价方法。结果发现,由于区内土壤物源的相对单一性,在选取不同参评指标体系以及给定不同指标权重的前提下,大部分评估单元的分等始终趋向一致,其中优良等级土地占全区的绝大部分,两端分等土地往往面积较小并且分散。最终评估分等结果显示(表 5,图 4),全区优良等级土地占全区的绝大部分,达全区的 80.02%,基本覆盖了除沿海地区以外的其他地区;优质土地在全区呈零星分布,占 2.23%;良好土地主要集中分布在东营、滨州、惠民、济南北部、茌平、东明及单县等地,占 14.66%;中等土地面积所占比较小,主要分布在东营、滨州及菏泽的部分地区,占 2.78%;差等土地面积很小,除沿海

表 5 黄河下游流域山东段土地质量综合评价分等

综合评估分等	肥力质量分等			
	丰富(一等)	适量(二等)	缺乏(三等)	
环境	清洁(一等)	优质	优良	良好
质量	正常(二等)	优良	优良	良好
分等	相对污染(三等)	中等	中等	差等

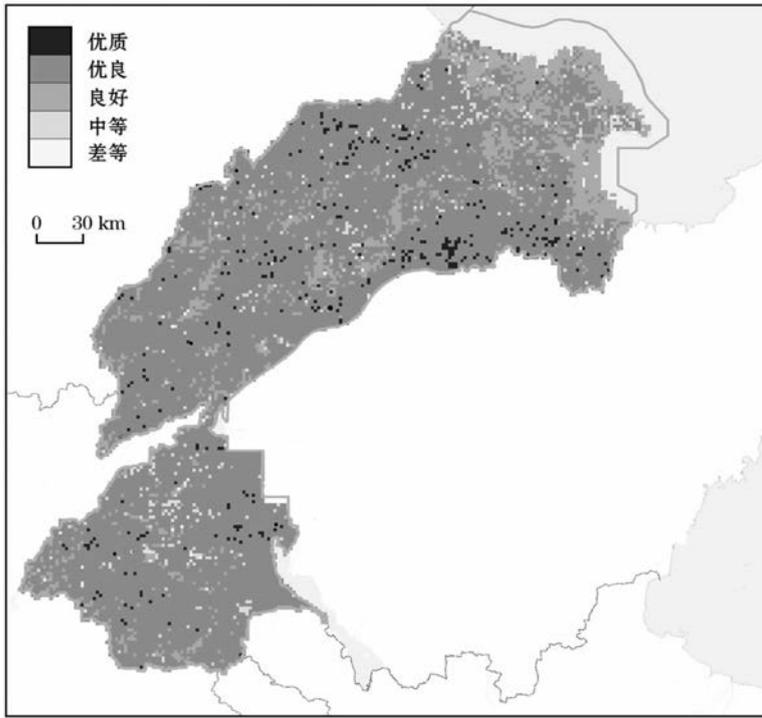


图4 黄河下游流域山东段土地质量地球化学评估分等

地区分布较集中外,其他地区分布较零散,主要见于东营、滨州和东明等地,占0.31%。

对照国家相关标准,区内重金属等有害元素超标情况极轻微^[8]。将这些有害元素引入土地质量地球化学评估体系的目的在于反映土壤的相对清洁程度,并揭示潜在的污染态势。客观上讲,全区的土地质量均处于较好水平。

本次研究发现,区内降尘量较大,灌溉水和农作物安全性较高,考虑到影响土地质量的大气、灌溉水等外部因素及农作物安全程度指标年度变化较大,稳定性欠佳,物质介入途径复杂^[9-10]的情况,在尚缺乏相关数据用于计算区内土壤污染物输出通量的情况下,关于土壤污染物的输入、输出情况暂不作讨论。

4 结语

土地质量的地球化学评估极大地丰富了土地分等的内涵。土地质量可以看作是因人、为因素不断变化的一系列参数的集合,它并非长期稳定不变,不同的耕作方式、种植结构、种植习惯等对农业土地质量的影响是巨大的。在空间上,相邻评估单元或地块的评估等级很有可能受这些因素的影响而存在差异或骤变,使得看似相同的土地却具有不同的综合肥力或环境质量、健康水平等级,这种差异用传统的农用地分等方法可能无法区分。另外,由于目前农业

土壤施用化肥量很大,对N、P、K以外的土壤微量元素的补充不同步,长期发展极有可能导致耕作层土壤微量元素缺乏。通过地球化学评估量化土地质量,准确揭示土地隐藏的差异,是地球化学评估工作的优势之一。

以区域地球化学调查取得的大量数据为依托,在省级或流域级尺度上,土地质量地球化学评估的规模和指标可靠性是前所未有的。受众多外部因素影响,土壤中各元素形态、含量及行为差异巨大,全面获取这些数据对于准确量化土地质量至关重要。为进一步提高土地分等的准确性和实用性,今后应逐步将元素的生物有效态含量纳入到评估指标体系当中,并力求实现土地质量影响因素的动态观测。

土地质量地球化学评估的实现方法有待进一步优化。目前国际上有关量化评价指标选择的可行性争议较多,并且不同学者针对类似目的选取的具体评价指标差异较大。从目前土地质量地球化学评估进展来看,尽管我们遵循了筛选评估指标的一系列原则,但最终选定的评估指标和评估结论依然受到过多的主观因素影响。因此,在今后土地质量地球化学评估工作中,应首先根据地质、农业、环境等领域的专家意见系统地建立农业土地资源可持续利用理想模型,并以此作为参评指标的评判标准,从而提升评估结论的科学性和权威性。

参考文献:

- [1] 中国地质调查局. DD2008-06 土地质量地球化学评估技术要求[S]. 2008:1-6.
- [2] 孙淑梅,张连志,闫冬. 吉林省德惠—农安地区土地质量地球化学评估[J]. 现代地质,2008,22(6).
- [3] 刘军保,黄春雷,岑静,等. 土地质量地球化学评估方法研究——以慈溪市为例[J]. 资源调查与环境,2010,31(1):50-59.
- [4] 王洪翠,杨忠芳,李伟,等. 土地质量评估中评价单元的划分——以山西忻州盆地为例[J]. 地质通报,2008,27(2):203-206.
- [5] 曹俊,陈斌,李文辉. 四川双流县永安镇梨园村土地质量地球化学评估[J]. 四川地质学报,2009,29(Z1).
- [6] 战金成,季顺乐,王增辉,等. 山东省黄河下游流域生态地球化学总体综合评价报告[R]. 山东省地质调查院,2009.
- [7] 中国环境监测总站. 中国土壤元素背景值[M]. 北京:中国环境科学出版社,1990.
- [8] 庞绪贵,战金成,王世进,等. 山东省黄河下游流域 1:25 万多目标区域地球化学调查报告[R]. 山东省地质调查院,2006.
- [9] 杨忠芳,侯青叶,余涛,等. 农田生态系统区域生态地球化学评价的示范研究:以成都经济区土壤 Cd 为例[J]. 地学前缘,2008,15(5).
- [10] 丛源,陈岳龙,杨忠芳,等. 北京平原区元素的大气干湿沉降通量[J]. 地质通报,2008,27(2):257-264.

LAND QUALITY GEOCHEMICAL ASSESSMENT AND METHOD RESEARCH BASED ON GEOCHEMICAL DATA OBTAINED FROM THE DOWNSTREAM BASIN OF THE YELLOW RIVER IN SHANDONG

WANG Zeng-hui, WANG Cun-long, ZHAO Xi-qiang, ZHANG Hua-ping, DAI Jie-rui, ZHAN Jin-cheng
(Shandong Institute of Geological Survey, Jinan 250013, China)

Abstract: Based on the geochemical data of the surface soil obtained from the downstream basin of the Yellow River in Shandong, the authors used the regular land quality geochemical assessment methods, put forward the assessment value index system of the work area, determined the weights of all assessment index layers, and then completed the land quality geochemical assessment of the work area. Studies show that, as the soil source in the work area is relatively uniform, most of the assessment unit classifications always tend to be the same despite using different assessment index systems, up to 80% land of the whole region can be assigned to excellent grades, and lands of two-ends grades are often smaller and fragmented. The assessment classification can reflect the levels of the soil fertility and healthy elements and, due to the rareness of the soil that exceeds the environment quality standard, the classification simply indicates the relative merits of soil environmental quality. The assessment result can provide guidance for the rational utilization of land resources and provide the data basis and reference for the lower grade stage geochemical assessment within this region in the future.

Key words: downstream basin of the Yellow River; land quality; fertility; geochemical assessment

作者简介: 王增辉(1980-),男,工程师,主要研究方向为环境地球化学。