

水文地质环境地质

土地环境质量综合评价模型的建立

——以山东半岛蓝色经济区为例

代杰瑞,曾宪东,宁振国,祝德成,王红晋,庞绪贵,喻超

(山东省地质调查院,山东 济南 250013)

摘要:依据多目标区域地球化学调查资料,对土地环境质量综合评价方法进行探讨,建立评价模型。提出土地环境质量综合评价是土壤内部指标分等、外部指标定级,整合全部评价因素的新观点。采用相关系数、半方差函数进行指标筛选,层次分析法确定参评指标权重,通过隶属度函数模型将土壤不同含量单位的指标纳入同一评价体系形成内部因素,叠加区域地下水、农作物质量等外部因素,建立土地质量综合评价模型。根据模型对山东半岛蓝色经济区土地环境质量进行综合评价,结果表明:山东半岛土地可分为优质、优良、良好、中、差5等20级,其中可作绿色(111和121级)及无公害(211和221级)食品生产基地的土地占62.60%;需农业种植结构调整的512和522级土地面积267.54 km²,多位于矿区(金矿、石墨矿、铜铁矿)周边或紧邻城镇地带。土地环境质量综合评价方法及模型的建立对山东其他地区基本农田保护和土地质量等级划分具有一定借鉴意义。

关键词:土地;环境质量;隶属函数;模型;山东半岛

中图分类号:P595;X142

文献标识码:B

0 引言

土地环境质量综合评价的目的是反映现今农业地质环境质量的总体状况及其区域分布,为省市各级土地宏观管理和规划提供地球化学依据,为土地可持续利用服务^[1];同时,在调整农业种植结构、发展特色优质农产品、科学合理施肥及土壤污染治理等方面发挥指导作用^[2]。因此,评价需综合考虑农业地质环境的各种要素,包括地质背景、土壤地质、土壤地球化学、水地球化学、农产品安全适宜性以及气候环境等等,通过多要素资料整合、信息挖掘与提取,揭示影响农业地质环境质量和农业生产的关键要素和指标因子。

根据国家《农用地分等规程》《农用地定级规程》和《农用地估价规程》等相关技术规程,县市农业和土地部门在土地质量评价方面做了许多工作,甚至进行过系统的等级划分,但这些工作均没有或很少考虑土地地球化学环境质量,未把反映土地

内在质量的土壤地球化学指标和反映土地外在质量的水、农产品和大气质量等列入评价体系。多目标区域地球化学调查取得的土壤、地下水、农产品等多介质、高质量基础地球化学数据,使多要素结合进行的土地环境质量综合评价得以实现。该文以山东半岛蓝色经济区为例,提出土地环境质量综合评价是土壤内部指标分等、外部指标定级,整合全部评价要素的新观点;建立了土地环境质量综合评价模型,评价方法及模型的建立对山东其他地区基本农田保护和土地质量等级划分具有一定借鉴意义。

1 研究区概况

研究区位于山东省东部地区,涉及陆地面积近 7.25×10^4 km²,包括青岛、东营、烟台、潍坊、威海、日照、滨州等7市以及德州乐陵和庆云、淄博高青、临沂莒南4县。该区地势为东部、南部地势高,中部、北部地势低,地貌以低山丘陵和微倾斜低平原为主,另有少部分中山和山前倾斜平原。低山丘陵标

收稿日期:2013-05-22;修订日期:2013-06-13;编辑:陶卫卫

基金项目:山东省国土资源大调查项目《山东省东部地区农业生态地球化学调查》(编号2006709)和中国地质调查局项目——山东省黄河下游流域生态地球化学调查资助(1212010310306)

作者简介:代杰瑞(1977—),男,黑龙江萝北人,高级工程师,主要从事农业地质和环境地质研究;E-mail: daijierui@sohu.com。

高200~400 m,山前倾斜平原标高50~200 m,全区最高峰崂山标高1133 m。研究区水系发育,河网纵横,水库星罗棋布,交通便利。

该区地处华北板块和秦岭-大别山板块结合带,山地丘陵区约占全区总面积的45%,广泛发育有中元古代、新元古代和中新生代侵入岩,岩性主要为二长花岗岩、石英二长岩和花岗闪长岩,岩石风化残积物多形成棕壤性土、酸性石质土和酸性粗骨土,局部地段发育有元古宙、中生代地层,岩性主要为砂岩和碎屑岩^[3]。第四系覆盖区约占全区总面积的55%,其最大覆盖厚度达150 m。第四系成因类型多种多样,更新统以风成为主、残坡一坡洪积次之,全新统则以冲积为主,风成、海相沉积次之,土壤主要为潮土、褐土和滨海盐土^[4,5]。

2 评价模型的建立

通过山东半岛多目标区域地球化学调查,在了解土壤元素地球化学分布、分配情况的基础上,进行评价指标的筛选,并利用层次分析法对指标权重赋值,对不同类型的指标建立隶属函数模型并计算函数值,最后通过综合参数计算实现土地环境质量的综合评价。

2.1 评价指标的确定

2.1.1 土壤肥力指标的确定

土壤养分元素按含量高低可划分为3类:①必需大量元素:N,P,K,有机质,S,Ca,Mg。②必需微量元素:Fe,Mn,Zn,Cu,B,Mo,Cl。③有益元素:Si,Co,Ni,Na。按第二次土壤普查标准和全国土壤背景值顺序统计量的25%,50%,75%和90%的分级标准,单指标评价结果适宜区和丰富区占总评价区面积80%~90%的指标不参与评价,多元统计元素间相关系数较差的参与评价,以及利用半方差函数值,选择相关距离(a)相对小的, $CO/(CO+C)$ 相对大的指标参与评价。最终确定参与综合肥力评价的指标为:必需大量元素N,P,K,Ca,有机质;必需微量元素Mo,B,Mn,Zn;有益元素Co,Si。

2.1.2 土壤环境健康指标的确定

土壤环境健康指标主要是指对植物的生长发育和人体健康直接或间接有害的元素或指标,可分为:①pH。②环境指标:Cu,Zn,Cd,Hg,Pb,As,Cr,Ni。③健康指标:F,I,Se。④有机污染物指标:有机氯农

药类等。根据调查测试指标范围,土壤环境健康指标将从前三项中进行筛选。健康指标对于作物生长具有双阈值,因此,健康指标选择土壤中Se,I和F含量异常(过高或过低)程度较大的元素;根据《土壤环境质量标准》(GB15618-1995)Cu和Zn在评价区90%的土壤属一类土,故Cu,Zn归并在肥力指标进行讨论。确定土壤环境健康指标为:有害元素Cd,Hg,Ni;健康元素F,I,Se和pH。

2.2 层次分析与权重赋值

层次分析法是运用两两比较判断的方式确定每一层次中因素的相对重要性,然后再递阶层次结构内进行合成以取得决策因素相对于目标的重要性的总顺序,可以相对客观的确定各指标的权重。运用yaahp4.01软件对参评指标进行权重赋值(表1)。

表1 综合肥力指标权重赋值(C_i)结果

指标层	指标权重赋值						
肥力	必需大量元素	N	P	K	Ca	有机质	0.6797
	必需微量元素	Mo	B	Mn	Zn		0.2150
	有益元素	Co		Si			0.1053
环境健康	pH			pH			0.4
	有害元素	Cd		Hg	Ni		0.20
	健康元素	F		I	Se		0.40
		0.1200		0.3292	0.5508		

2.3 隶属函数模型的建立

隶属函数是用于表征模糊集合的数学工具,主要包括线性模型和非线性模型。根据评价工作的实用性和简洁性原则,该研究以线性模型为基础,采用峰值型、戒上型、戒下型模型(图1)。

图1中 U 为评估指标的上限值; L 为评估指标的下限值; O_1 和 O_2 为评估指标的最优值, x 为评估指标的测定值。

各类地球化学评估指标采用隶属函数模型的原则为:①土壤pH、质地和土壤健康指标采用峰值型隶属度函数模型。②土壤N,P,K,B,Mo,Mn等有益元素采用戒上型隶属度函数模型。③土壤As,Cd,Hg,Pb等有害元素采用戒下型隶属度函数模型。

利用SPSS软件进行统计各参评指标,对于不服从正态或对数正态分布的数据,进行平均值 ± 3 倍离差剔除异常数据,直至服从正态分布或对数正态分布。对服从正态分布或对数正态分布的数据,按

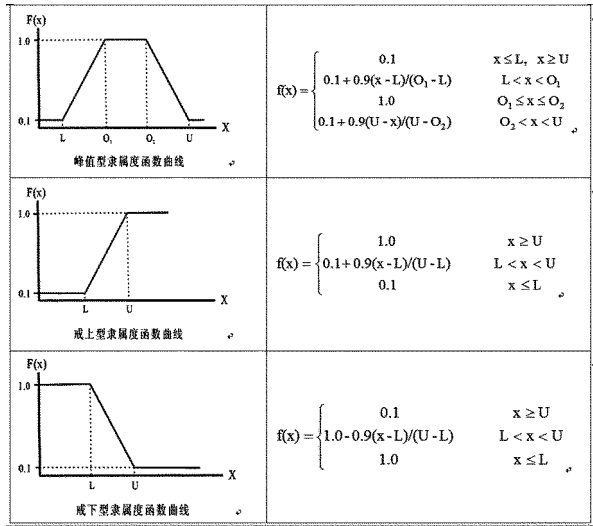


图1 各种隶属函数模型及隶属值计算公式

照20% (L), 40% (O₁), 60% (O₂), 80% (U)的累积频率值将各评估指标进行分级, 各隶属函数的界限值, 隶属函数界限值与分级标准对应关系见表2。

表2 分级与隶属函数界限值对应表

分级	戒上型	戒下型	峰值型
一级	U	L	U
二级			O ₂
三级			
四级			O ₁
五级	L	U	L

2.4 等级划分

依据前述指标筛选、权重阈值结果和隶属度函数数值计算模型, 采用加法模型, 对各评价指标的实测值进行权重和隶属度计算, 获得土壤肥力综合指数。

$$P = \sum f_i \times C_i (i = 1, 2, 3, 4, \dots, n)$$

式中: P为综合指数; f_i为第i个评价指标的隶属函数值; C_i为第i个评价指标的权重。

土地环境质量综合分区按“等”和“级”划分。分等是在土壤环境健康质量与肥力质量综合划分的结果。采用表3所示的分等叠加方案, 共分为5等, 即优质、优良、良好、中等和差等, 评价图斑用不同颜色色块表示。在土地环境质量分等的基础上, 叠加区域水环境质量和植物(重点采样作物为小麦)生态效应指数, 建立土地环境质量综合分等定级体系。

每个评估单元环境质量综合等级用3位数字表示。农业地质环境质量分等按从优质到差等分别以数字1, 2, 3, 4, 5表示, 放在评价指标代码的第一位。将水质量评价指标放在评价指标代码的第二位, “不超标”用数字“1”表示, 有一项“超标”用数字

“2”表示。植物(小麦)生态效应评价指数放在第三位, “不超标”用数字“1”表示, “超标”则用数字“2”表示。这样就可将土地环境质量分为5等20级(表4)。通过这样的方式对土地环境质量分等定级, 可以直观地反映土地内部和外部环境质量状况以及产生的生态效应。评价结果建立数据库和信息系统后, 能够方便地进行查询, 对于土地规划利用、土地生态管护具有较强的实用性。

表3 土地环境质量分等叠加方案

综合质量		肥力质量		
		丰富(≥0.7)	适量(0.3~0.7)	缺乏(≤0.3)
环境质量	清洁(≥0.7)	优质	优良	良好
	正常(0.3~0.7)	优良	优良	良好
	污染(≤0.3)	中等	中等	差等

表4 土地环境质量综合等级定级方案及代码(5等20级)

土地内在因素	土地外在因素	植物生态效应	
		不超标	超标
地球化学分等	水	1	2
1等(优质)	11	111	112
	12	121	122
2等(优良)	21	211	212
	22	221	222
3等(良好)	31	311	312
	32	321	322
4等(中等)	41	411	412
	42	421	422
5等(差等)	51	511	512
	52	521	522

3 土地环境质量综合评价结果

根据上述土地质量综合评价方法及模型, 山东半岛土地质量综合评价结果见表5和图2。

表5 山东半岛土地环境质量综合评价结果

等级	面积		面积		面积		面积	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
一等	111		112		121		122	
	1841.76	3.47	34.90	0.07	96.93	0.18	0	0
二等	211		212		221		222	
	29410.08	55.47	1578.10	2.98	1845.64	3.48	42.65	0.08
三等	311		312		321		322	
	7626.85	14.38	135.71	0.26	457.53	0.86	27.14	0.05
四等	411		412		421		422	
	5195.72	9.80	3101.92	5.85	104.69	0.20	34.90	0.07
五等	511		512		521		522	
	1027.51	1.94	259.79	0.49	189.99	0.36	7.75	0.01

从表1中可以看出, 可作绿色食品生产基地的

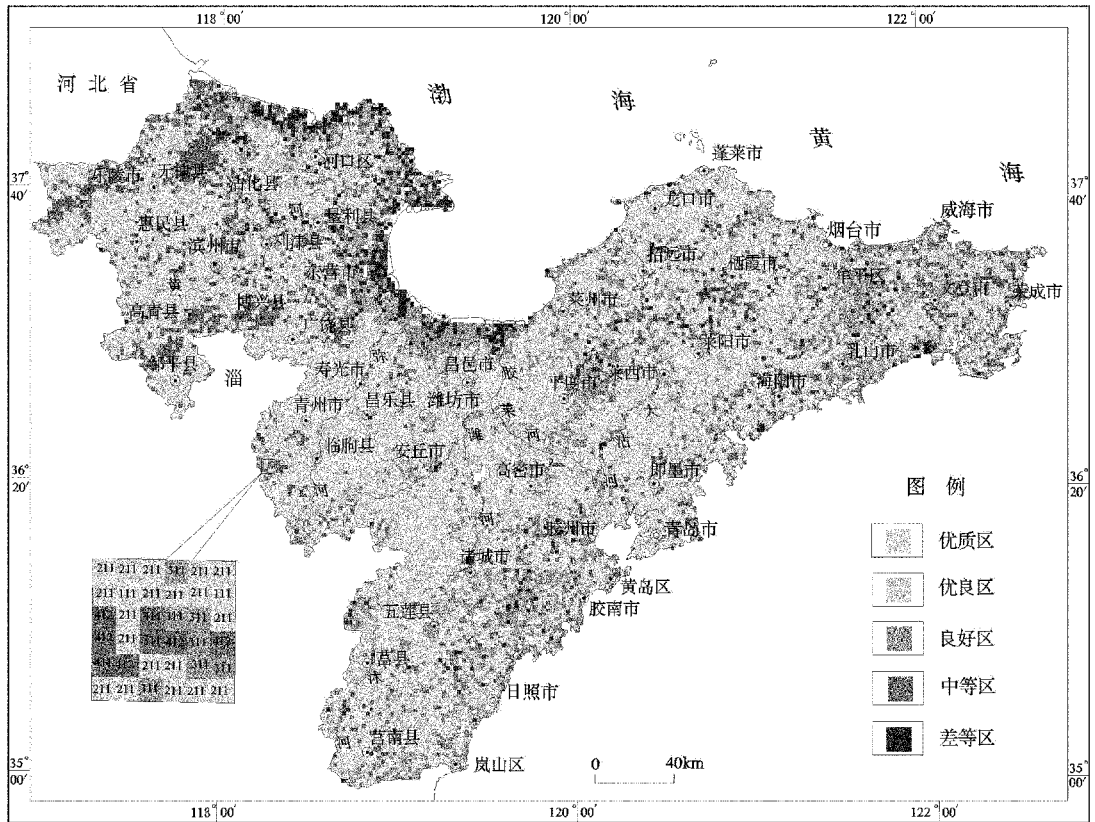


图2 山东半岛蓝色经济区土地质量综合评价图

111级和121级土地面积共1 938.69 km²,占3.65%,分布在莒县—昌邑、莱西—即墨以及临朐和烟台北部。因土壤酸化、灌溉水超标造成植物超标的112级土地面积34.90 km²,仅占0.07%,分布在烟台市区,加强管护也可作绿色食品生产基地。

可作无公害食品生产基地的211级和221级土地分布面积最大,达31 255.72 km²,占58.95%,主要分布在胶莱盆地和各市局部地段;212和222级土地面积1 620.75 km²,占3.06%,主要分布在安丘西南和沂水,这部分土地加强管护也可作无公害食品生产基地。

目前尚可作为耕地使用的311和321级土地,面积8 084.38 km²,占15.24%,分布在昌邑市北部、青岛市西南、平度以及牟平—乳山一带;312和322级土地面积162.85 km²,占0.31%,分布在昌邑、乳山北部及烟台市,这部分土地加强管护也可作耕地使用。

411和421级土地面积5 300.41 km²,占10%,目前种植的农产品尚不超标;412,422级土地面积3 136.82 km²,占5.92%。四等土地土壤显酸性、土

壤重金属及灌溉水局部超标,局部农产品重金属超标,主要分布在烟台市、威海市东部、临朐—沂水以及日照市局部。

511和521级土地面积1 217.50 km²,占2.30%,目前种植的农产品尚不超标;512,522级土地面积267.54 km²,占0.50%,多位于各类矿区(金矿、石墨矿、铜铁矿)周边或紧邻城镇地带,土壤显酸性、重金属严重超标,农产品超标可能性极大;昌邑北部5等土地土壤为强碱性,灌溉水严重超标,营养元素含量极低,不宜种植农作物。

4 结语

(1)做好土地环境质量综合评价是土地分等定级的基础,只有在系统查明与土地质量有关的所有影响因素前提下,整合全部环境要素,合理筛选评价因子,正确赋权评价,建立评价指标体系,才能客观真实地反映土地的内在质量和利用价值。

(2)该文首次采用相关系数、半方差函数、层次分析和隶属度函数建立了土地质量综合评价模型,用该模型对山东半岛蓝色经济区土地环境质量进行

综合评价,结果表明:区内土地大部分面积为优良等级以上,土地质量总体较好,其中可作绿色及无公害食品生产基地的土地占62.60%;需农业种植结构调整的土地面积267.54 km²。该项成果为经济区土地利用规划、科学施肥及土地污染治理等方面提供了科学依据。

(3)土地环境质量综合评价除了考虑土地内在的土壤因素外,还需考虑研究大气、水、农作物等外在影响因素。该次建立的土地综合环境质量评价模型可以克服以往评价中存在的“评价要素难以整合和评价结果不理想”的两大难题,使评价更符合实际和更具应用价值。未来还将继续开展有大气参与的土地质量综合评价的研究,完善相关成果。

致谢:土地环境质量综合评价方法及模型的建立是“山东省东部地区农业生态地球化学调查”(2006709)的主要研究内容之一,是项目成员集体

智慧的结晶,直接参加该项目具体工作的还有王增辉、赵西强、王存龙、季顺乐、张华平、战金成等同志,在此一并表示感谢!

参考文献:

- [1] 周国华,董岩祥,张建明,等. 浙江省农业地质环境调查评价方法技术[M]. 北京:地质出版社,2007:186-189.
- [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):998-1002.
- [3] 代杰瑞,庞绪贵,喻超,等. 山东省东部地区土壤地球化学基准值与背景值及元素富集特征研究[J]. 地球化学,2011,40(6):77-587.
- [4] 阎鹏,徐世良,曲克健,等. 山东土壤[M]. 北京:中国农业出版社,1994:231-232.
- [5] 代杰瑞,胡雪平,王增辉,等. 土壤重金属污染及潜在生态风险评价——以山东半岛蓝色经济区为例[J]. 安全与环境学报,2013,13(1):134-138.

Establishment of Comprehensive Evaluation of Land Environmental Quality Model

——Setting Blue Economic Zone of Shandong Peninsula as an Example

DAI Jierui, ZENG Xiandong, NING Zhenguo, ZHU Decheng, WANG Hongjin, PANG Xugui, YU Chao
(Shandong Geological Surveying Institute, Shandong Jinan 250013, China)

Abstract: Based on multi-purpose regional geochemical survey data, comprehensive evaluation method of land environment quality has been studied, and comprehensive evaluation model has been established. A new idea were first proposed that land environment quality comprehensive evaluation is soil internal classification, external indicators grading and integrating all the evaluation factors. By using correlation coefficient, semivariance function index selection, analytic hierarchy process (ahp) to determine the contestant indexes weights, the membership function model is set up to different content units indicators into the same evaluation system, overlaying regional groundwater and crop quality of external factors, land quality evaluation model is established. According to the established model to comprehensive evaluating the Jiaodong peninsula land environment quality, the results show that the Jiaodong peninsula land can be divided into high quality, excellent, good, intermediate, poor, 5, etc., which can be made the green level (111 and 121) and free (211 and 221) food production base of land accounted for 62.60%; needing agricultural planting structure adjustment of 512 and 522 level land area is 267.54 km², which are more than around all kinds of mining area (gold, graphite ore, copper ore) or adjacent to the villages and towns. Land environment quality comprehensive evaluation method and model has certain reference significance to Shandong other parts of basic farmland protection and land quality hierarchy.

Key words: Land; environment quality; membership function; model; Shandong Peninsula