

基于地理信息系统的农业地质环境监测研究——以江西省余干县为例

刘德元¹, 杨嘉琳², 孙新华¹, 岑世宏³, 张卓然⁴ (1. 河南省煤田地质局资源环境调查中心, 河南郑州 450003; 2. 华北水利水电大学外国语学院, 河南郑州 450046; 3. 郑州工业应用技术学院, 河南郑州 451150; 4. 河南省煤田地质局物探测量队, 河南郑州 450000)

摘要 [目的]运用地理信息系统监测与评价农业土壤环境状况。[方法]以余干县为例,将数据空间统计方法与模糊综合评价法融入农业地质环境监测方法中,运用 ArcGIS 10.2 软件分析了土壤养分分布情况。[结果]余干县表层 95.32% 的面积土壤为一类土壤(未被污染土壤),4.68% 的面积为二类土壤(轻度污染土壤),土壤整体上缺乏速效钾。[结论]地理信息技术为农业地质环境监测与评价提供了新方法。

关键词 地理信息系统;空间统计;土壤有机质;农业地质环境

中图分类号 S181.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)20-056-04

Agricultural Geological Environment Monitoring Based on Geographic Information System

—A Case of Yugan County in Jiangxi Province

LIU De-yuan¹, YANG Jia-lin², SUN Xin-hua¹ et al (1. Resources and Environment Investigation center of Henan Provincial Coalfield Geology Bureau, Zhengzhou, Henan 450003; 2. School of Foreign Studies, North China University of Water Resources and Electric Power, Zhengzhou, Henan 450046)

Abstract [Objective] To monitor and evaluate the agricultural soil environment status by Geographic Information System. [Method] With Yugan County as a case, spatial statistic method and fuzzy comprehensive evaluation method were integrated into the agricultural geological environment monitoring method. ArcGIS10.2 software was used to analyze the nutrient distribution in soil. [Result] 95.32% surface area of soil in Yugan County belonged to first-grade soil (not polluted); 4.68% area was second-grade soil (slightly polluted). Soil was lack of rapidly available potassium in Yugan County. [Conclusion] Geographic Information System provides new method for the monitoring and evaluation of agricultural geological environment.

Key words Geographic Information System; Spatial statistics; Soil organic matter; Agricultural geological environment

地理信息系统(GIS)是一门综合性学科,涉及内容广泛,是在计算机软件、硬件支持下对空间地理分布数据进行采集、存储、分析、运算、显示描述的技术系统^[1]。GIS 技术可借助于计算机工具将地理分析功能与地图这种视觉化效果集成在一起,得到数据规律的直观显示^[2]。地理信息作为一种特殊信息,源于地理数据,地理数据表征环境中的重要要素数量、质量及分布规律。地理数据包括属性特征数据、空间位置特征数据以及时域特征数据,这 3 种特征数据构成了地理空间分析三大要素^[3]。近年来,处理地理信息的技术日益完善,主要包括数字化技术、存储技术、空间分析技术、环境预测模拟计算、可视化技术^[4]。现代农业发展依赖于农业地质背景与土壤营养及生物工程技术。农业地质可通过优化土壤常量组分与微量元素比例^[5],使其向绿色农业、精细农

业、有机农业发展。笔者结合 GIS 技术中的空间分析技术及可视化技术,以江西省余干县土壤元素为调查对象,以区域地球化学勘查技术为主要手段,对地质条件进行监测,旨在为农业地质环境监测技术提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 样品采集 对余干县境内土壤进行样本采集化验。表层土壤样品采集密度为每 4 km² (0~20 cm) 采集 1 个点,深层土壤采集密度为每 16 km² (150~200 cm) 采集 1 个点,共采集得到表层和深层土壤样品 752 件。土壤化学样品分析指标包括 As、Cd、Cr、Cu、Hg、N、Ni、P、Pb、S、Zn、MgO、CaO、K₂O 与 pH,通过化学方法测得各样本土壤中的元素含量。表 1 为各元素化学特性参照标准。

表 1 各元素参照标准值

Table 1 Reference standard value of each element

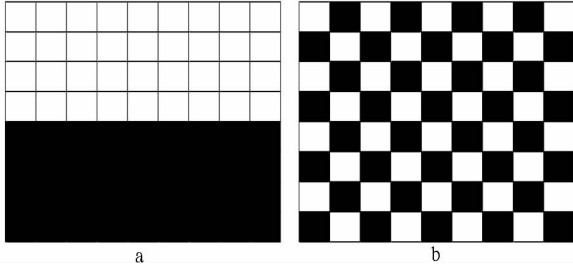
土壤层次 Soil layer		As	Cd	Cr	Cu	Hg	N	Ni	P	Pb	S	Zn	MgO	CaO	K ₂ O	pH
表层 Surface soil	最大值//mg/kg	68.58	2.42	352.08	162.00	0.50	2 964.60	131.76	4 814.64	109.08	1 080.00	196.56	1.25	0.66	4.04	9.02
	最小值//mg/kg	3.24	0.03	17.50	7.56	0.01	87.05	8.28	303.48	17.28	16.20	23.44	0.25	0.06	0.98	4.81
	平均值//mg/kg	11.99	0.26	78.56	33.53	0.10	1 479.14	28.17	692.46	42.34	309.20	91.58	0.39	0.24	3.50	5.71
	变异系数	0.44	0.77	0.36	0.39	0.48	0.39	0.30	0.37	0.31	0.31	0.30	0.22	0.49	0.26	0.12
深层 Deep soil	最大值//mg/kg	40.54	0.42	157.68	51.19	0.16	1 963.44	45.04	762.48	73.44	624.24	156.60	1.02	0.48	4.63	8.59
	最小值//mg/kg	3.84	0.02	19.98	9.75	0.02	119.88	8.21	254.88	23.87	63.18	36.40	0.38	0.05	1.40	4.74
	平均值//mg/kg	12.34	0.14	77.05	29.89	0.06	632.77	29.82	502.20	39.20	163.24	88.87	0.71	0.23	2.66	6.15
	变异系数	0.45	0.72	0.31	0.29	0.37	0.52	0.26	0.25	0.29	0.52	0.26	0.16	0.44	0.26	0.10

1.2 数据的空间统计方法 空间统计方法适合处理地理区域及离散化的统计数据,空间统计核心技术是空间数据分析,主要包括空间权重矩阵构建、空间相关性分析及数据检

作者简介 刘德元(1964-),男,河北魏县人,高级工程师,从事地质工程研究。

收稿日期 2016-06-08

验^[6]。通过空间数据统计分析方法,研究余干县土壤金属含量情况,便于全面了解余干县农业地质情况。空间自相关性反映区域单元与邻近区域单元同一属性值的相关程度,也反映 2 个观测数据之间的潜在依赖性。在地理空间中,正空间自相关是指位置紧密连接的观测单元倾向于相似(图 1a),负空间自相关是指位置相近的观测单元与位置较远观测单元进行比较(图 1b)。



注:a 为正空间自相关;b 为负空间自相关。
Note: a was the positive spatial autocorrelation; and b was negative spatial autocorrelation.

图 1 空间自相关示意
Fig. 1 Spatial autocorrelation

GIS 系统生成的拓扑关系提供了空间临近关系度量,权重矩阵建立时采取邻接标准或距离标准,如式(1)所示, n 个位置空间邻接关系通常用 1 个二元对称空间矩阵 $W_{n \times n}$:

$$\begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} & \cdots & W_{1n} \\ W_{21} & W_{22} & \cdots & W_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ W_{n1} & W_{n2} & \cdots & W_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

定义二进制空间权重矩阵如下:

$$W_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{当区域 } i \text{ 和 } j \text{ 相邻接} \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (2)$$

空间权重矩阵选取二进制空间权重矩阵,以实际空间邻接关系为例说明空间矩阵定义,图 2 中空间排列情况为 9 个区域。

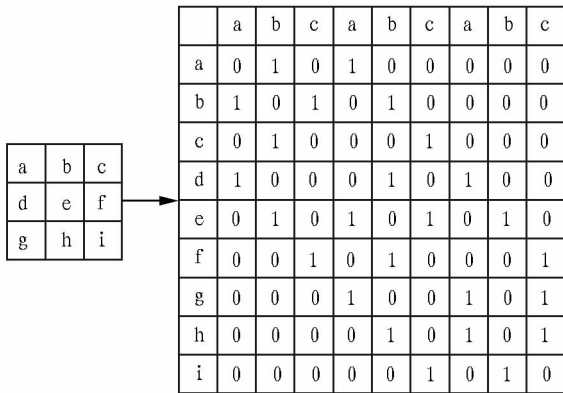


图 2 空间排列邻接关系

Fig. 2 Diagram of spatial arrangement adjacency relation

1.3 模糊综合评价 对于空间数据分析,采用模糊综合评价法。模糊数学理论更具备优势,模糊集、隶属度及隶属函数是模糊数学三大概念^[7]。模糊集是指边界模糊的集合,其

各元素关联关系用隶属度表示,隶属度 $\in [0, 1]$,表示属于该模糊集,隶属度为 1,表示完全不属于该模糊集。隶属函数表示元素与隶属度之间的解析函数,针对不同模糊集建立不同隶属函数。针对该研究的重金属元素含量建立的隶属函数如下式所示:

$$y_i = \begin{cases} 0 & u_i \leq u_i \\ 1/(1 + a_i(u_i - c_i)^2) & u_i < u_i < c_i (i=1, 2, \dots, m) \\ 1 & c_i \leq u_i \end{cases} \quad (3)$$

式中, y_i 为第 i 个因素隶属度; u_i 为样品 i 金属含量观测值; c_i 为标准值(表 1); u_i 为标准下限值。在模糊综合评价方法中,一般包涵多个评价指标,笔者选取 4 个评价指标,分别为土壤有机质、碱解氮、有效磷、速效钾。模糊评价模型有 3 种:加法模型、乘法模型以及综合模型,笔者选取加法模型,计算公式如下:

$$W = \sum_{i=1}^n a_i \times p_i \quad (4)$$

式中, W 为综合评价价值; a_i 为评价指标权重; p_i 为评价指标隶属度。根据 GIS 空间统计方法,对不同评价指标进行图层叠加,进而形成一个综合评价指标。

2 结果与分析

2.1 土壤化学特性

2.1.1 土壤 pH。从图 3、4 可以看出,深层土壤与表层土壤 pH 具有相似的分布规律,深层土壤呈弱酸性,表层土壤呈酸性,由表及深酸性逐步减弱,并没有突变等异常现象,符合自然界规律,说明余干县土壤 pH 整体稳定,并未受人类活动影响。在区域分布上,余干县北部深层土壤呈中性(pH 6.4 ~ 7.5),社庚—九龙—大溪—白马桥—古掉—东塘—区域呈酸性(pH 4.4 ~ 5.5),其余地方呈弱酸性(pH 5.4 ~ 6.5)。

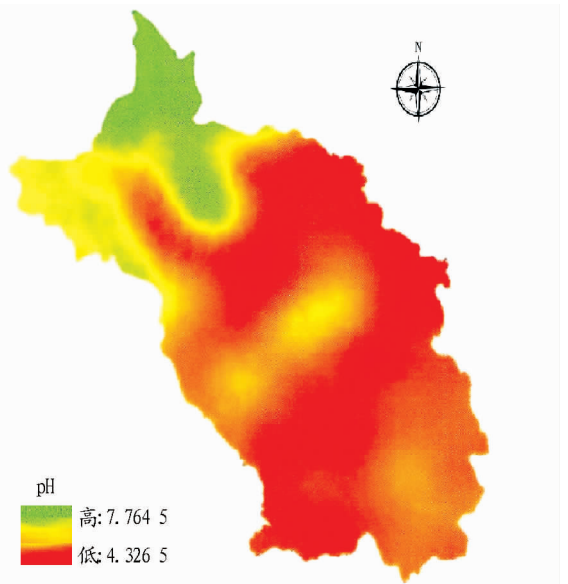


图 3 表层土壤 pH 分布情况

Fig. 3 Distribution of pH in surface soil

2.1.2 土壤全氮。查阅资料可知,余干县深层土壤氮含量背景值为 586.0 mg/kg,标准离差为 282,表层土壤背景含量

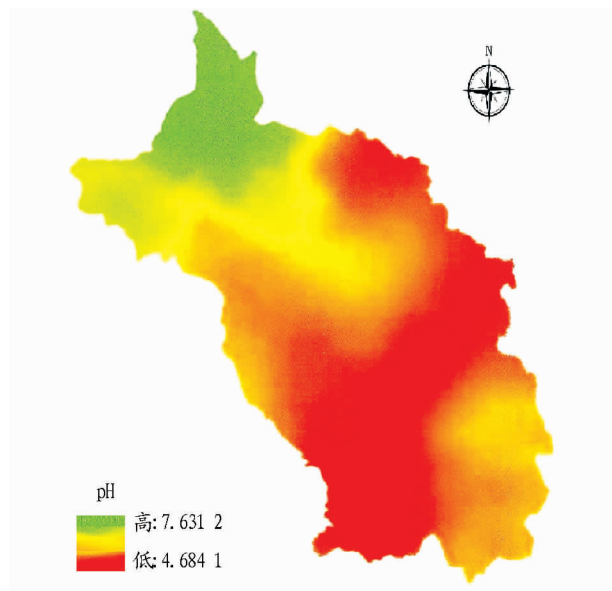


图4 深层土壤 pH 分布情况

Fig.4 Distribution of pH in deep soil

为 1 369.6 mg/kg, 标准离差为 497.2。从图 5、6 可以看出, 余干县表层至深层土壤全氮出现了强烈的富集现象, 这是由于人类补给造成的结果。在空间分布上, 表层与深层土壤全氮含量具备不同区域化学分布特性, 这是由于深层土壤全氮含量受土母岩成岩环境制约, 表层受到人为等外部干扰较大。从地域来看, 余干县深层土壤全氮含量最高值出现在康山垦殖场与黄金埠, 表层土壤全氮含量最高值出现在古埠镇, 向外全氮含量逐步降低。

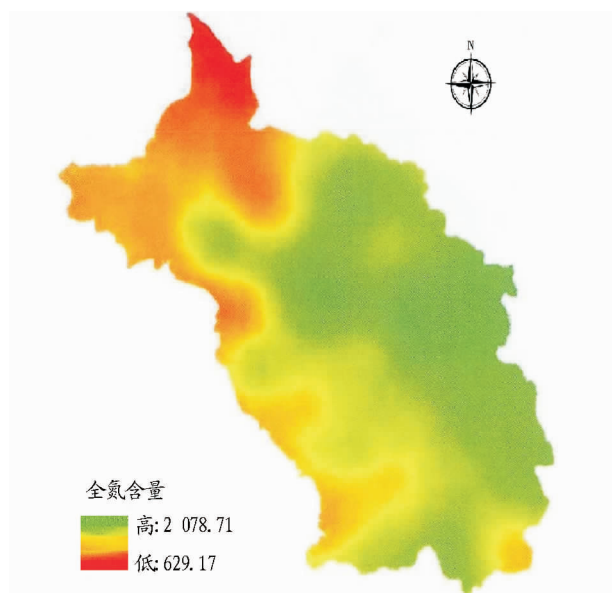


图5 表层土壤全氮分布情况

Fig.5 Distribution of total nitrogen in surface soil

2.2 土壤环境质量评价 该研究根据相关规范《土壤环境质量标准》选取表层土壤中的 Cd、Re、As、Cu、Pb、Cr、Zn、Ni 微量元素作为评价指标, 对表层土壤环境进行综合评价, 运用内梅罗综合污染指数评价法^[8], 计算土壤污染指数:

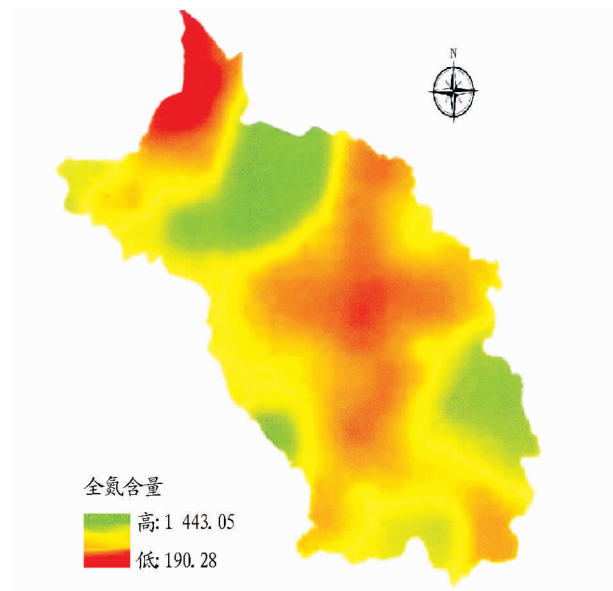


图6 深层土壤全氮分布情况

Fig.6 Distribution of total nitrogen in deep soil

$$p = \left\{ \frac{1}{2} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i)^2 + (P_i, \max)^2 \right] \right\}^2 \quad (5)$$

式中, P 为土壤污染综合指数; P_i 为土壤 i 元素污染指数; n 为土壤参与评价的污染元素种类; $(P_i, \max)^2$ 为元素污染指数最大值的平方。

《土壤环境质量标准》中规定 $P < 1$, 为未受污染; $1 < P < 2$, 为轻度污染; $2 < P < 3$, 为中度污染; $P > 3$, 为重度污染。根据该标准并结合图 7 可知, 余干县表层土壤总体环境质量优良, 一类土壤 (未污染土壤) 分布面积为 2 227.82 km², 占总面积的 95.32%, 二类土壤 (轻度污染土壤) 分布面积为 109.28 km², 占总面积的 4.68%。轻度污染主要分布在信丰垦殖场、东塘乡, 主要原因是 As、Cd 超标。

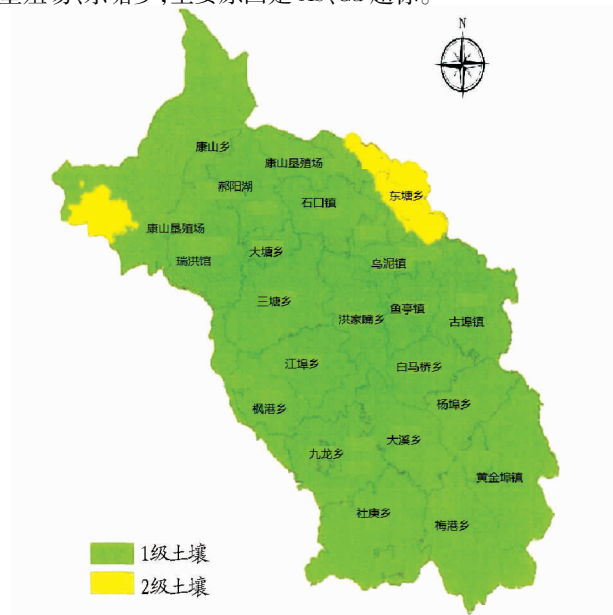


图7 余干县表层土壤环境质量

Fig.7 Comprehensive evaluation of surface soil environmental quality in Yugan County

根据表层土壤有机质、N、P、K 数据分析,应用 ArcGIS 中的 Summrize 功能统计分析土壤养分丰缺情况。

由表 2 和图 8~11 可知土壤有机质、碱解氮、有效磷、速效钾含量及区域分布情况。①有机质。余干县区内土壤有

表 2 余干县土壤养分丰缺状况

Table 2 The condition of soil nutrient deficiency in Yugan County

级别 Grade	有机质 Organic matter		碱解氮 Alkali-hydrolyzable nitrogen		有效磷 Available phosphorus		速效钾 Rapidly available potassium	
	面积	比例	面积	比例	面积	比例	面积	比例
	Area//km ²	Percentage//%	Area//km ²	Percentage//%	Area//km ²	Percentage//%	Area//km ²	Percentage//%
严重缺乏 Serious lack	3.61	0.15	0	0	2.40	0.10	68.42	2.94
缺乏 Lack	15.81	0.68	13.20	0.57	18.00	0.77	285.22	12.24
相对缺乏 Relative lack	264.28	8.34	52.12	2.24	271.51	11.65	1 426.07	58.18
适度 Moderate	882.22	37.85	179.78	7.71	1 073.05	46.04	484.56	20.79
富足 Abundant	935.99	40.16	468.39	17.10	899.16	35.57	102.74	4.41
很富足 Very abundant	298.73	12.81	1 687.09	72.39	136.62	5.86	33.67	1.44

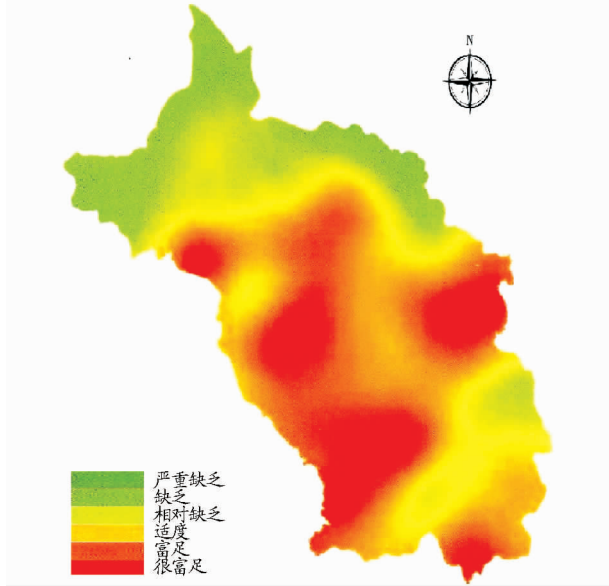


图 8 土壤有机质含量分布情况

Fig. 8 Distribution of organic matter content in soil

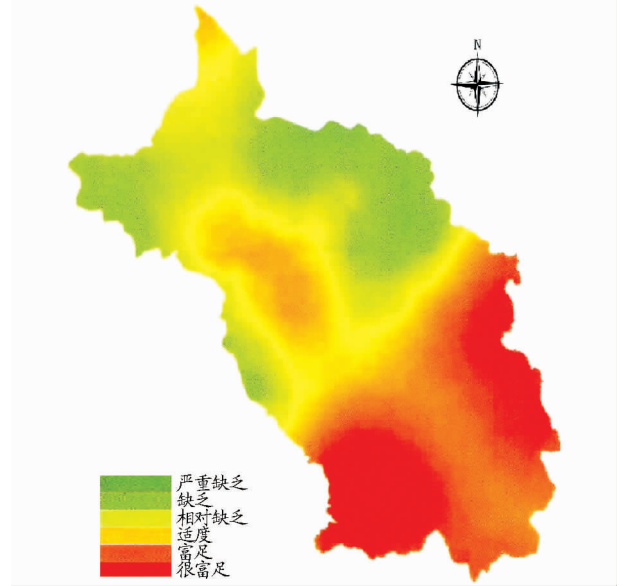


图 9 土壤碱解氮含量分布情况

Fig. 9 Distribution of the content of alkali-hydrolyzable nitrogen in soil

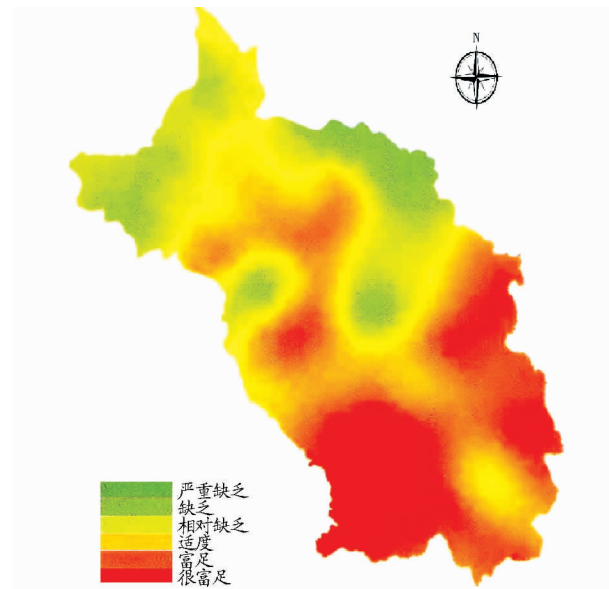


图 10 土壤有效磷含量分布情况

Fig. 10 Distribution of available phosphorus content in soil

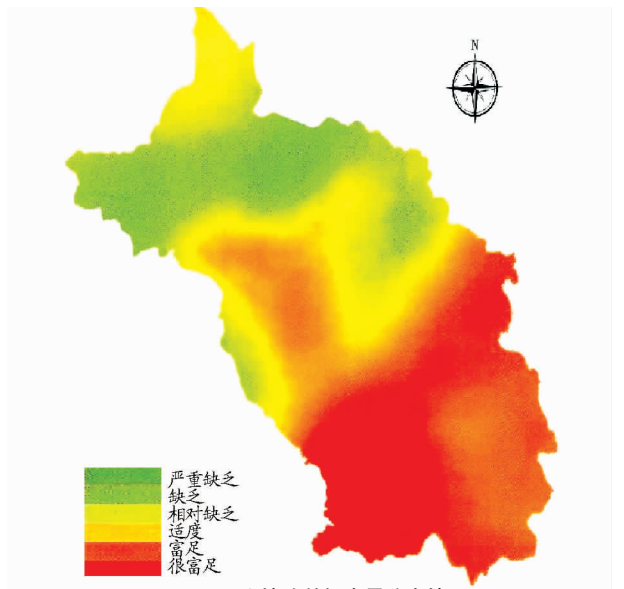


图 11 土壤速效钾含量分布情况

Fig. 11 Distribution of the content of rapidly available potassium in soil

3.4.4 交通污染。石油主要被用于机动车船的使用,而燃油的质量不论对机动车船还是大气质量都会造成严重的影响。交通拥堵、汽车保有量居高不下已成为很多大城市存在的问题。不论是限购限号都不能从根本上解决此问题,要解决城市车流量大、城市拥堵的问题需要交通管理部门出台相应的办法。从大气污染角度而言,首先必须保证燃油的清洁度。目前,哈尔滨市全部公交车和大部分出租车已改为使用天然气和汽油的两用车,天然气是清洁能源的一种,对大气造成的负担较小,且价格相较汽油低廉,以天然气为动力的机动车船成为未来的趋势,目前哈尔滨市加气站较少,且分布在主城区内的更少,存在加气困难的问题,哈尔滨市应加大投建加气站的资金,让加气不再成为一个难题,也是对推广使用清洁能源的助力。

3.5 加强公众参与 哈尔滨市大气污染治理工作已经开展到一定阶段,但在此过程中,一直是由政府主导,对于公众的参与度并不高,对于大气环境保护方面的积极性不高,环保意识淡薄,单一的政府治理在大气污染防治问题上的效用极其有限。哈尔滨市人口多,当民众和企业都加入到大气污染治理工作中,一定会取得更优秀的成绩。

3.6 依靠科学技术 大气污染的治理需要政府进行宏观调控,需要法治的健全,需要各种规章制度的颁布与实施,但终

归是要依靠先进的科学技术才能得以实现。市政府必须加大对大气污染防治方面科学研究的力度,采取各种技术措施,可以利用卫星、航测、遥感等新技术分析重点区域内大气污染源及其变化趋势,有效地针对新型污染,并积极主动地进行推广工作,才能实现依靠科学技术治理大气污染的目标。

大气污染是目前环境问题中不可忽视的一部分,哈尔滨市的大气污染情况较为严重且情况复杂,经济又处于快速发展时期。必须从防治结合的思路出发,加强政府的责任,使用多种行政手段进行管理,并加强科学技术,提升科研水平。同时要更多地重视群众参与,不仅要做到匹夫有责,还要做到匹夫有权,使每一个人真正地加入到大气污染防治中,通过政府、企业、人民的多方努力,大气污染防治工作一定会尽快见到成效。

参考文献

- [1] 张慧,韩青.北方煤炭型城市大气污染特征及防治研究的:以大同市为例[J].科技情报开发与经济,2011,21(25):169-172.
- [2] 白爱飞,孟庆庆.哈尔滨市市区大气污染现状分析[J].黑龙江环境通报,2011,35(3):91-100.
- [3] 秦天宝.新《大气污染防治法》:曲折中前行[J].环境保护,2015,43(18):47-50.
- [4] 何平平,邢佳,倪艳芳.黑龙江省大气污染防治思路研究[J].环境科学与管理,2015,40(3):21-23.
- [5] 陈宗娇.冬季供暖对沈阳市各功能区4种大气污染物浓度的影响[J].安徽农业科学,2014(3):862-863,889.

(上接第59页)

机质含量总体较高,88.18%的土壤为适度-富足有机质土壤,主要分布在古埠镇、玉亭镇、瑞洪镇、三塘乡等地区,鸳鸯港乡土壤有机质相对缺乏。②碱解氮。区域总面积的97.28%为适度-富足碱解氮地区,主要分布在玉亭镇、瑞洪镇地区,碱解氮缺乏地区为鸳鸯港乡。③有效磷。区域总面积的87.84%为适度-富足有效磷地区,主要分布在康山乡、瑞洪镇、信丰垦殖场,洪家嘴乡土壤有效磷含量偏低。④速效钾。仅区域总面积的25.87%为适度-富足速效钾地区,主要分布在瑞洪镇地区,大多数地区表现为缺乏现状,杨掉乡土壤速效钾含量最低,占区域总面积的2.85%。

3 结论

(1)将数据空间统计方法与模糊综合评价引入农业地质环境监测方法中,结合ArcGIS10.2软件得出了各土壤养分分布情况,为农业地质环境监测提供了新方法。

(2)监测结果表明,余干县表层土壤总体环境质量优良,一类土壤(未污染土壤)分布面积为2227.82 km²,占总面积

的95.32%,二类土壤(轻度污染土壤)分布面积为109.28 km²,占总面积的4.68%。对土壤有机质、碱解氮、有效磷、速效钾含量以及区域分布情况进行了研究,结果表明余干县农业地质环境整体上缺乏速效钾。

参考文献

- [1] 甘洪川.基于ArcGIS的数字校园地理信息系统的设计与实现[D].成都:电子科技大学,2010.
- [2] 周成虎.全空间地理信息系统展望[J].地理科学进展,2015(2):129-131.
- [3] 杰克·丹哲芒,马劲武.地理信息系统:设计未来[J].中国园林,2010(4):19-26.
- [4] 胡伟.地理信息系统(GIS)发展史及前景展望[D].北京:中国地质大学(北京),2011.
- [5] 牟琳.地理信息系统在高中地理合作学习中的实践与探索[D].成都:四川师范大学,2012.
- [6] 任忠慧.基于地理信息系统(GIS)的我国都市农业环境问题研究[D].武汉:华中师范大学,2014.
- [7] 闫丽娟.校园三维地理信息系统的建模与可视化研究[D].大连:大连理工大学,2013.
- [8] MAKANGA P T, SCHURMAN N, VON DADELSZEN P, et al. A scoping review of geographic information systems in maternal health[J]. International journal of gynecology and obstetrics, 2016, 134(1): 13-17.