

# 基于物元模型的区域土壤养分评价

汤洁<sup>1</sup>, 王晨野<sup>1</sup>, 李昭阳<sup>1</sup>, 赵凤琴<sup>2</sup>, 吕川<sup>1</sup>

(1. 吉林大学 环境与资源学院, 吉林 长春 130026; 2. 辽宁师范大学 生命科学学院, 辽宁 大连 116029)

**摘要:** 在吉林省大安市进行生态环境调查的基础上, 进行了土壤理化性质和营养成分的系统测试, 选择了土壤的有机质、全氮、全磷、全钾、有效氮、速效磷、速效钾 7 项测试数据作为土壤养分的评价指标, 采用物元和可拓理论构建区域土壤养分评价模型, 对大安市的土壤养分进行评价。评价结果符合当地实际情况。物元模型可以消除评价过程中人为因素的影响, 提高评价精度, 是进行土壤养分评价的理想方法。

**关键词:** 土壤养分评价; 物元模型; 可拓理论; 吉林省大安市

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2008)03-0101-06

中图分类号: S158

## Evaluation of Regional Soil Nutrients Based on Matter-Element Model

TANG Jie<sup>1</sup>, WANG Chenye<sup>1</sup>, LI Zhaoyang<sup>1</sup>, ZHAO Fengqin<sup>2</sup>, LYU Chuan<sup>1</sup>

(1. College of Environment and Resources, Jilin University, Changchun, Jilin 130026, China;

2. College of Life Sciences, Liaoning Normal University, Dalian, Liaoning 116029, China)

**Abstract:** Based on the investigation of ecological environment in Da'an City, Jilin Province, physical and chemical characteristics and nutrient components of the soils in the western part of the region were systematically tested and the regional soil quality was comprehensively evaluated. Organic matter, total N, total P, total K, available N, available P and available K were chosen as the evaluation indexes. An evaluation model of regional soil nutrients was constructed with the support of matter-element model and extension engineering theory. Overall evaluation result obtained by the model is basically consistent with local conditions. The matter-element model can eliminate the artificial factors in evaluation process, which increases the precision in the evaluation. The study illustrates that using matter-element model for evaluation of regional soil nutrients is a better way.

**Keywords:** soil nutrient evaluation; matter-element model; extension engineering theory; Da'an City in Jilin Province

土壤养分是构成土壤肥力的物质基础, 由于自然和人为因素的影响, 不同的土壤类型所含的养分不同, 养分的含量常具有明显的时空分布特点, 这种时空分布特征会影响区域植被分布<sup>[1]</sup>。因此, 研究土壤养分的分布特征, 对于土壤养分资源的科学管理和合理利用, 有针对性地采取合理施肥技术, 提高肥料养分资源的利用率具有重要的理论和实践意义<sup>[2]</sup>。传统的土壤养分评价仅限于人为地划分土壤肥力的等级指标和相对权重系数, 评价标准不一, 存在着很大的主观性, 推广应用性较差。

随着数值化评价方法的提出和应用, 以及黑箱方法、模糊数学方法和多元统计分析方法等现代研究方

法的渗透和广泛应用, 土壤养分评价逐渐侧重定量评价和多因素的综合评价。20 世纪 80 年代, 我国数学家蔡文提出了用于解决不相容问题物元分析理论, 从最初的物元分析到现在的可拓学, 已奠定了其理论体系<sup>[3-4]</sup>, 物元模型被广泛应用在环境质量的综合评判、产品质量分级以及农业资源评价等方面<sup>[5-7]</sup>, 但在土壤养分评价方面未见物元模型的应用报道。土壤养分是一个多指标体系, 每一个特定的指标只能描述某一侧面, 所以, 就土壤养分评价而言, 迄今还没有统一的方法<sup>[8]</sup>。为探索进行土壤养分等级评价的有效途径, 使土壤养分评价更加系统化、完整化, 本文尝试运用物元分析方法进行土壤养分评价。物元分析

收稿日期: 2007-08-17

修回日期: 2007-11-29

资助项目: 国家自然科学基金资助项目(40572170); 高等学校博士学科点专项科研基金(20050183056)

作者简介: 汤洁(1957-), 女(汉族), 吉林省长春市人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事生态环境系统与信息管理研究。E-mail: tangjie@jl.u.edu.cn.

法首先对每个评价指标进行分级区间界定,通过单指标的关联函数计算得到单指标的土壤养分状态,再通过模型集成得到多指标的综合土壤养分水平,因此结果更加客观和科学。鉴于此本文在吉林省大安市土壤取样基础上,结合综合评判物元模型,将可拓学原理和方法应用到大安市的土壤养分评价,对认识大安市土壤类型及改良土壤具有指导意义,同时也作为土壤养分评价方法研究的一种尝试与探索。

### 1 综合评判的物元模型

#### 1.1 “物元”的定义

给定事物的名称  $M$ , 它关于特征  $c$  的量值为  $v$ , 以有序三元  $R = (M, c, v)$  组作为描述事物的基本元, 简称物元。一个事物有多个特征, 若事物  $M$  以  $n$  个特征  $c_1, c_2, \dots, c_n$  和相应的量值  $v_1, v_2, \dots, v_n$  来描述, 则可以表示为:

$$R = (M, c, v) = \begin{pmatrix} M, & c_1, & v_1 \\ & c_2, & v_2 \\ & \vdots & \vdots \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n, & v_n \end{pmatrix} \quad (1)$$

#### 1.2 确定经典域

$$R_{0j} = (N_{0j}, c_i, X_{0ji}) = \begin{pmatrix} N_{0j}, & c_1, & X_{0j1} \\ & c_2, & X_{0j2} \\ & \vdots & \vdots \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n, & X_{0jn} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} N_{0j}, & c_1, & \langle a_{0j1}, b_{0j1} \rangle \\ & c_2, & \langle a_{0j2}, b_{0j2} \rangle \\ & \vdots & \vdots \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n, & \langle a_{0jn}, b_{0jn} \rangle \end{pmatrix} \quad (2)$$

式中:  $N_{0j}$  ——表示所划分的第  $j$  个评价等级 ( $j = 1, 2, \dots, m$ );  $c_i$  ——表示第  $i$  个评价指标;  $X_{0ji}$  ——为  $c_i$  对应评价等级  $j$  的取值范围, 即经典域, 并且  $X_{0ji}$  的取值范围是区间  $\langle a_{0ji}, b_{0ji} \rangle$ , 可记为  $X_{0ji} = \langle a_{0ji}, b_{0ji} \rangle, i = 1, 2, \dots, n$ 。

#### 1.3 确定节域

$$R_p = (P, c, X_{pi}) = \begin{pmatrix} P, & c_1, & X_{p1} \\ & c_2, & X_{p2} \\ & \vdots & \vdots \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n, & X_{pn} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} P, & c_1, & \langle a_{p1}, b_{p1} \rangle \\ & c_2, & \langle a_{p2}, b_{p2} \rangle \\ & \vdots & \vdots \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n, & \langle a_{pn}, b_{pn} \rangle \end{pmatrix} \quad (3)$$

式中:  $P$  ——表示评价等级的全体;  $X_{pi}$  —— $P$  关于  $c_i$  的取值范围, 即  $P$  的节域。记  $X_{pi} = \langle a_{pi}, b_{pi} \rangle, i = 1, 2, \dots, n$ , 显然,  $X_{0ji} \subset X_{pi}$ 。

#### 1.4 确定待判物元

把评价对象用物元表示为

$$R_0 = (P_0, c, v) = \begin{pmatrix} P_0, & c_1, & v_1 \\ & c_2, & v_2 \\ & \vdots & \vdots \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n, & v_n \end{pmatrix} \quad (4)$$

上式称为事物  $P_0$  的待判物元,  $v_i$  为待评事物各指标  $c_i$  的具体量值。

#### 1.5 确定待评事物各指标关于各等级的关联度

$$K_j(v_i) = \begin{cases} \frac{\rho(v_i, X_{0ji})}{|X_{0ji}|}, & (v_i \in X_{0ji}) \\ \frac{\rho(v_i, X_{0ji})}{\rho(v_i, X_{pi}) - \rho(v_i, X_{0ji})}, & (v_i \notin X_{0ji}) \end{cases} \quad (5)$$

式中

$$\rho(v_i, X_{0ji}) = |v_i - \frac{1}{2}(a_{0ji} + b_{0ji})| - \frac{1}{2}(b_{0ji} - a_{0ji});$$

$$\rho(v_i, X_{pi}) = |v_i - \frac{1}{2}(a_{pi} + b_{pi})| - \frac{1}{2}(b_{pi} - a_{pi});$$

$|X_{0ji}| = |a_{0ji} - b_{0ji}|, (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m)$ ,  $\rho(v_i, X_{0ji}), \rho(v_i, X_{pi})$  分别表示点  $v_i$  与经典域区间  $X_{0ji}$  和节域区间  $X_{pi}$  的距。关联度  $K_j(v_i)$  实际上刻画的是待评事物各指标关于各评价等级  $j$  的归属程度, 相当于模糊数学中描述模糊集合的隶属度。模糊数学隶属度为闭区间  $[0, 1]$ , 而关联度的取值范围是整个实数轴, 若  $K_j(v_i) = \max K_j(v_i), j \in (1, 2, \dots, m)$ , 则评定指标  $v_i$  属于等级  $j$ 。

#### 1.6 计算待评事物 $P_0$ 关于等级 $j$ 的关联度

$$K_j(P_0) = \sum_{i=1}^n a_i K_j(v_i) \quad (7)$$

式中:  $a_i$  ——对应指标  $c_i$  的权重, 且  $\sum_{i=1}^n a_i = 1$ 。  $K_j(P_0)$  ——待评事物各指标关于各等级的关联度在考虑指标重要性程度情况下的组合值, 表示待评事物  $P_0$  属于等级  $j$  的程度。若  $K_j(P_0) = \max K_j(P_0)$ ,

$j \in (1, 2, \dots, m)$ , 则评定  $P_0$  属于等级  $j$ 。关联度的数值大小在实数轴上的大小表征了被评对象属于某一级别的程度, 物元模型的关联度将逻辑值从模糊数学的  $[0, 1]$  闭区间拓展到  $(-\infty, +\infty)$  实数轴后, 比模糊数学的隶属度所代表的内涵更为丰富, 能揭示更多的分异信息。

当  $K_j(P_0) > 0$  时, 表示待评事物符合某级标准的要求, 并且其值越大, 符合程度越好; 当  $-1 \leq K_j(P_0) < 0$  时, 表示待评事物不符合某级评价标准的要求, 但具备转化为该级标准的条件, 并且其值越大, 越易转化; 当  $K_j(P_0) < -1$  时, 表示待评事物不符合某级评价标准的要求, 而且不具备转化为该级标准的条件, 其值越小, 表明与某级评价标准的差距越大<sup>[8]</sup>。

## 2 吉林省大安市土壤养分评价

### 2.1 研究区概况

吉林省大安市位于松嫩平原中部低平原, 属洮儿河和霍林河之间的河间地带, 海拔高度 120~160 m, 地势平坦, 总坡度为 1/8 000~1/5 000。该区平均气温 4.3 ℃。年均降水量为 413.7 mm, 其中 6—9 月份降水量达 344.8 mm, 占全年降水的 83.3%。年均蒸发量为 1 610 mm, 最大蒸发量达 1 952.2 mm。干燥度年平均为 1.15。

春季多风、干旱, 最大风出现在 4—5 月<sup>[9, 16]</sup>。土壤类型有黑钙土、淡黑钙土、风沙土、草甸土、冲积土、沼泽土、碱土和盐土。土壤母质为第四纪黄土状沉积物, 质地为石灰性亚沙土和石灰性黏土, 均为微碱性土壤, 成为土地盐碱化和土质退化的基质。土壤肥力较差, 有机质含量较低, 一般在 1% 左右。土壤普遍缺氮, 严重缺磷, 部分地块缺钾。

### 2.2 土样采集与化验方法

本课题组对该市的 14 个乡镇, 进行了土壤环境调查, 对各典型样地进行了蛇形采样。共采集混合土样 18 个, 样品包括耕地、林地、草地、碱地、沙地等多种地类。测定项目包括有机质、全氮、全磷、全钾、有效氮、速效磷、速效钾。

本研究所采用的测试方法如下: 土壤有机质测定采用重铬酸钾容量—电热板外加热法; 全氮测定采用开氏法; 全磷测定采用硫酸—高氯酸消煮法; 全钾测定采用 1:1 硫酸和氢氟酸分解样品+ 1:1 硝酸和

水溶解盐类+ 火焰光度法; 有效氮测定采用碱解扩散法; 速效磷测定采用 0.5 mol/L 碳酸氢钠浸提—钼锑抗比色法; 速效钾测定采用 1 mol/L 中性醋酸铵浸提—火焰光度法<sup>[10-12]</sup>。

### 2.3 土壤养分评价因子选择及其权重的确定

针对大安市土壤质量的特点, 参照全国第二次土壤普查的土壤养分调查指标, 选择土壤有机质、全氮、全磷、全钾、有效氮、速效磷、速效钾作为本次评价因子, 采用 AHP 法赋权值。AHP 法把人的主观判断用数量方式表达和处理, 实现了定性分析和定量分析相结合, 解决了评价模型中确定权重的问题。用层次分析法确定因素权重的原理是: 先采用 1—9 标度法构造判断矩阵, 再求出判断矩阵的最大特征根及其所对应的特征向量, 该向量的分量就是该层各参评因素的权重<sup>[13]</sup>。

各参评因素的权重常用的计算方法主要有方根法及和积法, 本文应用 EXCEL 软件, 采用方根法进行计算<sup>[14]</sup>, 结果见表 1。

表 1 大安市土壤养分评价因子权重

有机质	全氮	全磷	全钾	有效氮	速效磷	速效钾
0.401	0.182	0.096	0.065	0.106	0.090	0.060

### 2.4 土壤养分评价经典域、节域和待判物元的确定

运用可拓集合概念<sup>[4]</sup>, 将土壤养分分异概念集合 {丰富 $\rightarrow$ 较丰富 $\rightarrow$ 适量 $\rightarrow$ 贫乏 $\rightarrow$ 极贫乏} 中的渐变分类关系由定性描述扩展为定量描述, 从而辨识这个概念的层次关系。首先, 将问题概述为

设  $P = \{ \text{丰富} \rightarrow \text{较丰富} \rightarrow \text{适量} \rightarrow \text{贫乏} \rightarrow \text{极贫乏} \}$ ,  $N_{01} = \{ \text{丰富} \}$ ,  $N_{02} = \{ \text{较丰富} \}$ ,  $N_{03} = \{ \text{适量} \}$ ,  $N_{04} = \{ \text{贫乏} \}$ ,  $N_{05} = \{ \text{极贫乏} \}$ , 则  $N_{01}, N_{02}, N_{03}, N_{04}, N_{05} \in P$ , 对任何  $p \in P$ , 判断  $p$  属于  $N_{01}$  或  $N_{02}, N_{03}, N_{04}, N_{05}$ , 并计算隶属程度。

本文所采用的标准为全国第二次土壤普查土壤养分的分级标准(详见表 2), 据此建立土壤养分评价的经典域物元矩阵  $R_{01}, R_{02}, R_{03}, R_{04}, R_{05}$  和节域物元矩阵  $R_p$ 。

确定待判物元, 即确定评价对象关于各个评价因子  $c_i$  的具体量值, 具体数据即为本次化验数据, 化验数据的基本情况见表 3。

$R_{01} =$	$N_{01},$	$c_1,$	$\langle 3, 4 \rangle$	$R_{04} =$	$N_{04},$	$c_1,$	$\langle 0.6, 1 \rangle$
		$c_2,$	$\langle 0.15, 0.2 \rangle$			$c_2,$	$\langle 0.04, 0.075 \rangle$
		$c_3,$	$\langle 0.15, 0.2 \rangle$			$c_3,$	$\langle 0.05, 0.070 \rangle$
		$c_4,$	$\langle 2, 3 \rangle$			$c_4,$	$\langle 0.5, 1 \rangle$
		$c_5,$	$\langle 120, 150 \rangle$			$c_5,$	$\langle 30, 60 \rangle$
		$c_6,$	$\langle 20, 40 \rangle$			$c_6,$	$\langle 3, 4 \rangle$
		$c_7,$	$\langle 150, 200 \rangle$			$c_7,$	$\langle 30, 50 \rangle$
$R_{02} =$	$N_{02},$	$c_1,$	$\langle 2, 3 \rangle$	$R_{05} =$	$N_{05},$	$c_1,$	$\langle 0, 0.6 \rangle$
		$c_2,$	$\langle 0.1, 0.15 \rangle$			$c_2,$	$\langle 0, 0.04 \rangle$
		$c_3,$	$\langle 0.1, 0.15 \rangle$			$c_3,$	$\langle 0, 0.05 \rangle$
		$c_4,$	$\langle 1.5, 2 \rangle$			$c_4,$	$\langle 0, 0.5 \rangle$
		$c_5,$	$\langle 90, 120 \rangle$			$c_5,$	$\langle 0, 30 \rangle$
		$c_6,$	$\langle 10, 20 \rangle$			$c_6,$	$\langle 0, 3 \rangle$
		$c_7,$	$\langle 100, 150 \rangle$			$c_7,$	$\langle 0, 30 \rangle$
$R_{03} =$	$N_{03},$	$c_1,$	$\langle 1, 2 \rangle$	$R_P =$	$N,$	$c_1,$	$\langle 0, 4 \rangle$
		$c_2,$	$\langle 0.0751, 0.10 \rangle$			$c_2,$	$\langle 0, 0.2 \rangle$
		$c_3,$	$\langle 0.07, 0.1 \rangle$			$c_3,$	$\langle 0, 0.2 \rangle$
		$c_4,$	$\langle 1, 1.5 \rangle$			$c_4,$	$\langle 0, 3 \rangle$
		$c_5,$	$\langle 60, 90 \rangle$			$c_5,$	$\langle 0, 150 \rangle$
		$c_6,$	$\langle 4, 10 \rangle$			$c_6,$	$\langle 0, 40 \rangle$
		$c_7,$	$\langle 50, 100 \rangle$			$c_7,$	$\langle 0, 200 \rangle$

表 2 土壤养分分级标准

养分名称	I 丰富	II 较丰富	III 适量	IV 贫乏	V 极贫乏
有机质/ %	3~4	2~3	1~2	1~0.60	< 0.60
全氮/ %	0.15~0.20	0.1~0.15	0.075~0.1	0.04~0.10	< 0.04
全磷/ %	0.15~0.20	0.10	0.07~0.10	0.05~0.07	< 0.05
全钾/ %	2~3	1.5~2	1~1.50	0.5~1.00	< 0.50
有效氮/ ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	120~150	90~120	60~90	30~60	< 30
速效磷/ ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	20~40	10~20	4~10	3~4	< 3
速效钾/ ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	150~200	100~150	50~100	30~50	< 30

表 3 大安市土壤养分化验数据统计结果

测试项目	有机质/ %	全氮/ %	全磷/ %	全钾/ %	有效氮/ ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	速效磷/ ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	速效钾/ ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )
平均值	1.254	0.085	0.038	2.186	53.614	7.629	118.646
最大值	0.550	0.001	0.023	1.905	26.970	0.600	65.500
最小值	2.300	0.207	0.050	2.357	83.700	27.000	159.630
标准差	0.478	0.046	0.007	0.129	17.973	6.491	29.134

注: 样品数为 18 个。

以样点  $S_1$  的数据为例, 待判物元为

$$R_{S_1} = \begin{pmatrix} P_{S_1} & c_1, & 1.40 \\ & c_2, & 0.08 \\ & c_3, & 0.03 \\ & c_4, & 2.27 \\ & c_5, & 43.45 \\ & c_6, & 10.00 \\ & c_7, & 111.25 \end{pmatrix}$$

### 2.5 结果与分析

将待判物元的具体数据输入模型, 即可得到相应的评价结果。以单指标  $c_1$ (有机质) 为例  $v_1 = 1.4$  输入公式(5), (6), 可得到该指标对应各评价等级的关联度分别为  $K_1(v_1) = -0.533$ ,  $K_2(v_1) = -0.300$ ,  $K_3(v_1) = 0.4$ ,  $K_4(v_1) = -0.222$ ,  $K_5(v_1) = -0.364$ , 依据判断标准,  $K_3(v_1) = \max K_j(v_1), j \in (1, 2, 3, 4,$

5), 因此, 判定该指标的土壤养分级别属于  $N_{03}$ , 即适量级别, 同样方法可以求出  $S_1$  其它各项指标对应各等级的关联度, 及其养分级别。在此基础上将各项指标所对应的各等级的关联度及各指标对应的权重(权重见表 1)输入公式(7), 通过加权求和, 计算得出所有指标对应各评价等级的综合关联度分别为  $K_1(P_{S_1}) = -0.487$ ,  $K_2(P_{S_1}) = -0.279$ ,  $K_3(P_{S_1}) = 0.045$ ,  $K_4(P_{S_1}) = -0.219$ ,  $K_5(P_{S_1}) = -0.312$ , 依据判断标准,  $K_3(P_{S_1}) = \max K_j(P_{S_1}), j \in (1, 2, 3, 4,$

5), 判定研究区样点  $S_1$  的土壤养分级别属于  $N_{03}$ , 即适量级别。

样点  $S_1$  各指标对应各等级的关联度、多指标综合关联度计算结果及其养分级别判定见表 4。  
用同样的方法求出大安市其它各个采样点土壤养分综合关联度(见表 5)。

表 4 大安市采样点  $S_1$  土壤养分水平的相关计算结果

关联度	$N_{01}$	$N_{02}$	$N_{03}$	$N_{04}$	$N_{05}$	养分级别
$K_j(v_1)$	-0.533	-0.300	0.400	-0.222	-0.364	适量 III
$K_j(v_2)$	-0.467	-0.200	0.020	-0.059	-0.333	适量 III
$K_j(v_3)$	-0.773	-0.660	-0.514	-0.320	0.320	极贫乏 V
$K_j(v_4)$	0.265	-0.265	-0.510	-0.633	-0.706	丰富 I
$K_j(v_5)$	-0.638	-0.517	-0.276	0.103	-0.236	贫乏 IV
$K_j(v_6)$	-0.500	0.001	-0.001	-0.375	-0.412	较丰富 II
$K_j(v_7)$	-0.304	0.225	-0.113	-0.408	-0.478	较丰富 II
$K_j(P_{S_1})$	-0.487	-0.279	0.045	-0.219	-0.312	适量 III

表 5 大安市各个采样点土壤养分水平的相关计算结果

关联度	$N_{01}$	$N_{02}$	$N_{03}$	$N_{04}$	$N_{05}$	等级判断	养分级别
$K_j(P_{S_1})$	-0.487	-0.279	0.045	-0.219	-0.312	$N_{03}$	适量 III
$K_j(P_{S_2})$	-0.467	-0.252	0.001	-0.231	-0.321	$N_{03}$	适量 III
$K_j(P_{S_3})$	-0.449	-0.217	0.014	-0.085	-0.339	$N_{03}$	适量 III
$K_j(P_{S_4})$	-0.711	-0.634	-0.487	-0.197	0.067	$N_{05}$	极贫乏 V
$K_j(P_{S_5})$	-0.502	-0.337	-0.149	0.030	-0.292	$N_{04}$	贫乏 IV
$K_j(P_{S_6})$	-0.500	-0.249	0.035	-0.253	-0.245	$N_{04}$	贫乏 IV
$K_j(P_{S_7})$	-0.586	-0.455	-0.085	0.033	-0.227	$N_{04}$	贫乏 IV
$K_j(P_{S_8})$	-0.540	-0.364	0.010	-0.230	-0.225	$N_{03}$	适量 III
$K_j(P_{S_9})$	-0.377	-0.089	0.050	-0.244	-0.359	$N_{03}$	适量 III
$K_j(P_{S_{10}})$	-0.475	-0.273	-0.024	0.173	-0.265	$N_{04}$	贫乏 IV
$K_j(P_{S_{11}})$	-0.616	-0.441	-0.204	0.087	-0.220	$N_{04}$	贫乏 IV
$K_j(P_{S_{12}})$	-0.552	-0.604	-0.497	-0.256	0.149	$N_{05}$	极贫乏 V
$K_j(P_{S_{13}})$	-0.562	-0.371	0.010	-0.042	-0.282	$N_{03}$	适量 III
$K_j(P_{S_{14}})$	-0.564	-0.410	-0.166	0.027	-0.269	$N_{04}$	贫乏 IV
$K_j(P_{S_{15}})$	-0.466	-0.299	0.001	-0.251	-0.315	$N_{03}$	适量 III
$K_j(P_{S_{16}})$	-0.531	-0.382	-0.195	0.038	-0.256	$N_{04}$	贫乏 IV
$K_j(P_{S_{17}})$	-0.266	0.014	-0.174	-0.406	-0.462	$N_{02}$	较丰富 II
$K_j(P_{S_{18}})$	-0.058	-0.422	0.236	-0.410	-0.572	$N_{03}$	适量 III

根据土壤养分普查的分级标准,全区土壤养分可划分丰富、较丰富、适量、贫乏和极贫乏 5 级。从表 5 可知,全区没有丰富级土壤。较丰富级别的样品只有一个,占样品总数的 5.56%,该点位于本课题组种植黄花草木樨的土壤改良基地——姜家店草场。土壤养分属适量级别的样品有 8 个,占样品总数的 44.44%,贫乏级别有 7 个,占 38.89%,极贫乏级别 2 个,占 11.11%,土壤养分水平处于贫乏—极贫乏级别的土样占全部样品的 50%。

总之,该区土壤养分贫瘠,肥力较低。从分布上看,东北部养分水平高于西部地区,东南部略高于中部地区。

为了验证评价结果的可信度,本文应用 ArcGIS 软件的 ArcToolbox 模块的 Overlay 命令将采样点空间分布图与大安市土地盐碱荒漠化分级图<sup>[15]</sup>叠加,发现养分级别属于贫乏和极贫乏的采样点有 77.78% 分布于大安市重度和中度盐碱荒漠化土地。

### 3 结论

(1) 物元分析以可拓数学为基础,把现实问题概括为相容性、不相容性问题并进行转化处理。物元模型的关联函数概念把模糊数学的逻辑值从 $[0, 1]$ 闭区间拓展到 $(-\infty, +\infty)$ 整个实数轴,通过引入负数的概念建立关联度,可以无丢失地综合各种因素的全部信息,保证了信息的完整性,极大地拓展了研究范围,能揭示更多的分异信息,可拓集合的关联度用数学式来表示,使研究问题定量化。

(2) 土壤养分的综合评价结果表明,大安市土壤有机质含量偏低、营养成分含量少,且含量呈下降趋势;土壤有效养分失调,土壤退化,地力衰竭使本地区的土地资源处于不可持续利用状态。解决土壤退化的关键是增加氮肥与磷肥,适当控制钾肥用量,最终实现平衡施肥,达到农业生产高产、优质、高效。

(3) 利用物元方法进行土壤养分评价,其方法可合理、有效地划分土壤养分类别,客观、科学地评价土壤养分水平,具有广阔的应用前景。但是,物元模型作为一个正在蓬勃发展的数学工具,无论在理论体系方面还是在实际应用中都存在着不完善的地方,例如目前可供选择的关联度函数较少,由于不同的问题有不同的关联函数,目前,只建立了实数域上的函数、二

阶关联函数和  $n$  阶关联函数的基本形式,因此,物元模型在土壤养分评价中的应用也需要进一步深入研究和扩展<sup>[16]</sup>。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 何文寿. 宁夏农田土壤耕层养分含量的时空变化特征[J]. 土壤通报, 2004, 35(6): 170—174.
- [2] 苏永红, 冯起, 刘蔚, 等. 额济纳三角洲土壤养分特征分析[J]. 干旱区研究, 2006, 23(1): 133—137.
- [3] 蔡文. 物元模型及其应用[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1994.
- [4] 蔡文, 杨春燕, 林伟初. 可拓工程方法[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [5] 吴华军, 刘年丰, 何军, 等. 基于物元分析的生态环境综合评价研究[J]. 华中科技大学学报: 城市科学版, 2006, 23(1): 52—55.
- [6] 汤洁, 李艳梅, 卞建民, 等. 物元可拓法在地下水水质评价中的应用[J]. 水文地质工程地质, 2005(5): 1—5.
- [7] 向志民, 向嵘. 农林产品质量分级的物元分析识别模型研究[J]. 运筹与管理, 1999, 8(4): 63—69.
- [8] 何婕平, 康师安. 主成份分析在研究草原土壤养分评价中的应用[J]. 内蒙古林学院学报, 1994, 16(4): 52—57.
- [9] 汤洁, 李月芬, 林年丰, 等. 应用生物技术改良退化土壤的效果: 以黄花草木樨改良盐碱化土壤为例[J]. 生态环境, 2004, 13(1): 51—53.
- [10] 李月芬, 汤洁. 灰色关联度法在草原土壤质量评价中的应用[J]. 吉林农业大学学报, 2003, 25(5): 551—556.
- [11] 李酉开. 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1989.
- [12] 汤洁, 林年丰. 应用 GIS—ANN 进行土地盐碱化危险度评价: 以吉林西部平原为例[J]. 自然灾害学报, 2003, 12(4): 34—39.
- [13] 汤洁, 赵凤琴, 林年丰, 等. 多种模型集成的方法在土壤养分评价中的应用[J]. 东北师大学报: 自然科学版, 2005, 37(1): 109—112.
- [14] 唐五湘, 程桂枝. Excel 在管理决策中的应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2001: 133—141.
- [15] 林年丰, 汤洁. 松嫩平原环境演变与土地盐碱化. 荒漠化的成因分析[J]. 第四纪研究, 2005, 25(4): 474—483.
- [16] 周云轩, 付哲, 刘殿伟, 等. 吉林省西部土壤沙化、盐碱化和草原退化演变的时空过程研究[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2003, 33(3): 349—356.