

基于物元模型的川东北丘陵区 土壤养分综合评价

——以平昌县为例

肖玖金^{1,2}, 马红星³, 王莉², 罗丽卉¹, 王坤能⁴, 李旭东^{1*}

(1. 中国科学院 成都生物研究所, 四川 成都 610041; 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100101; 3. 四川省平昌县农业局, 四川 平昌 636400; 4. 四川省平昌县环保局, 四川 平昌 636400)

摘要: 选择川东北平昌县农业土壤有机质、全氮、全磷、全钾、速效钾、有效氮、速效磷、有效铜、有效锌、有效铁、有效锰、有效硼和有效钼共 13 个指标, 土壤养分含量统计显示: 平昌县土壤养分指标中全钾、速效钾、有效铁和有效锰平均含量高于全省平均值, 其余 9 项指标均低于全省平均水平。与第二次土壤普查农耕地普查资料相比, 平昌县农业土壤有效铜、锌、铁、锰含量有上升趋势, 全磷和全钾含量呈下降趋势。运用物元模型对土壤养分进行综合评价, 结果表明: 研究区没有 I 级养分土壤, 其中 II 级养分土壤占 6.12%, III 级养分土壤占 8.16%, IV 级养分土壤占 78.57%, V 级养分土壤占 7.14%。处于养分贫乏(IV 级)和极贫乏(V 级)的土壤共占 85.71%, 总体看来, 平昌县土壤养分状况较差。

关键词: 物元模型; 土壤养分评价; 低山丘陵区

中图分类号: S158 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2011)02-0381-07

Comprehensive Evaluation of Nutrients Based on Matter-Element Model in the Northeastern Sichuan Basin ——A Case of Pingchang County in Sichuan Province

XIAO Jiu-jin^{1,2}, MA Hong-xing³, WANG Li²,
LUO Li-hui¹, WANG Kun-neng⁴, LI Xu-dong^{1*}

(1. Chengdu Institute of Biology, CAS, Chengdu 610041, China; 2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 3. Agriculture Bureau of Pingchang County, Pingchang 636400, China; 4. Environmental Protection Bureau of Pingchang County, Pingchang 636400, China)

Abstract: 13 soil nutrient indicators were chosen to evaluate the soil quality of Pingchang County, statistics analysis showed that: the average contents of Total K, Available K, Available Fe and Available Mn in Pingchang were higher than that of Sichuan Province, but the contents of the other 9 indicators were lower. Compared with the data of the second soil survey of agricultural land census, the contents of Available Cu, Available Zn, Available Fe and Available Mn showed a rising trend, while Total P and Total K a droppint trend. Based on the matter-element model, the comprehensive soil nutrients were evaluated, and the results showed: there was no Grade I nutrient soil in Pingchang County, the Grade II soil ratio was 6.12%, the

收稿日期: 2010-04-19 修回日期: 2011-02-10

基金项目: 中国科学院知识创新工程项目(KSCX2-YW-G-071)资助

作者简介: 肖玖金(1982—), 男, 博士生, 主要从事环境科学和生态学研究, E-mail: xiaojiujin@hotmail.com; * 通讯作者: 李旭东, 研究员, 博士, 博导, E-mail: lixd@cib.ac.cn。

Grade III soil ratio was 8.16% , the Grade IV soil ratio was 78.57% , and the Grade V soil ratio was 7.14% . The total ratio of soil of poor nutrients and extremely poor nutrients was 85.71% .

Key words: matter-element model; soil nutrient evaluation; low mountains and hills

土壤养分是体现土壤肥力质量的一个关键要素^[1] ,同时,土壤养分也是一个多指标体系,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^[2] ,全面客观地评价土壤的实际养分水平是科学施肥的依据,也是一切农业技术和指导农业生产的基础^[3] 。与模糊数学^[4]、聚类分析、因子分析、主成分分析等较常用的土壤养分综合评价法^[5] 相比,物元分析模型不仅可以对研究事物状况进行较准确的整体评价,而且可对各特征进行单独评价^[6] ,因此被广泛应用在环境质量的综合评判^[7-9]、产品质量分级^[10] 和土壤养分^[6,11] 等综合评价方面。

川东北低山丘陵区是长江流域生态环境脆弱区之一,该地区水土流失严重,导致土壤质量下降,对该区域的经济、生态和社会发展造成一定影响。因此,本研究选取川东北低山丘陵区农业大县之一的平昌县作为研究对象,应用物元理论对该县农业土壤养分进行综合评价,以为农作物分区、施肥控制提供一定理论和科学依据。

1 研究区域概况与研究方法

1.1 研究区域概况

平昌县位于四川省东北部,米仓山南麓,东邻万源、宣汉,南连达县、渠县,西界营山、仪陇,北接巴中、通江,属巴中市管辖,地理坐标范围为东经 106°50′ ~ 107°34′,北纬 31°16′ ~ 31°52′。东西长约 69 km,南北宽约 69.8 km,全县幅员面积 2 229 km²。全县多年平均气温为 16.9 °C,境内多年平均无霜期 293 d,多年平均日照总数 1 341.4 h,常年平均降水量 1 213 mm,多年平均蒸发量为 1 035 mm,县域内水稻土、紫色土、冲积土、黄壤为境内的主要土壤,全县森林覆盖率为 36.8% ,是全国生态示范区建设试点县。

1.2 研究方法

采用 GPS 定位技术,兼顾土壤类型和地形特点,使采样点在研究区内尽量均匀分布,采样点分布见图 1。采样深度 0 ~ 20 cm,按 S 形采 10 ~ 20 个分样点,充分混合后用四分法反复取舍,保留 1 kg 左右混合土样,共采集耕层土样 98 个。经风干、磨碎、过筛等前处理制备待测样。土壤有效态微量元素的测定方法参照《土壤农化分析》、《土壤农业化学分析方法》进行^[12-13]。

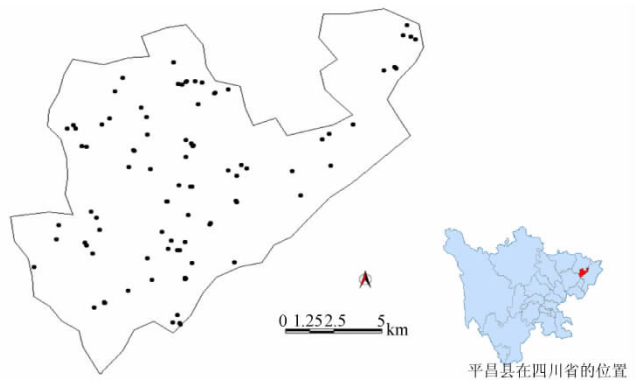


图 1 样点分布图
Fig.1 Sampling points in the study area

2 土壤养分综合评判的物元模型的构建

2.1 土壤养分物元模型的建立^[9]

所研究的事物记作 N , N 的特征记作 C , 关于 C 的量值记作 V , 则三元有序数组 $R = (N, C, R)$ 称为物元。若事物 N 的特征有多个, 用 C_1, C_2, \dots, C_n 表示, 其量值用 V_1, V_2, \dots, V_n 表示, 则该事物可用下列数组表示:

$$R(X) = \begin{vmatrix} N & C_1 & V_1 \\ & C_2 & V_2 \\ & & \dots \\ & C_n & V_n \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} N_x & C_1(X) < a_1(X), b_1(X) > \\ & C_2(X) < a_2(X), b_2(X) > \\ & & \dots \\ & C_n(X) < a_n(X), b_n(X) > \end{vmatrix}$$

则称 $C_1(X) < a_1(X), b_1(X) >$ 为 n 维物元, 具有 n 个特征, 相应的量值范围为 $< a_n(x), b_n(x) >$ 。

2.1.1 确定经典域与节域

$$R = \begin{matrix} & \left| \begin{matrix} N & N_1 & N_2 & \dots & N_k \\ C_1 & C_{11} & C_{12} & \dots & C_{1k} \\ C_2 & C_{21} & C_{22} & \dots & C_{2k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_n & C_{n1} & C_{n2} & \dots & C_{nk} \end{matrix} \right| \\ \left| \begin{matrix} N & N_1 & N_2 & \dots & N_k \\ C & C_1 & C_2 & \dots & C_k \end{matrix} \right| & = & \left| \begin{matrix} N & N_1 & N_2 & \dots & N_k \\ C_1 & \langle a_{11}, b_{11} \rangle & \langle a_{12}, b_{12} \rangle & \dots & \langle a_{1k}, b_{1k} \rangle \\ C_2 & \langle a_{21}, b_{21} \rangle & \langle a_{22}, b_{22} \rangle & \dots & \langle a_{2k}, b_{2k} \rangle \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_n & \langle a_{n1}, b_{n1} \rangle & \langle a_{n2}, b_{n2} \rangle & \dots & \langle a_{nk}, b_{nk} \rangle \end{matrix} \right| \end{matrix}$$

式中: N 表示 N_1, N_2, \dots, N_k 的全体, N_k 表示所划分的第 k 个评价类别; C 表示事物的特征; C_1, C_2, \dots, C_n 表示同征物元事物的 n 个特征, 其特征对应的所规定的量值范围为 $V_{ij} = \langle a_{ij}, b_{ij} \rangle, (V_{ij})_{n \times k}$ 称为同征物元阵, 即各类别对应的评价指标所取的数据范围经典域。令:

$$R_m = (P, C, V_m) = \left| \begin{matrix} P & C_1 & V_m \\ & C_2 & V_{1m} \\ & \vdots & \vdots \\ & C_n & V_{nm} \end{matrix} \right|$$

其中, P 为评价类别全体; $V_{ip} = \langle a_{ip}, b_{ip} \rangle$ 为 P 关于 C_i 的量值范围, 即 P 的节域。

2.1.2 确定待评物元 对待评物元 G_1, G_2, \dots, G_m 的实测数据用物元体可表示为:

$$R_G = \left| \begin{matrix} G & G_1 & G_2 & \dots & G_m \\ C_1 & V_{11} & V_{12} & \dots & V_{1m} \\ C_2 & V_{21} & V_{22} & \dots & V_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_n & V_{n1} & V_{n2} & \dots & V_{nm} \end{matrix} \right|$$

式中: v_{il} 为 $G_l (l = 1, 2, \dots, m)$ 关于 $C_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 的量值。

2.1.3 确定评价指标权重 采用改进的主成分分析法来确定土壤养分的权重值, 具体方法是计算各因子与其他因子偏相关系数的平均值, 该平均值占有所有肥力指标偏相关系数平均值之和的百分率即为该指标在表征土壤肥力中的贡献率^[5]。

2.1.4 确定待评事物 G 关于各个等级 j 的关联度 $K_j(v_{ij})$ 关联度函数 $K_j(v_{ij})$ 的定义如下:

$$K_j(v_{ij}) = \begin{cases} \frac{-\rho(v_{ij}, V_{(ij)})}{-|V_{(ij)}|} & (v_{ij} \notin V_{(ij)}) \\ \frac{\rho(v_{ij}, V_{(ij)})}{\rho(v_{ij}, V_{(ip)}) - \rho(v_{ij}, V_{(ij)})} & (v_{ij} \in V_{(ij)}) \end{cases}$$

式中: $\rho(v_{ij}, V_{(ij)})$ 表示点 v_{ij} 与有限区间 $V_{(ij)} = [a_{ij}, b_{ij}]$ 的距离; $\rho(v_{ij}, V_{(ip)})$ 表示点 v_{ij} 与有限区间 $V_{(ip)} = [a_{ip}, b_{ip}]$ 的距离。点与有限区间距离的计算公式为:

$$\rho(v, V) = |V + \frac{a+b}{2}| - \frac{1}{2}(b-a)$$

式中: v 表示点值; a, b 分别表示区间左端点及右端点的值。

2.2 计算待评物元 G_i 关于等级 j 的综合关联度

$$K_j(G_i) = \sum_{i=1}^n w_i K_j(v_{ij})$$

等级评定: 若 $K_j(G_i) = \max_{j \in \{1, 2, \dots, k\}} K_j(G_i)$, 则评定 G_i 属于等级 j_0 。

3 土壤养分综合评价

3.1 评价因子选择及赋权

针对川东北低山丘陵区土壤特点, 本研究重点将土壤大量元素和有效态微量元素纳入土壤综合养分评价模型, 使评价结果更加准确。研究共选择了 13 个指标作为土壤养分综合评价因子, 其中大量元素指标包括: 土壤有机质、全氮、全磷、全钾、速效钾、有效氮、有效磷; 有效态微量元素包括: 有效铜、有效锌、有效铁、有效锰、有效硼和有效钼。采用改进的主成分分析法来确定土壤养分的权重值, 权重计算结果见表 1。

表1 各评价指标的权重

Tab.1 Calculation results of specific gravity

| 指标 Indicator | 权重 Gravity | 指标 Indicator | 权重 Gravity |
|--|------------|---|------------|
| 有机质/% Organic matter | 0.068 | 有效铜/(mg·kg ⁻¹) Available Cu | 0.081 |
| 全氮/% Total N | 0.097 | 有效锌/(mg·kg ⁻¹) Available Zn | 0.073 |
| 全磷/% Total P | 0.070 | 有效铁/(mg·kg ⁻¹) Available Fe | 0.210 |
| 全钾/% Total K | 0.057 | 有效锰/(mg·kg ⁻¹) Available Mn | 0.048 |
| 速效钾/(mg·kg ⁻¹) Available K | 0.066 | 有效硼/(mg·kg ⁻¹) Available B | 0.059 |
| 有效氮/(mg·kg ⁻¹) Available N | 0.060 | 有效钼/(mg·kg ⁻¹) Available Mo | 0.048 |
| 有效磷/(mg·kg ⁻¹) Available P | 0.063 | | |

3.2 土壤养分含量统计性描述

平昌县农业土壤养分含量的测定结果描述性统计见表2,有机质含量变化范围0.44%~3.91%,全氮含量变化范围0.06%~0.20%,全磷含量变化范围0.02%~0.08%,全钾含量变化范围1.48%~2.33%,速效钾含量变化范围36~179 mg/kg,有效氮含量变化范围51~180 mg/kg,有效磷含量变化范围0.10~12.8 mg/kg。有效态微量元素中,有效铜含量变化范围0.25~3.96 mg/kg,有效锌含量变化范围0.17~2.48 mg/kg,有效铁含量变化范围4.97~328 mg/kg,有效锰含量变化范围4.98~109 mg/kg,有效硼含量变化范围0.04~0.41 mg/kg,有效钼含量变化范围0.03~0.52 mg/kg。

与四川省土壤养分现状平均值相比^[14],平昌县各土壤养分指标中全钾、速效钾、有效铁和有效锰较全省平均分别高0.09%、16.6 mg/kg、39.83 mg/kg、20.75 mg/kg,其余9项指标均低于全省平均水平,其中有效氮和有效磷分别较全省平均水平低27.33 mg/kg和11.8 mg/kg。与第二次土壤普查农耕地普查资料相比^[15],平昌县农业土壤有效铜、锌、铁、锰含量有上升趋势;全磷和全钾含量呈下降趋势。

表2 土壤微量元素描述性统计

Tab.2 Descriptive statistics of trace elements in studied area

| 指标 Indicator | 平均值 Mean | 中值 Median | 最大值 Max. | 最小值 Min. | 标准差 S. D | 偏度检验 Skewness | 峰值检验 Kurtosis | 变异系数/% C. V | 平均值(四川省) Mean(Sichuan Province) |
|--|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|------------------|------------------|----------------|------------------------------------|
| 有机质/% Organic matter | 1.76 | 1.70 | 3.91 | 0.44 | 0.63 | 0.68 | 1.04 | 35.95 | 2.14 |
| 全氮/% Total N | 0.12 | 0.12 | 0.20 | 0.06 | 0.03 | 0.46 | 0.45 | 21.96 | 0.139 |
| 全磷/% Total P | 0.04 | 0.04 | 0.08 | 0.02 | 0.01 | 0.21 | -0.31 | 29.75 | 0.082 |
| 全钾/% Total K | 1.90 | 1.88 | 2.33 | 1.48 | 0.17 | 0.19 | 0.32 | 9.03 | 1.81 |
| 速效钾/(mg·kg ⁻¹) Available K | 87.60 | 84.50 | 179.00 | 36.00 | 28.07 | 0.44 | 0.11 | 32.04 | 71 |
| 有效氮/(mg·kg ⁻¹) Available N | 116.67 | 114.50 | 180.00 | 51.00 | 26.73 | 0.16 | -0.38 | 22.91 | 144 |
| 有效磷/(mg·kg ⁻¹) Available P | 3.30 | 2.70 | 12.80 | 0.10 | 2.75 | 1.24 | 1.76 | 83.47 | 15.1 |
| 有效铜/(mg·kg ⁻¹) Available Cu | 2.02 | 2.03 | 3.96 | 0.25 | 0.74 | -0.12 | -0.09 | 36.57 | 2.81 |
| 有效锌/(mg·kg ⁻¹) Available Zn | 0.89 | 0.78 | 2.48 | 0.17 | 0.41 | 1.12 | 1.54 | 45.98 | 1.41 |
| 有效铁/(mg·kg ⁻¹) Available Fe | 121.93 | 104.00 | 328.00 | 4.97 | 86.50 | 0.62 | -0.65 | 70.94 | 82.1 |
| 有效锰/(mg·kg ⁻¹) Available Mn | 39.43 | 37.35 | 109.00 | 4.98 | 22.94 | 0.74 | -0.04 | 58.18 | 18.68 |
| 有效硼/(mg·kg ⁻¹) Available B | 0.17 | 0.16 | 0.41 | 0.04 | 0.07 | 0.71 | 0.58 | 43.41 | 0.25 |
| 有效钼/(mg·kg ⁻¹) Available Mo | 0.12 | 0.11 | 0.52 | 0.03 | 0.07 | 2.49 | 10.12 | 56.64 | 0.14 |

3.3 经典域、节域和待判物元的确定

采用全国第二次土壤普查土壤养分的分级标准及参照相关研究^[16],土壤养分分级标准见表3,建立土壤养分评价的经典域物元和节域物元。

表3 土壤养分分级标准
Tab.3 Classification standard of soil nutrition

| 指标 Indicator | I 丰富 Richness | II 较丰富 Moderate richness | III 适量 Proper amount | IV 贫乏 Indigence | V 极贫乏 More indigence |
|--|------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|
| V ₁ 有机质 /% Organic matter | 4.0 | 3.0 | 2.0 | 1.0 | 0.6 |
| V ₂ 全氮 /% Total N | 0.2 | 0.15 | 0.01 | 0.075 | 0.04 |
| V ₃ 全磷 /% Total P | 0.2 | 0.15 | 0.1 | 0.07 | 0.05 |
| V ₄ 全钾 /% Total K | 3.0 | 2.0 | 1.5 | 1.0 | 0.5 |
| V ₅ 速效钾 / (mg · kg ⁻¹) Available K | 200 | 150 | 100 | 50 | 30 |
| V ₆ 有效氮 / (mg · kg ⁻¹) Available N | 150 | 120 | 90 | 60 | 30 |
| V ₇ 有效磷 / (mg · kg ⁻¹) Available P | 40 | 20 | 10 | 4 | 3 |
| V ₈ 有效铜 / (mg · kg ⁻¹) Available Cu | 6 | 6 | 4 | 2 | 1 |
| V ₉ 有效锌 / (mg · kg ⁻¹) Available Zn | 5 | 5 | 3 | 1.5 | 1 |
| V ₁₀ 有效铁 / (mg · kg ⁻¹) Available Fe | 15 | 15 | 10 | 7 | 5 |
| V ₁₁ 有效锰 / (mg · kg ⁻¹) Available Mn | 300 | 300 | 200 | 100 | 50 |
| V ₁₂ 有效钼 / (mg · kg ⁻¹) Available Mo | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.16 | 0.1 |
| V ₁₃ 有效硼 / (mg · kg ⁻¹) Available B | 2 | 2 | 1 | 0.5 | 0.25 |

经典域:

| | | | | | | | |
|------------|-----|----------|-------------|------------|----|----------|-----------------|
| $R_{01} =$ | 极贫乏 | c_1 | $<0, 0.6>$ | $R_{02} =$ | 贫乏 | c_1 | $<0.6, 1.0>$ |
| | | c_2 | $<0, 0.04>$ | | | c_2 | $<0.04, 0.075>$ |
| | | c_3 | $<0, 0.05>$ | | | c_3 | $<0.05, 0.07>$ |
| | | c_4 | $<0, 0.5>$ | | | c_4 | $<0.5, 1.0>$ |
| | | c_5 | $<0, 30>$ | | | c_5 | $<30, 50>$ |
| | | c_6 | $<0, 30>$ | | | c_6 | $<30, 60>$ |
| | | c_7 | $<0, 3>$ | | | c_7 | $<3, 4>$ |
| | | c_8 | $<0, 1>$ | | | c_8 | $<1, 2>$ |
| | | c_9 | $<0, 1>$ | | | c_9 | $<1, 1.5>$ |
| | | c_{10} | $<0, 5>$ | | | c_{10} | $<5, 7>$ |
| | | c_{11} | $<0, 0.50>$ | | | c_{11} | $<50, 100>$ |
| | | c_{12} | $<0, 0.1>$ | | | c_{12} | $<0.1, 0.16>$ |
| | | c_{13} | $<0, 0.25>$ | | | c_{13} | $<0.25, 0.5>$ |

3.4 物元评价结果与分析

对1号采样点土壤养分测试数据进行物元模型计算,计算出1号采样点所有指标对应各评价等级的综合关联度分别为: $K_1(P_{s1}) = -0.26, K_2(P_{s1}) = -0.30, K_3(P_{s1}) = -0.20, K_4(P_{s1}) = -0.30, K_5(P_{s1}) = -0.47$,因此可以判定1号采样点土壤养分级别属于适量级别。采样点S2~S98号采用相同的计算方法,得出相应的计算结果,各采样点土壤养分水平的相关计算结果(略)。

| | | | | | | | | | | | |
|------------|----|----------|-----------------|------------|-----|----------|----------------|------------|----|----------|----------------|
| $R_{03} =$ | 适量 | c_1 | $<1.0, 2.0 >$ | $R_{04} =$ | 较丰富 | c_1 | $<2.0, 3.0 >$ | $R_{05} =$ | 丰富 | c_1 | $<3.0, 4.0 >$ |
| | | c_2 | $<0.075, 0.1 >$ | | | c_2 | $<0.1, 0.15 >$ | | | c_2 | $<0.15, 0.2 >$ |
| | | c_3 | $<0.07, 0.1 >$ | | | c_3 | $<0.1, 0.15 >$ | | | c_3 | $<0.15, 0.2 >$ |
| | | c_4 | $<1.0, 1.5 >$ | | | c_4 | $<1.5, 2.0 >$ | | | c_4 | $<2.0, 3.0 >$ |
| | | c_5 | $<50, 100 >$ | | | c_5 | $<100, 150 >$ | | | c_5 | $<150, 200 >$ |
| | | c_6 | $<60, 90 >$ | | | c_6 | $<90, 120 >$ | | | c_6 | $<120, 150 >$ |
| | | c_7 | $<4, 10 >$ | | | c_7 | $<10, 20 >$ | | | c_7 | $<20, 40 >$ |
| | | c_8 | $<2, 4 >$ | | | c_8 | $<4, 6 >$ | | | c_8 | $<4, 6 >$ |
| | | c_9 | $<1.5, 3 >$ | | | c_9 | $<3, 5 >$ | | | c_9 | $<3, 5 >$ |
| | | c_{10} | $<7, 10 >$ | | | c_{10} | $<10, 15 >$ | | | c_{10} | $<10, 15 >$ |
| | | c_{11} | $<100, 200 >$ | | | c_{11} | $<200, 300 >$ | | | c_{11} | $<200, 300 >$ |
| | | c_{12} | $<0.16, 0.2 >$ | | | c_{12} | $<0.2, 0.3 >$ | | | c_{12} | $<0.2, 0.3 >$ |
| | | c_{13} | $<0.5, 1 >$ | | | c_{13} | $<1, 2 >$ | | | c_{13} | $<1, 2 >$ |

以 1 号采样点为例,其待判物元为:

| | | | | | | | |
|----------------|-------|----------|--------------|------------|----------|----------|-------|
| 节域: $R_{0p} =$ | 1~5 级 | c_1 | $<0, 4.0 >$ | $R_{S1} =$ | P_{S1} | c_1 | 1.53 |
| | | c_2 | $<0, 0.21 >$ | | | c_2 | 0.116 |
| | | c_3 | $<0, 0.2 >$ | | | c_3 | 0.075 |
| | | c_4 | $<0, 3.0 >$ | | | c_4 | 2.04 |
| | | c_5 | $<0, 200 >$ | | | c_5 | 62 |
| | | c_6 | $<0, 180 >$ | | | c_6 | 98 |
| | | c_7 | $<0, 40 >$ | | | c_7 | 5 |
| | | c_8 | $<0, 6 >$ | | | c_8 | 1.85 |
| | | c_9 | $<0, 5 >$ | | | c_9 | 0.48 |
| | | c_{10} | $<0, 329 >$ | | | c_{10} | 21.4 |
| | | c_{11} | $<0, 300 >$ | | | c_{11} | 30.9 |
| | | c_{12} | $<0, 0.42 >$ | | | c_{12} | 0.2 |
| | | c_{13} | $<0, 2 >$ | | | c_{13} | 0.06 |

根据土壤养分普查的分级标准,平昌县丘陵区没有 I 级养分土壤,其中 II 级养分土壤采样点数为 6 个,占 6.12%; III 级养分土壤采样点数为 8 个,占 8.16%; IV 级养分土壤采样点数为 77 个,占 78.57%; V 级养分土壤采样点数为 7 个,占 7.14%。处于养分贫乏和极贫乏的土样共占 85.71%,总体看来,地处川东北低山丘陵区的平昌县土壤养分状况较差。

利用 GIS 对各采样点进行定位显示,IV 级养分土壤在研究区均匀分布; III 级养分土壤主要分布在研究区中部; II 级养分土壤主要分布于研究区西部; V 级养分土壤呈现零星随机分布。

4 结 论

(1) 研究表明,平昌县土壤养分指标中全钾、速效钾、有效铁和有效锰含量平均值高于全省平均值,其余 9 项指标均低于全省平均水平。与第二次土壤普查农耕地普查资料相比,平昌县农业土壤有效铜、锌、铁、锰含量有上升趋势;全磷和全钾含量呈下降趋势。

(2) 物元模型计算结果显示,平昌县没有 I 级养分土壤,其中 II 级养分土壤占 6.12%; III 级养分土壤占 8.16%; IV 级养分土壤占 78.57%; V 级养分土壤占 7.14%。处于养分贫乏(IV 级)和极贫乏(V 级)的土壤占全县面积的 85.71%,以速效钾、有效磷和有效锰缺乏为主,总体看来,地处川东北低山丘陵区的平昌县农业土壤养分状况较差。

表4 1号采样点土壤养分水平的相关计算结果

Tab.4 The calculation result of the 1st sampling

| 指标 Indicator | 关联度 Correlation degree | I | II | III | IV | V | 养分等级 Nutrient grade |
|--------------------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------|
| 有机质 Organic matter | $K_j(v_1)$ | -0.38 | -0.26 | 0.47 | -0.24 | -0.49 | 适量Ⅲ |
| 全氮 Total N | $K_j(v_2)$ | -0.47 | -0.32 | -0.55 | 0.24 | -0.28 | 贫乏Ⅳ |
| 全磷 Total P | $K_j(v_3)$ | -0.25 | -0.06 | 0.17 | -0.25 | -0.50 | 适量Ⅲ |
| 全钾 Total K | $K_j(v_4)$ | -0.62 | -0.52 | -0.36 | -0.04 | 0.04 | 极贫乏Ⅴ |
| 速效钾 Available K | $K_j(v_5)$ | -0.34 | -0.16 | 0.24 | -0.38 | -0.59 | 适量Ⅲ |
| 有效氮 Available N | $K_j(v_6)$ | -0.45 | -0.31 | -0.09 | 0.27 | -0.21 | 贫乏Ⅳ |
| 有效磷 Available P | $K_j(v_7)$ | -0.29 | -0.17 | 0.17 | -0.50 | -0.75 | 适量Ⅲ |
| 有效铜 Available Cu | $K_j(v_8)$ | -0.31 | 0.15 | -0.08 | -0.54 | -0.69 | 较丰富Ⅱ |
| 有效锌 Available Zn | $K_j(v_9)$ | 0.48 | -0.52 | -0.68 | -0.84 | -0.90 | 丰富Ⅰ |
| 有效铁 Available Fe | $K_j(v_{10})$ | -0.43 | -0.40 | -0.35 | -0.23 | -0.23 | 贫乏Ⅳ |
| 有效锰 Available Mn | $K_j(v_{11})$ | 0.38 | -0.38 | -0.69 | -0.85 | -0.90 | 丰富Ⅰ |
| 有效钼 Available Mo | $K_j(v_{12})$ | -0.33 | -0.17 | 0.25 | -0.15 | -0.33 | 适量Ⅲ |
| 有效硼 Available B | $K_j(v_{13})$ | 0.24 | -0.76 | -0.88 | -0.94 | -0.97 | 丰富Ⅰ |
| 采样点 Sampling sites | $K_j(P_{s1})$ | -0.26 | -0.30 | -0.20 | -0.30 | -0.47 | 适量Ⅲ |

表5 土壤养分级别及其百分比

Tab.5 Soil nutrition level and its percentage

| 养分等级 Nutrient grade | I 丰富 Richness | II 较丰富 Moderate richness | III 适量 Proper amount | IV 贫乏 Indigence | V 极贫乏 More indigence | 合计 Total |
|------------------------|------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|-------------|
| 样点数/No Sample | 0 | 6 | 8 | 77 | 7 | 98 |
| 百分比/% Percentage | 0 | 6.12 | 8.16 | 78.57 | 7.14 | 100 |

参考文献:

- [1] 张春, 邓良基, 张世熔, 等. 红棕紫色土不同地形部位的土壤质量分析: 以川中丘陵区为例 [J]. 农机化研究, 2006(9): 61-64.
- [2] 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.
- [3] 舒英格, 何腾兵, 高雪, 等. 喀斯特山区县域耕地土壤养分综合评价 [J]. 贵州农业科学, 2009, 37(8): 112-115.
- [4] 王建国, 杨林章, 单艳红. 模糊数学在土壤质量评价中的应用研究 [J]. 土壤学报, 2001, 38(2): 176-183.
- [5] 骆伯胜, 钟继洪, 陈俊坚. 土壤肥力数值化综合评价研究 [J]. 土壤, 2004, 36(1): 104-106.
- [6] 王晨野, 汤洁, 林年丰, 等. 物元模型在区域土壤养分评价中的应用 [J]. 土壤通报, 2009, 40(5): 1069-1075.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 谭永明, 李森焱. 改进的物元可拓法在水质评价中的应用 [J]. 海河水利, 2008(4): 5-6.
- [10] 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.
- [11] 汤洁, 王晨野, 李昭阳, 等. 基于物元模型的区域土壤养分评价 [J]. 水土保持通报, 2008, 28(3): 101-106.
- [12] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2005: 30-109.
- [13] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法 [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000: 302-304.
- [14] 许宗林, 苟曦, 李昆, 等. 四川省耕地土壤养分分布特征与动态变化趋势探讨 [J]. 西南农业学报, 2008, 21(3): 718-723.
- [15] 四川省农牧厅, 四川省土壤普查办公室. 四川土壤 [M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1995: 72-129.
- [16] 徐敬敬, 申广荣, 钱振华, 等. 上海崇明农田土壤微量元素空间变异特征 [J]. 上海交通大学学报: 农业科学版, 2009, 27(1): 13-18.