

# 基于 GIS 的耕地土壤速效磷分布特征

——以富县为例

阴淑婷, 常庆瑞\*, 李晓明, 杨 琨

(西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨陵 712100)

**摘要:** 基于 GIS 技术, 在 ArcGIS 软件的支持下, 研究了陕西省富县三大土类主要耕地的速效磷空间分布情况, 得出富县土壤速效磷含量的空间分布规律。结果表明: 富县中磷含量的耕地占有一定比例, 但土壤的有效磷水平整体偏低。三大类土壤因为其成土母质及所处环境的差别, 有不同的含磷特点。富县应因地制宜, 增施肥料, 并防止水土流失, 才能保持主要耕地的生产力。

**关键词:** GIS; 速效磷; 富县; 空间分布

**中图分类号:** TP79      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1001-7461(2010)06-0227-04

## Distribution of Soil Rapidly Available Phosphorus by GIS

——A Case Study of Fuxian County

YIN Shu-ting, CHANG Qing-ru, LI Xiao-ming, YANG Kun

(College of Resources and Environments, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** Spatial distribution of rapidly available phosphorus of three soils in Fuxian County, Shaanxi Province was studied with the software of ArcGIS based on GIS to provide guidelines and validations for local soil nutrient resources management. The results showed that farmlands with the middle level phosphorus occupied certain proportions, however, the available phosphorus level generally was low. Because of the differences in soil parent materials and surroundings of three soils, the characteristics of phosphoric situations were different. It was suggested that to maintain the farmland productivity, application of fertilizers should be increased, soil and water erosion should be prevented in Fuxian.

**Key words:** GIS; rapidly available phosphorus; Fuxian County; spatial distribution

土壤肥力是土壤的基本属性和本质特征, 是土壤为植物生长供应和协调养分、水分、空气和热量的能力, 是土壤物理、化学和生物学性质的综合反应。土壤营养成分的含量分析, 是研究农林作物栽培与农林管理的重要技术措施<sup>[1]</sup>。速效磷是土壤有效磷贮库中对作物最为有效的部分, 能直接供作物吸收利用, 因而是评价土壤供磷能力的重要指标<sup>[2]</sup>。农田土壤养分的分布特征, 除受成土母质、地形的影响外, 种植作物、耕作、施肥和灌溉等人类活动因素也会对有效磷的分布特征产生影响<sup>[3-9]</sup>, 若缺乏对其背景值和分布特征的研究, 容易导致土壤磷素亏缺或盈余。土壤磷素亏缺影响作物生长, 而农田磷素长

期处于盈余状态, 则会加大土壤磷素向水体流失的风险并产生潜在的生态环境问题。对农田速效磷的分布特征的研究可以为解决这一问题提供重要的科学依据。

近年来, 通过田间试验面向农户和单块农田进行施肥指导的研究较多, 而对于县域或区域大范围的耕地土壤速效磷的研究还有待进一步探索。本研究以富县的黄绵土、黑垆土和灰褐土为调查对象, 利用富县测土配方施肥采样点数据对富县不同耕地土壤的速效磷含量进行分析, 为有效指导县域的农业生产提供理论和实践依据。

收稿日期: 2009-10-27 修回日期: 2009-11-19

作者简介: 阴淑婷, 女, 在读硕士研究生, 专业为地图学与地理信息系统。

\* 通讯作者: 常庆瑞, 男, 教授, 博士生导师, 主要从事土地资源与空间信息技术研究。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

富县位于陕北黄土高原南部,洛河中上游子午岭林区。东依黄龙山系与宜川、洛川相邻,西依子午岭与甘肃合水、宁县相接,南依隆坊塬与黄陵相靠,北缘丘陵沟壑与志丹、甘泉、延安相连。东西长 111.0 km,南北宽 73.7 km,总面积 4 181.57 km<sup>2</sup>,辖 14 个乡镇。主要地貌类型有 4 种,一是河谷阶地,包括洛河及其支流葫芦河川道,占全县总面积 7.29%。二是高原沟壑,包括全县中部及东南部的交道塬、中指塬和寺仙塬一级塬间沟壑,占全县总面积的 20.5%。三是丘陵沟壑,分布在高原沟壑区以北及以西的广大林区和农牧交错区,占全县总面积的 58.88%。四是土石低山,主要分布在县西与甘肃交界的子午岭林区,占全县总面积的 13.33%。富县属中纬度半干旱地区。太阳辐射能比较丰富,年日照时数 2 032~2 428 h,年平均气温 7.1~9.0℃,无霜期平均 130 d,年平均降水量 500~600 mm。主要种植作物有小麦、玉米、水稻等。

### 1.2 材料

包括比例尺为 1:100 000 富县土地利用现状图、比例尺为 1:50 000 的富县土壤图及 2006 年的富县测土施肥配方采样点数据。

采用 Geoway3.5、ArcGIS9.2 软件进行分析。

### 1.3 方法

(1)纸质地图的处理。将土地利用现状图和土

壤图扫描后,用 Geoway 数字化软件进行拼接、校正及矢量化。矢量化后的图导入 ArcGIS 软件中进行后期处理以及数据分析。以土地利用现状图的边界作为标准,将土壤图的边界通过 clip 和 reshape 工具进行处理。

(2)采样点数据的处理。在研究中,主要通过土壤样本的空间变异特征,通过样点插值的方法,实现对总体分布的估计。该方法根据已知采样点的养分状况推测其周围未采样点的养分特征,依靠不连续的点状数据生成连续的面域估计值,描述整个区域的土壤养分空间变异特征。为了获得精度和变异性估计更加精确的速效磷 Kring 值,首先对采样点土壤速效磷数据及相关变换进行统计分析。特异值的存在会影响插值的准确性,从而对速效磷的整体分布情况产生不良影响。去掉特异值之后,可供使用的采样点数据为 3 260 个。将采样点数据添加进 ArcGIS 软件,通过空间分析工具中的 Kring 插值,得出整个研究区域的速效磷含量分布规律。插值后的数据为栅格数据,在分析时转化成矢量数据,才能与矢量图进行叠加分析,这可以通过 ArcGIS 软件中空间分析工具中的 raster to features 实现。

## 2 结果与分析

### 2.1 主要耕地的速效磷含量分布特征及土壤类型

富县耕地多分布于人口稠密的塬面和大川地区。主要表现为沿洛河及其支流葫芦河川道,以及全县中部和东南部(图 1)。

图 1 富县耕地图

Fig. 1 Farmland map of Fuxian County

将转化为矢量格式的速效磷含量图与富县耕地图叠加分析。根据速效磷含量的国家分级标准,将研究区的速效磷含量分为 5 类,分别是速效磷含量

$>15 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $10 \sim 15 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $8 \sim 10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $5 \sim 8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  和  $3 \sim 5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。利用 ArcGIS 的面积计算工具,得到各种类型的土地面积

及其所占的百分比(表 1)。

表 1 富县耕地速效磷含量分级

Table 1 Grades of farmland rapidly available phosphorus in Fuxian

级别代号	含量 /(mg·kg <sup>-1</sup> )	面积 /hm <sup>2</sup>	占总耕地面积 的百分比/%
I	>15	734.78	1.50
II	10~15	8 643.87	17.69
III	8~10	11 626.67	23.79
IV	5~8	23 226.23	47.52
V	3~5	4 644.20	9.50

根据矢量化后的富县土地利用现状图,将富县土壤图中属于耕地的部分提取出来,得出富县耕地土壤图,表 2 为各土种面积和所占的百分比。

表 2 富县耕地土壤类型

Table 2 Agrotype of Fuxian

土种	面积/hm <sup>2</sup>	占总耕地面积的百分比/%
黄绵土	25 543.63	51.77
黑垆土	8 255.05	16.73
水稻土	453.70	0.92
淤土	1 653.84	3.35
潮土	138.69	0.28
沼泽土	7.47	—
紫色土	131.68	0.27
灰褐土	13 155.85	26.66

富县全县共 8 个土类,17 个亚类,30 个土属,78 个土种。其中,黄绵土、灰褐土和黑垆土是主要的耕地土壤类型(表 3)。

(1)黄绵土。占耕地面积的 51.77%,是侵蚀地貌上的幼年土壤,主要分布在植被条件较差的山坡沟底,是主要的耕地土壤。

(2)黑垆土。占耕地面积的 16.73%,是一种古老的肥力较高、土层深厚、理化性能良好的旱塬地区耕作土壤,系全县唯一的地带性土壤,主要分布在塬面地区,洛河、葫芦河阶地上也有零星分布。

(3)灰褐土。占耕地面积的 26.66%,是暖温带旱生森林、灌丛或草原作用下形成的土壤类型。主要分布于丘陵沟壑和低山地区的林地和草地上。

富县耕地速效磷含量绝大部分在 15 mg·kg<sup>-1</sup> 以下,其中速效磷含量低于 10 mg·kg<sup>-1</sup> 的面积为 39 497.1 hm<sup>2</sup>,占耕地总面积的 80.81%,属于低和极低的磷水平,而速效磷含量在 10 mg·kg<sup>-1</sup> 以上的面积为 9 198.65 hm<sup>2</sup>,占耕地总面积的 19.19%,属于中等磷水平;富县无高磷水平的耕地。因此,该地主要耕地土壤的供磷状态是中等磷含量的耕地比例很低,土壤的速效磷水平整体偏低。

## 2.2 黄绵土耕地速效磷含量

由表 3 可知,黄绵土中速效磷含量在 10 mg·kg<sup>-1</sup> 以上的占总面积的 22.35%,高于全部土种耕

地中同等含量速效磷所占比重,其中含量在 15 mg·kg<sup>-1</sup> 以上的土壤所占比重为 2.25%,明显高于全部耕地中 15 mg·kg<sup>-1</sup> 以上的速效磷所占的比重。速效磷含量等级为Ⅲ级、Ⅳ级和Ⅴ级的黄绵土所占比重与全部耕地中 3 个级别的土壤所占比重相比稍低,黄绵土的速效磷含量高于全部耕地的平均值。由此可见,在速效磷含量普遍比较低的富县耕地中,黄绵土属于含磷量较高的土壤。黄绵土耕作层养分含量较高,含有碳酸盐,增加了对磷的固定,这对磷的有效性会产生影响,这是黄土性土速效磷含量变化较大的原因之一。

表 3 三大类土壤各等级速效磷含量分布

Table 3 Grades of farmland rapidly available phosphorus of three soils %

土地类型	I	II	III	IV	V
黄绵土	2.25	20.10	22.98	45.40	9.28
黑垆土	0.34	5.69	26.82	59.19	7.97
灰褐土	0.34	18.07	23.80	48.89	11.89

## 2.3 黑垆土耕地速效磷含量

与黄土性土相比,黑垆土的速效磷含量比较低。速效磷含量在 10 mg·kg<sup>-1</sup> 以上的耕地仅占全部耕地面积的 6.03%,远远低于富县全部耕地中 10 mg·kg<sup>-1</sup> 以上的速效磷所占比重。速效磷含量等级为Ⅲ级和Ⅳ级的黑垆土所占比重略高于总体水平。黑垆土的速效磷含量分布比较集中,绝大部分集中于 5~10 mg·kg<sup>-1</sup>。速效磷含量为Ⅰ级和Ⅴ级的耕地比重都低于富县耕地的总体水平。黑垆土腐殖质层深厚,但是含量不高。其底部含有碳酸钙,影响了磷的有效性,因此磷含量普遍不高。虽然耕地中黑垆土所占面积不大,却是富县的高产土壤。

## 2.4 灰褐土耕地速效磷含量

和黑垆土一样,灰褐土的速效磷含量在 15 mg·kg<sup>-1</sup> 以上的耕地所占比重极低,为 0.34%;但是磷含量在 10~15 mg·kg<sup>-1</sup> 的耕地比总体水平略高,Ⅲ级和Ⅳ级的耕地所占比重与富县耕地的总体情况大体持平,含量极低的Ⅴ级土壤比重相对较高,是三大类耕地土壤中最高的。灰褐土分布于山地上,土层薄,坡度大,石块多,而且气温较低,不太适宜发展农业。

## 3 结论与讨论

富县的耕地速效磷含量整体偏低,中等磷含量占有一定比例。

黄绵土的速效磷含量较平均水平略高;黑垆土的速效磷含量分布比较集中,Ⅰ级和Ⅴ级的比重均较低;灰褐土的速效磷含量中,Ⅰ级所占比重较低而

Ⅳ级较高。

黄绵土土壤疏松易耕,适耕期长,但其肥力低,作物后衰,因此搞好水土保持是提高黄绵土肥力的首要增产措施。黑垆土的腐殖质层深厚,热量条件好,但是土壤侵蚀现象较为严重,利用时应采取措施制止水土流失,充分利用地表和地下水资源,扩大灌溉面积并增施有机肥料。灰褐土不利于发展农业生产,更适宜于发展林业。

推广测土配方施肥技术是我国发展农业生产的重大举措,通过应用 GIS 技术对县域耕地土壤养分空间分布特征进行综合评价分析,对明确测土配方施肥的方向有重要的意义和价值。

本研究通过 GIS 的空间分析功能对点状数据进行处理,得出整个县域的面域估计值,在一定程度上缓解了采样时面临的采样点少、缺乏代表性、采样点多、费钱又困难的矛盾,为土壤的养分监测和管理提供科学依据。尽管通过本研究对富县土壤速效磷的分布特征有了一定的了解,但要更好地进行土壤中磷素养分的有效管理,还需对磷素的累积和形态转化进行研究。

#### 参考文献:

- [1] 秦乐,张景群. 济南市南部山区荒山土壤主要养分分布规律研究[J]. 西北林学院学报,2009,24(4):41-45.  
QIN Y,ZHANG J Q. Distribution rules of the main nutrients in the soils of barren mountains in the southern Jinan[J]. Journal of Northwest Forestry University,2009,24(4):41-45.
- [2] 廖菁菁,黄标,孙维侠,等. 农田土壤有效磷的时空变异及其影响因素分析. [J]. 土壤学报,2007,44(4):620-627.  
LIAO J J,HUANG B,SUN W X, *et al.* Spatio-temporal variation of soil available P and its influencing factors[J]. Acta Pedologica Sinica,2007,44(4):620-627.
- [3] 田晓兰,李念奎,张付新,等. 山东省嘉祥县 20 年来土壤养分水平变化[J]. 土壤,2005,37(3):225-344.

- TIAN X L, LI N K,ZHANG F X, *et al.* Horizontal variation of soil nutrients in Jianxiang County Shandong Province in the past twenty years[J]. Soils,2005,37(3):225-344.
- [4] 孙瑞娟,王德建,林静慧. 太湖流域土壤肥力演变及原因分析[J]. 土壤,2006,38(1):106-109.  
SUN R J,WANG D J,LIN J H. Evolution of soil fertility in Taihu region and its causes[J]. Soils,2006,38(1):106-109.
- [5] 郑德明,江益娟,柳维扬. 新疆棉田土壤速效养分的时空变异特征研究[J]. 棉花学报,2006,18(1):23-26.  
ZHENG D M,JIANG Y J,LIU W Y. The spatio-temporal variability of soil available nutrients of cotton fields in Xinjiang [J]. Cotton Science,2006,18(1):23-26.
- [6] 李娟,林琼,陈子聪,等. 闽东南耕地土壤硫素平衡及有效硫丰缺状况研究[J]. 华东农学报,2008,23(增):178-181.  
LI J,LIN Q,CHEN Z C, *et al.* Sulphur balance and plentiful-lack of soil available sulphur in southeast of Fujian Province [J]. Acta Agriculturae Boreali-simica, 2008, 23 (Sup.): 178-181.
- [7] 张英鹏,李彦,于仁起,等. 山东省主要耕地土壤的养分含量及空间变异分析[J]. 华北农学报,2008,23(增):310-314.  
ZHANG Y P,LI Y,YU R Q, *et al.* Nutrient contents of main plough-land in Shandong Province and their analysis of spatial variability [J]. Acta Agriculturae Boreali-simica, 2008, 23 (Sup.):310-314.
- [8] 王娜娜,崔光淇,方玉东,等. 基于 GIS 长期定位耕地土壤养分时空变异评价研究[J]. 山东农业大学学报:自然科学版,2009,40(1):75-82.  
WANG N N,CUI G Q,FANG Y D, *et al.* Temporal-spatial variability and evaluation of long-term located farmland soil nutrients by GIS[J]. Journal of Shandong Agricultural University: Natural Science Edition,2009,40(1):75-82.
- [9] 吕巧灵,付巧玲,吴克宁,等. 郑州市郊区土壤综合肥力评价及空间分布研究[J]. 土壤肥料科学,2006,22(1):166-168.  
LV Q L,FU Q L,WU K N, *et al.* Studies on the comprehensive evaluation on fertility and spatial distribution of the soil in the suburb of Zhengzhou[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2006,22(1):166-168.