

# 基于 GIS 的县域马铃薯种植施肥推荐研究 ——以云南省寻甸回族彝族自治县为例\*

赵红波, 郜鲁涛\*\*

(云南农业大学 大数据学院, 云南 昆明 650201)

**摘要:**【目的】对寻甸回族彝族自治县(以下简称寻甸县)马铃薯种植区土壤养分空间分布状况进行研究, 为该区域马铃薯施肥决策制定提供科学依据。【方法】根据寻甸县土壤养分采集点数据情况和马铃薯生长对土壤养分的要求, 以氮、磷、钾 3 个土壤养分因子为研究对象, 结合云南省 1:25 万地理信息数据, 借助地理信息系统(GIS)空间分析技术, 采用反距离权重空间插值方法, 对采样点数据进行空间插值; 参考马铃薯土壤养分划分方法, 利用 ArcMap 软件计算得到肥力等级分布图。【结果】寻甸回族彝族自治县马铃薯种植过程中对钾肥需求量较高, 约有 62% 的地区速效钾含量处于中等水平; 约有 78% 的地区碱解氮处于比较丰富状态, 约有 21% 的地区处于中等级别; 有效磷丰富等级面积约占 33%, 中等水平面积约占 66%。研究结果针对具体村镇推荐合理施肥, 并制作了云南省寻甸回族彝族自治县马铃薯施肥区划专题图。【结论】本研究得出的氮、磷、钾的施肥推荐模型, 为实现研究区域马铃薯科学施肥提供科学依据, 对马铃薯绿色发展有一定的价值。

**关键词:** GIS; 空间插值; 马铃薯

中图分类号: S 127; S 532

文献标识码: A

文章编号: 1004-390X(2020)02-0332-06

## Research on Planting and Fertilization of Patatos Based on GIS County: A Case Study of Xundian Hui & Yi Nationality Autonomous County in Yunnan Province

ZHAO Hongbo, GAO Lutao

(College of Big Data, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

**Abstract:** [Purpose] The spatial distribution of soil nutrients in potato planting areas of Xundian Hui & Yi Nationality Autonomous County was studied to provide scientific basis for potato fertilization decision making. [Method] According to the data of soil nutrient collection points in Xundian County and the soil nutrients requirement of potato growth, with nitrogen, phosphorus and potassium as the research object, combined with the 1:250 000 geographic information data of Yunnan Province, with the help of geographic information system (GIS) spatial analysis technology, using inverse distance weighting spatial interpolation method, spatial interpolation of data of the sample point; the soil nutrient division method of potato was adopted and the area calculation function of ArcMap software was used to form the distribution map of fertility grade. [Results] Through the analysis of the distribution map of potato fertility grade in Xundian County, the demand for potash fertilizer was

收稿日期: 2019-09-16

修回日期: 2019-12-23

网络首发时间: 2020-04-26 16:29:41

\*基金项目: 云南省教育厅项目(2018JS271); 云南省青年基金项目(2017FD083)。

作者简介: 赵红波(1978—), 男, 云南石林人, 硕士, 讲师, 主要从事农业信息化及大数据应用研究。

E-mail: 31605611@qq.com

\*\*通信作者 Corresponding author: 郜鲁涛(1987—), 男, 河南新乡人, 硕士, 讲师, 主要从事农业大数据应用研究。E-mail: 303396427@qq.com

网络首发地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/53.1044.S.20200426.1505.001.html>



high in the potato planting process in Xundian County, and the content of available potassium in 62% area was in the middle level. About 78% area of alkali-hydrolyzed nitrogen was abundant, and about 21% of the area was in the intermediate level. The area of available P abundance level accounted for about 33%, and the area of available P about 66% was in the middle level. Reasonable fertilization was recommended for specific villages and towns, and the special map of potato fertilization regionalization in Xundian County was made. [Conclusions] The recommended model of nitrogen, phosphorus and potassium fertilization in this paper provides scientific basis for scientific fertilization of potato in the research area, and it has certain value for the green development of potato.

**Keywords:** GIS; spatial interpolation; potato

马铃薯是茄科作物, 又名山药蛋、洋芋、土豆等, 其块茎可食用<sup>[1]</sup>。马铃薯喜温凉, 适宜生长温度为 13~21 ℃, 对土壤要求不高, pH 一般偏弱碱性为宜, 在生长过程中主要需要氮、磷、钾等养分, 其中对钾肥响应最为敏感<sup>[1-2]</sup>。马铃薯是云南的重要粮食作物之一, 产值可达到几百亿元<sup>[2-3]</sup>。近年来, 随着食品工业技术发展对马铃薯的需求量日益增大, 云南省寻甸回族彝族自治县(以下简称寻甸县)以其得天独厚的自然资源优势已成为云南省马铃薯的主要种植区域<sup>[1-2]</sup>, 开展马铃薯种植施肥研究、为马铃薯提供合理的施肥建议, 对解决该地区盲目施肥造成的土地污染、农资成本增加等问题具有重要的现实意义。

氮、磷、钾是马铃薯生长必需的营养元素。其中, 氮肥可加快马铃薯叶面积增长, 提高叶绿素含量, 增加马铃薯产量, 氮肥缺乏会造成植株矮小、叶面积减少, 严重影响其产量<sup>[4-6]</sup>; 磷肥可促进马铃薯块茎中淀粉含量和耐贮性, 适量增加磷肥的用量有利于其根系生长, 提高马铃薯对寒潮、霜冻和干旱的抵抗能力<sup>[6-7]</sup>; 钾肥具有延缓叶片衰老的作用, 适量增加钾肥可促进马铃薯蛋白质、淀粉和糖类等物质的合成, 增强抗倒性和抗寒性<sup>[7]</sup>。目前, 马铃薯施肥推荐区划研究以传统方法(调查、考察和经验方法)为主, 如高兴锦等<sup>[4]</sup>利用 4 个氮肥施肥水平进行马铃薯推荐施肥方法氮肥梯度试验, 研究不同水平施用氮肥对马铃薯产量的影响; 柏琼芝等<sup>[5]</sup>利用冬马铃薯土壤养分校正系数研究推荐施肥量。针对寻甸县土壤养分异质性较高、地形地貌复杂的实际问题, 传统方法无法科学有效地反应土壤养分(氮、磷、钾等)对马铃薯生长的影响<sup>[2]</sup>。为此, 本研究以云南省寻甸县为研究区, 以土壤碱解氮、速效钾和有

效磷为主要养分因子, 利用反距离权重空间插值方法, 对采样点数据进行空间插值分析, 结合马铃薯土壤等级, 形成 3 种土壤养分肥力等级空间分布图, 针对具体村镇提出合理施肥建议, 对促进该地区马铃薯种植的可持续发展具有重要的现实意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

寻甸县位于云南省东北部, 总面积约为 36 万 km<sup>2</sup>, 地形复杂, 海拔 1 480~3 294 m, 有高山、丘陵等多种地貌类型<sup>[2]</sup>, 年降雨量 1 045 mm, 属于北亚热带季风气候, 是云南省重要的马铃薯生产基地。但在马铃薯种植过程中存在乱施肥现象, 造成土地污染、农资成本增加等问题<sup>[2]</sup>。

### 1.2 数据来源

土壤养分空间数据来源于云南省测土施肥工程项目。在寻甸县全县以 5~10 km<sup>2</sup> 作为 1 个采样单元采样<sup>[8]</sup>, 利用 GPS 定位技术记录采样点坐标, 共采集 1 148 个剖面为 0~30 cm 耕层土壤样本数据(图 1)。土壤样本风干过筛后去掉表层覆盖物质, 均匀取土。对土壤样本的养分进行测定, 使用抗比色法测定有效磷, 乙酸铵浸提火焰光度法测定速效钾, 半微量开式法测定碱解氮含量, 并基于有效磷、速效钾和碱解氮的指标对马铃薯施肥区划进行分析<sup>[8]</sup>。

### 1.3 研究方法

#### 1.3.1 土壤养分空间分布

本研究利用 ArcMap10.2 软件空间分析模块对土壤养分进行反距离权重插值, 获得土壤养分空间分布结果。反距离权重插值(IDW)法以简便高效的优势, 成为农业区划特别是土壤养

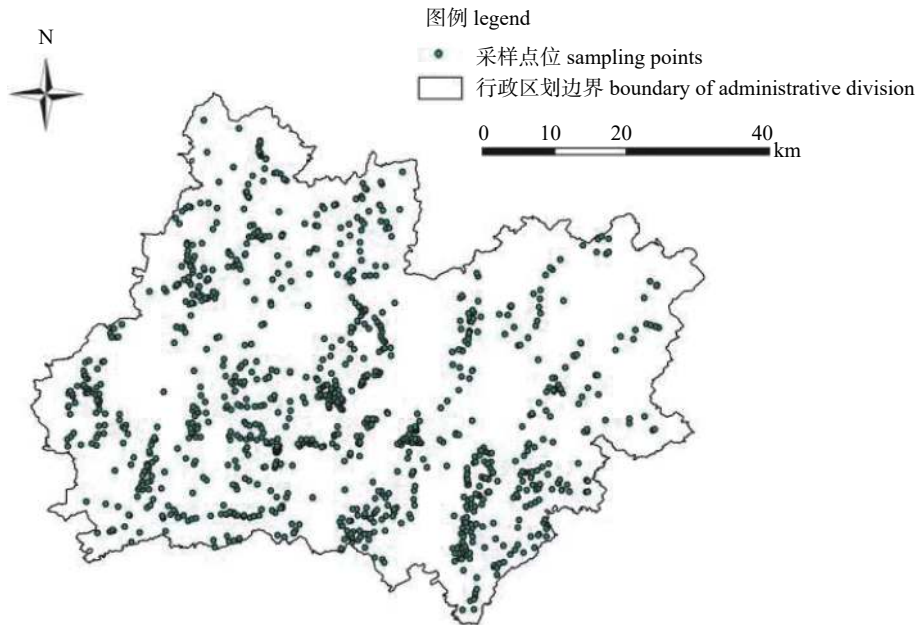


图 1 寻甸县土壤采样点分布图

Fig. 1 Distribution map of soil sampling points in Xundian Country

分空间分析中的常用方法。该方法的思想是将网格上某一插值点的数值认作是分布在其周围的各离散点(也就是观测点)数值影响的结果,插值点和自身周围离散点两者之间的间距标记为权重,以插值点与采样点间距离为权重进行加权平均,距离插值点越近的采样点得到的权重越大<sup>[9-11]</sup>。IDW 通过对周围各个离散点的数值进行平均运算得到插值点数值。但这一方法要求离散点分布应尽可能平均,遍布整个研究区域,而且要有一定的密集度,同时反距离权重插值要求至少要有 3 个采样点才可以进行插值生成插值面<sup>[10-12]</sup>。公式如下:

$$z = \left[ \sum_{i=1}^n \frac{z_i}{d_i^2} \right] / \left[ \sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^2} \right], i = 1, 2, 3 \cdots n \tag{1}$$

式中,  $d_i^2 = (X - X_i)^2 + (Y - Y_i)^2$ ,  $X_i$ 、 $Y_i$ 和 $Z_i$ 为离散点的坐标和数值, $Z$ 为插值点的数值<sup>[9-11]</sup>。

1.3.2 养分等级划分方法

参考文献[13-15]的方法,将研究区土壤养分划分为丰富、中等和缺乏 3 个等级(表 1)。

1.3.3 寻甸县马铃薯施肥推荐方法

结合碱解氮、速效钾、有效磷的等级划分和反距离权重插值法得到的 3 种土壤养分空间分布图,利用 ArcMap10.2 软件空间计算功能得到肥力空间等级分布图,根据不同等级养分含量提供合理施肥建议。

表 1 寻甸县土壤养分划分标准

Tab. 1 Soil nutrient status in Xundian County

土壤肥力等级水平 grade of soil fertility	碱解氮 alkali-hydrolyzed nitrogen	速效钾 available potassium	w/(mg·kg <sup>-1</sup> ) 有效磷 available phosphorus
丰富 rich	>150	>200	>40
中等 medium	90~150	100~200	10~40
缺乏 lack	<90	<100	<10

2 结果与分析

2.1 土壤养分分布

由图 2 可知:寻甸县土壤碱解氮为 20.532~449.003 mg/kg,空间变异性较高,其中,功山镇、仁德镇和六哨乡等部分地区碱解氮含量较高;有效磷为 4.411~136.325 mg/kg,空间变异性中等,六哨乡和功山镇部分地区含量较高;速效钾为 21.655~863.426 mg/kg,空间变异性较高,其中,河口镇和功山镇等部分地区相对含量较高。

2.2 土壤养分肥力等级划分

由图 3 可知:寻甸县东北部和西南部的土壤速效钾较为丰富,主要包括河口镇、功山镇和柯渡镇等;大部分地区属于速效钾肥力等级中等地区,包括联合乡、六哨乡和金所乡等;仁德镇和倘甸镇等乡镇土壤中速效钾含量相对较低。碱解氮在寻甸县大部分地区都处于丰富等级;中等区



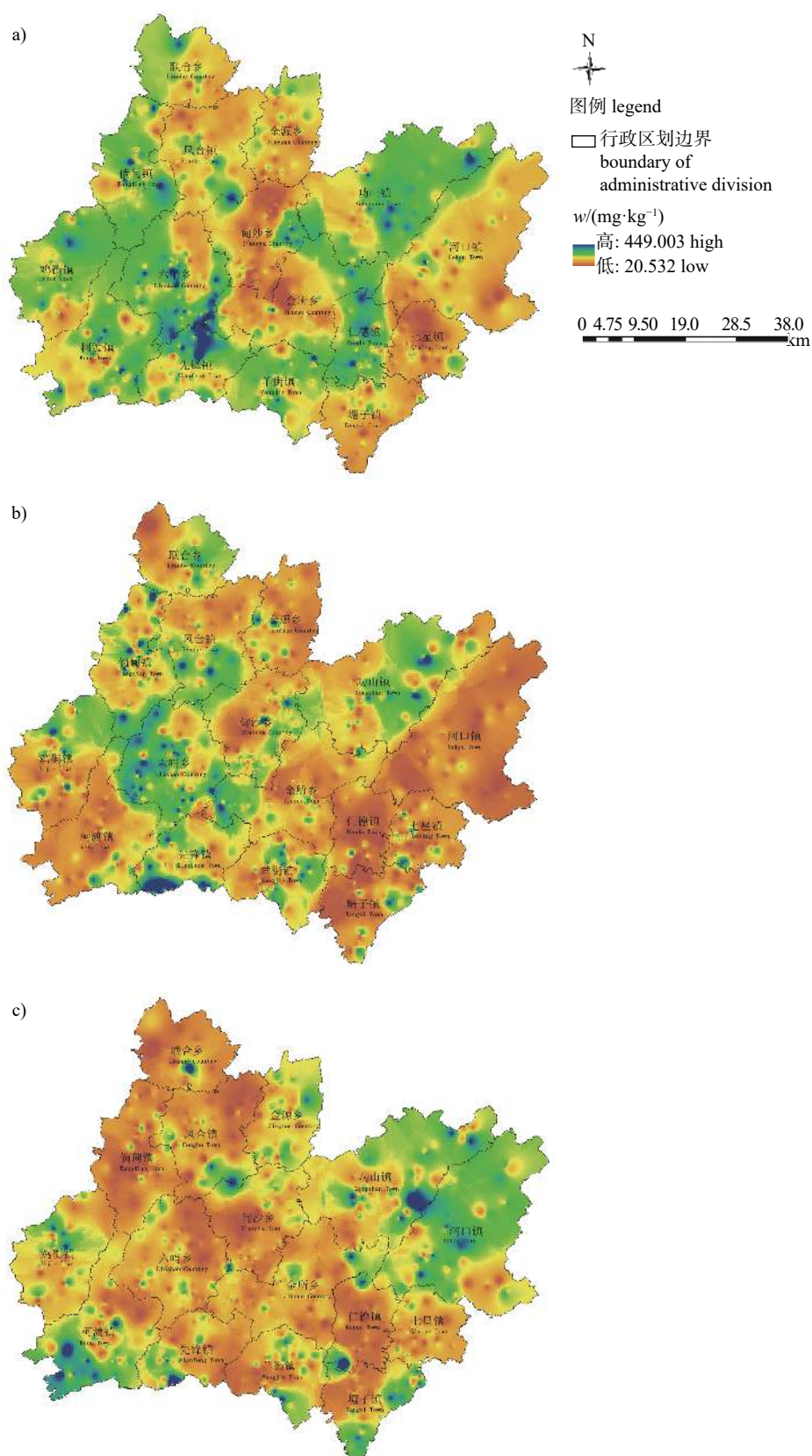


图2 寻甸县土壤碱解氮(a)、有效磷(b)和速效钾(c)分布

Fig. 2 Distribution of alkaline-hydrolyzed nitrogen (a), available phosphorus (b) and available potassium (c) in Xundian County

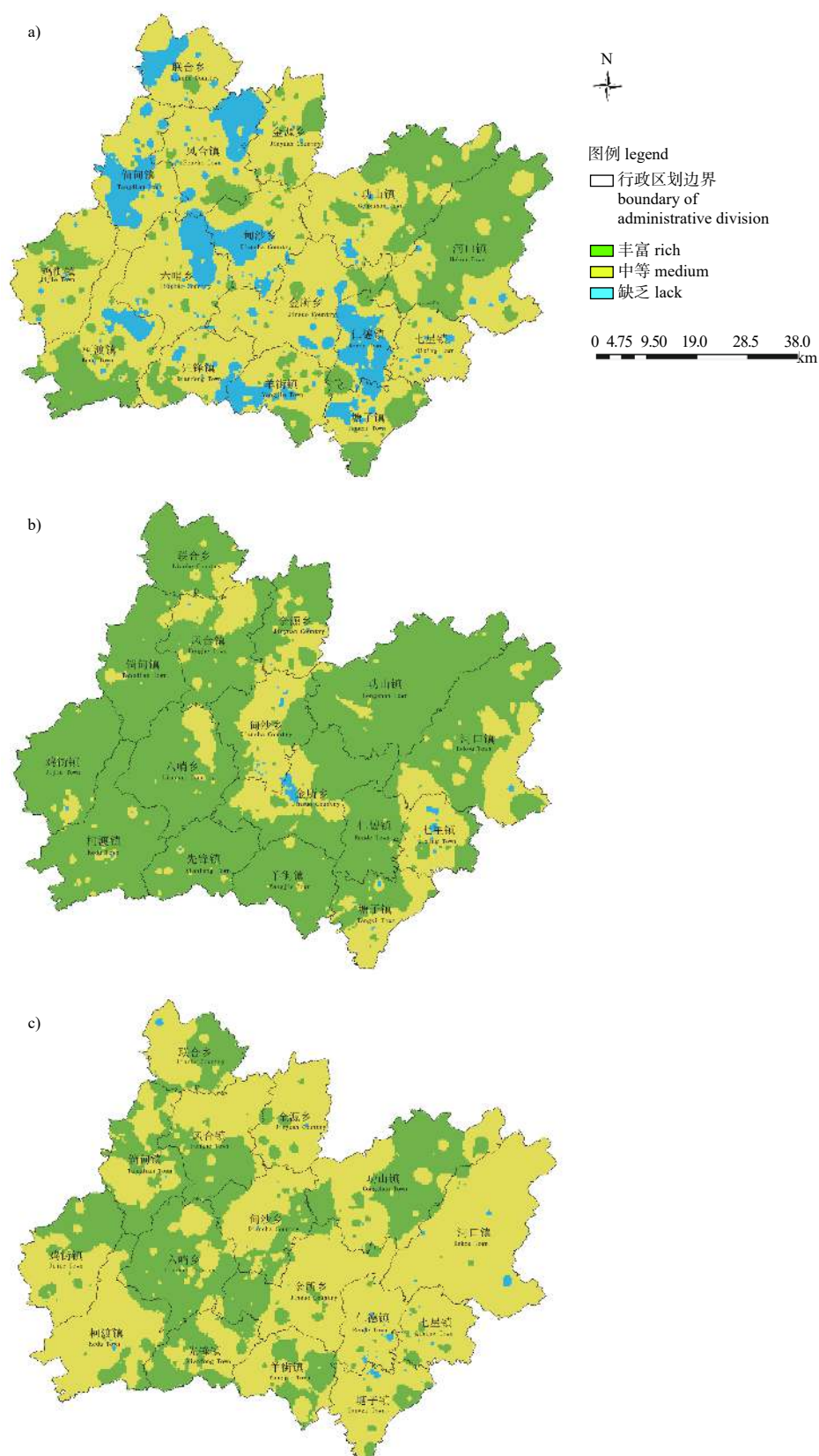


图 3 寻甸县速效钾 (a)、碱解氮 (b) 和有效磷 (c) 肥力等级分布

Fig. 3 Distribution of available potassium (a), alkali-hydrolyzed nitrogen (b) and available phosphorus (c) fertility grade in Xundian County

域主要集中在寻甸县中部和东部部分地区,包括甸沙乡和七里镇等;碱解氮含量较低的区域较少。有效磷的丰富区域主要集中在寻甸县偏西部和北部,包括六哨乡和鸡街镇等乡镇;其余如金所乡和河口镇等乡镇土壤中的有效磷处于中等水平;有效磷缺乏地区很少。

### 2.3 寻甸县马铃薯施肥推荐

(1) 由于在马铃薯种植过程中对钾肥需求量较高,寻甸县约有62%地区速效钾含量处于中等水平(100~200 mg/kg),因此,在速效钾含量偏少地区应重点加大钾肥投入,如仁德镇和倘甸镇等乡镇中的法安村、合理村和治租村等;在速效钾含量丰富的区域可酌情不用或较少施用钾肥,减少钾肥浪费和污染,如河口镇、功山镇和柯渡镇等乡镇中的白龙村、八岔哨村、云龙村和尹武村等;而在六哨乡和鸡街镇等乡镇中的龙泉村、古城村、北屏村、新田村、发来古村和集成村等区域正常投入钾肥施用即可。

(2) 碱解氮在寻甸县约有78%的面积处于比较丰富状态,如古城村、长菁村、五星村、横河村、富鲁村、松林村、三堡村和金所村等大部分村庄,在马铃薯种植过程中可少量施用氮肥;约有21%的面积处于中等级别,对于中等级别的甸沙乡和七里镇等乡镇中的村子海尾村、红星村、兴隆村和易隆村等可酌情施用部分氮肥。

(3) 有效磷丰富等级面积约占33%,在马铃薯种植过程中可不施用磷肥,或减少用量,如六哨乡和鸡街镇等乡镇中的北屏村、影己村和板桥村等;有效磷约有66%的面积处于中等水平,在马铃薯种植过程中可施用一定量的磷肥,如金所乡和河口镇等乡镇中的白石岩村、红果村和鲁六村等。

### 3 讨论

本研究针对寻甸县马铃薯生长过程中对速效钾、有效磷和碱解氮的需求,经过养分等级划分,利用地理信息技术,采用反距离权重插值法进行空间插值得到速效钾、有效磷和碱解氮空间分布图,利用空间计算得到肥力等级分布图,结果显示:速效钾含量处于中等水平面积约占62%;碱解氮比较丰富的面积约占78%,中等级别约占21%;有效磷丰富等级面积约占33%,中等水平面积约占66%。研究对马铃薯生长所需的3种主要肥力进行推荐施肥,以期充分利用寻甸县土壤

养分资源,为马铃薯种植合理施肥、减少污染、降低浪费提供依据,并将本研究进行推广应用至云南省其他马铃薯种植市县乃至全国马铃薯种植市县,进行马铃薯科学化、标准化施肥推荐。

寻甸县是云南省重要的马铃薯种植区域,但针对该区域马铃薯推荐施肥研究较少。柏琼芝等<sup>[5]</sup>通过研究土壤养分含量与土壤养分校正系数,得到二者呈极显著回归,根据不同土壤养分状况利用平衡法进行推荐施肥,但缺少对土壤养分空间分布研究。本研究在土壤养分分析的基础上增加了养分空间分布特征研究,基于研究结果为该地区提供施肥措施建议。本次研究选取数据量大,采样点均匀覆盖全寻甸县,研究成果能够反应马铃薯种植区土壤的需肥情况。本研究选取马铃薯需肥最大时期研究,并未考虑苗期马铃薯对养分的需求,下一步研究计划针对马铃薯全生长周期重要时间节点进行土壤采样及养分指标测定分析,确定不同生长期土壤需肥量,可以更好、更准确以及更定量化地对寻甸县马铃薯施肥推荐研究提供更好的建议。

#### [参考文献]

- [1] 王凤,郭玉祥.马铃薯施肥技术研究[J].现代农业科技,2019(14): 71. DOI: 10.3969/j.issn.1007-5739.2019.14.043.
- [2] 乔继景.寻甸县六哨乡马铃薯种植业发展现状分析[D].武汉:华中师范大学,2015.
- [3] 王迎男,高娃,郜翻身,等.内蒙古马铃薯主产区基础地力及增产潜力研究[J].植物营养与肥料学报,2019,25(8): 1345. DOI: 10.11674/zwyf.18197.
- [4] 高兴锦,任习荣,高朝双,等.马铃薯推荐施肥方法氮肥梯度试验[J].云南农业科技,2018,303(5): 15. DOI: 10.3969/j.issn.1000-0488.2018.05.005.
- [5] 柏琼芝,肖石江,高森.冬马铃薯土壤养分校正系数研究与推荐施肥量确定[J].云南农业,2018(1): 77. DOI: 10.3969/j.issn.1005-1627.2018.01.041.
- [6] 李成晨,安康,索海翠,等.广东省冬种马铃薯施肥现状调查与施肥对策[J].热带作物学报,2019,40(10): 2054. DOI: 10.3969/j.issn.1000-2561.2019.10.020.
- [7] 高媛,韦艳萍,樊明寿,等.马铃薯的养分需求[J].中国马铃薯,2011,25(3): 182. DOI: 10.3969/j.issn.1672-3635.2011.03.018.
- [8] 刘润梅,范茂攀,付云章,等.云南省马铃薯施肥量与化肥偏生产力的关系研究[J].土壤学报,2014,51(4): 753. DOI: 10.11766/trxb201310250483.
- [9] 王鲜英.马铃薯需肥特性及测土配方施肥技术[J].现代农业,2012(4): 44. DOI: 10.14070/j.cnki.15-1098.2012.04.067.

(下转第352页)