

齐伟恒,彭琳,郜鲁涛,等. 基于 ArcGIS 地统计分析模块的土壤养分与 pH 值空间变异分析——以云南省寻甸县为例[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(23): 287–291.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.23.072

基于 ArcGIS 地统计分析模块的土壤养分与 pH 值空间变异分析

——以云南省寻甸县为例

齐伟恒, 彭琳, 郜鲁涛, 叶丹

(云南农业大学大数据学院/云南省高校农业信息技术重点实验室, 云南昆明 650201)

摘要:为揭示土壤养分空间变异情况,实现土地的可持续利用,基于地理信息科学(geographic information system, 简称 GIS)和地统计学原理相结合的方法对云南省昆明市寻甸回族彝族自治县的土壤有效磷含量、速效钾含量、有机质含量、全氮含量、pH 值进行空间变异研究。通过土壤样本采样与分析,测定不同成分的含量,利用地统计分析模块进行空间变异分析;有效磷含量、速效钾含量、有机质含量、全氮含量、pH 值变异系数各不相同,都呈中等变异,4 种养分的变异系数在 64%~79% 之间,而 pH 值变异系数比较低,为 12.65%;有效磷含量、速效钾含量和 pH 值最佳理论模型为高斯模型,有机质、全氮含量的理论模型为指数模型;有效磷块金系数为 85%,表明寻甸回族彝族自治县土壤空间相关性很弱,受耕作制度、施肥总量和随机因素影响较大;速效钾含量、有机质含量、全氮含量、pH 值表现中等空间相关性,是结构性因素和随机性因素共同影响导致的。制作出各养分含量和 pH 值分布图,可以更直观地了解寻甸回族彝族自治县土壤养分的分布情况;结合当地实际作物种植情况提出合理的施肥建议,改善当地不合理的耕作方式和施肥配比,实现土地资源的可持续发展。

关键词:GIS;地统计学;空间变异;寻甸回族彝族自治县;土壤;养分含量;pH 值

中图分类号:S153.6;S127 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2018)23-0287-04

随着自然因素和人为因素的不断影响,土壤空间变异不断扩大。近年来农业的快速发展和农业污染不断加剧使土壤空间变异研究得到重视,并逐渐成为土壤科学研究的热点之一^[1]。了解土壤养分空间变异,掌握土壤养分的空间分布,对农田土壤养分管理、作物种植指导与合理施肥具有重要作用,同时是推进精准农业的前提和基础,是实现农业可持续发展的必然要求^[1]。

统计学应用于土壤科学研究在 20 世纪 70 年代就已经开始了,特别是地理信息技术快速发展和地统计学的结合,使得近些年国内很多学者对土壤空间变异分析做了大量研究,但也存在一些问题。例如,杨东等研究的基于地理信息系统(geographic information system,简称 GIS)和地统计学的张掖市甘州区土壤全氮、有机质的空间变异特征分析,主要是对土壤的全氮和有机质进行空间变异分析,没有考虑其他的土壤养分空间变异^[2]。刘晓林等基于地统计分析模块的土壤养

分空间变异分析,针对不同土壤养分空间变异进行研究,缺少考虑 pH 值对土壤养分空间变异的影响^[1]。研究地统计分析时很少会有作者结合当地实际作物产量进行研究与分析。因此,本研究对土壤养分和 pH 值进行综合空间变异研究的同时结合寻甸回族彝族自治县作物近 10 年产量进行分析,为农业种植提供施肥建议。

云南省昆明市寻甸回族彝族自治县是一个传统的农业大县,是云南省第一批高原特色农业示范县。然而不断的农业开发、滥用化肥、缺乏对土壤养分状况的了解,不仅使化肥利用率降低,而且会加重农民的经济负担,同时还会造成严重的土地污染,使当地农业的可持续发展面临严峻挑战。一直以来,对云南省寻甸回族彝族自治县土壤养分空间变异的研究很少,所以本研究以寻甸回族彝族自治县为例,利用 ArcGIS 10.2 地统计分析模块,选择土壤有效磷含量、速效钾含量、有机质含量、全氮含量和 pH 值对其空间变异进行研究,了解寻甸回族彝族自治县 4 种土壤养分和 pH 值空间变异规律,帮助农民科学了解土壤养分情况,达到精准施肥、提高肥料利用率的目标,为寻甸回族彝族自治县的土壤养分合理利用与管理提供有效的帮助。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

云南省昆明市寻甸回族彝族自治县地处云南省东北部,位于 102°41′~103°33′E、25°20′~26°01′N 之间,总面积为

收稿日期:2017-08-21

基金项目:国家农村信息化示范省级综合信息项目(编号:2014AB017);云南高原特色农业产业物联网示范工程建设项目(编号:2014AB026);云南高原特色农业产业生产服务平台建设项目(编号:2014AB019)。

作者简介:齐伟恒(1992—),男,黑龙江佳木斯人,硕士研究生,主要从事地理信息系统研究。E-mail:2546048153@qq.com。

通信作者:郜鲁涛,硕士,讲师,主要从事农业物联网、地理信息系统研究。E-mail:303396427qq.com。

359 800 km²,全县共 13 个乡镇,常驻人口约 45.7 万人。云南省寻甸回族彝族自治县地形错综复杂,有高山、丘陵、坝子、坡地等多种地形地貌。县内最高海拔为 3 294 m,最低海拔为 1 480 m,冬季无严寒,夏季无酷暑,冬春日照充足,气候温暖,干旱少雨;夏秋多雨,凉爽潮湿。年平均降水量为 1 045 mm,年平均温度为 14.5 ℃,无霜期 229 d,属北亚热带季风气候。全县耕地面积为 3 500 km²,主要种植玉米、水稻、马铃薯、烟草等,是云南省重要的粮食生产基地。

1.2 数据来源

本研究数据为云南省测土施肥工程项目测得数据。在寻甸回族彝族自治县选取具有代表性的地方,利用全球定位系统(global position system,简称 GPS)定位技术记录采样点的坐标。划定采样单元,一般 5~10 km² 为 1 个单元进行采样,去掉土壤的表层覆盖物,按标准规定进行均匀取土,水田约占 20%,旱地约占 60%,水浇地约占 20%。经过处理检测与分析,用半微量开式法测全氮含量,重铬酸钾外加热法测定有机质含量,用抗比色法测定有效磷含量,速效钾含量采用乙酸铵浸提-火焰光度法测定,pH 值测定采用计电位法^[2-3],得到 1 147 个土壤采样点的数据。整理采样点数据选取采样数据中的有效磷含量、速效钾含量、有机质含量、全氮含量、pH 值进行空间变异分析。

1.3 数据处理与分析方法

利用采样点的经纬度坐标,将整理好的采样数据导入 ArcMap 软件中,将采样点转化为以米(m)为单位的平面坐标系,同时将寻甸回族彝族自治县的边界线进行叠加,形成如图 1 所示的寻甸回族彝族自治县采样点分布图。在采样得到的数据点中会出现一些离群值,可能很高也可能很低,可能是采样过程中出现的一些错误操作造成的。所以使用 ArcGIS 中的地统计分析模块用半变异/协方差和直方图找出采样数据中的离群值。若样本平均值用 a 表示,标准差用 s 表示,离群值用 c 表示,当 $c > a + 3s$ 时用 $a + 3s$ 代替 c ;当 $c < a - 3s$ 时,用 $a - 3s$ 代替 c 。

2 结果与分析

2.1 土壤养分和 pH 值的统计特征分析

为研究土壤养分和 pH 值的变异情况,选取中值、平均值

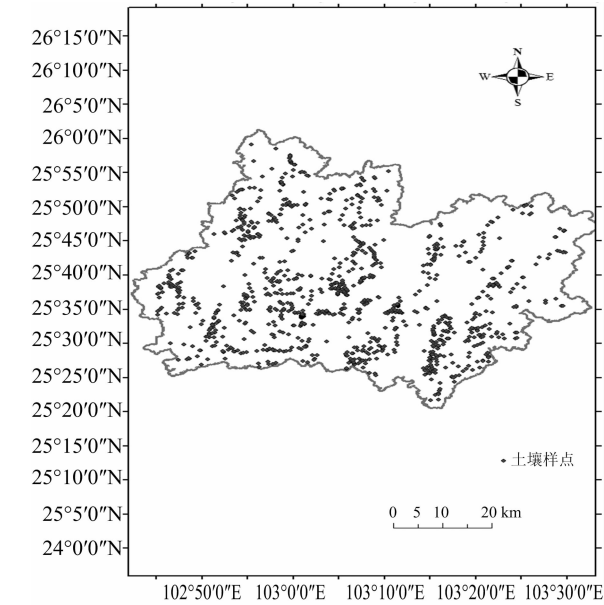


图1 寻甸回族彝族自治县土壤采样点分布

等指标,采用统计学方法对寻甸回族彝族自治县土壤有机质、有效磷、速效钾、全氮 4 种土壤养分数据和 pH 值进行描述和分析。变异系数大小表示各土壤养分之间的变异程度。从表 1 可以看出,寻甸回族彝族自治县土壤 4 种养分和 pH 值变异系数变化较大。变异系数的等级一般划分为:当变异系数 < 10% 时为弱变异情况,当 10% ≤ 变异系数 ≤ 100% 时为中等变异情况,当变异系数 > 100% 时为强变异情况^[1,4-5]。pH 值变异系数最低,接近于弱变异。4 种养分变异系数在 64%~79% 之间,均为中等变异。其中有机质变异系数最高,这可能与寻甸回族彝族自治县土壤的成土母质有关;有效磷的变异系数为 75.590%,比有机质略低一些,变异系数较高可能受当地的施肥和耕作方法影响,但更多是受成土母质的影响。

研究地统计学的前提是样本要服从正态分布,在进行半变异分析之前对数据进行检验。利用 SPSS 19.0 对土壤养分数据进行正态分布检验^[6]。从表 1 可以看出,全氮含量服从正态分布,有效磷含量、速效钾含量、有机质含量、pH 值显示出一定的偏态效应,经过对数转换呈现正态分布,可进行地统计学研究。

表 1 寻甸回族彝族自治县土壤养分特征统计

项目	中值	平均值	标准差	变异系数 (%)	样本数据		对数转换后	
					偏态值	峰度值	偏态值	峰度值
有效磷(mg/kg)	25.649	35.142	26.564	75.590	1.243 1	4.047 2	0.023 4	2.211 7
速效钾(mg/kg)	123.700	150.330	97.255	64.690	2.119 6	10.857 0	-0.022 5	3.436 9
有机质(g/kg)	34.813	35.920	28.204	78.518	1.293 2	6.092 0	-0.800 1	2.366 6
全氮(g/kg)	1.780	1.748	1.242	71.036	0.606 3	3.414 5	—	—
pH 值	5.730	5.773	0.731	12.650	0.288 4	2.274 8	0.073 6	2.118 4

2.2 土壤养分和 pH 值的空间变异特征分析

ArcGIS 地统计分析模块中的模型有很多种,如高斯模型、指数模型等。通过拟合参数比较选择适合的理论模型。拟合参数的选择一般包括均方根、平均预测标准差、标准化均方根、均值、标准化均值。根据模型的判断标准:标准均方根预测误差越接近于 1,预测误差的均值越接近于 0,其他值越小时,其模型拟合效果越好^[1,7-8]。以 pH 值为例进行拟合参

数,选择适合的模型,表 2 为 pH 值的模型拟合参数。可以看出,pH 值拟合效果较好的是高斯模型。依据同样的标准,对其他的养分数据进行拟合,得到各养分最佳模型,如表 3 所示。块金值(C_0)通常表示由测量误差和小于最小取样尺度引起的随机变异;基台值($C_0 + C$)表示系统内的总变异,包括结构性变异和随机性变异;偏基台值(G)表示基台值与块金值的差值;块金系数 $[C_0/(C_0 + C)]$,别称基底效应,表示随

机部分引起的空间异质性占系统总变异的比例,当块金系数小于 25%,说明系统具有强烈的相关性,当块金系数大于 75%,说明系统空间相关性很弱^[1,9-11]。从表 3 可以看出,有效磷的块金系数较大,表明有效磷空间相关性很弱,主要是随机性因子影响造成的块金系数较大。pH 值、有机质、全氮、速效钾变异范围在 25%~75% 之间,具有中等程度的空间相关性,表明它们受地形、气候、土壤等结构性因素和人为施肥、耕作等随机性因素共同影响^[4]。

图 2 是 pH 值及 4 种养分对应各自模型的半变异函数散点图,其中横坐标是分离距离,纵坐标是半变异函数值。

表 2 pH 值不同模型拟合参数结果

模型	均值	均方根	平均预测 标准差	标准化 均值	标准化 均方根
高斯模型	-0.008 4	0.555 41	0.530 96	-0.014 23	1.035 00
指数模型	-0.004 3	0.543 91	0.466 10	-0.014 49	1.143 00
五球模型	-0.005 2	0.543 87	0.494 23	-0.011 56	1.080 00
四球模型	-0.005 1	0.543 97	0.496 75	-0.011 11	1.075 00
球状模型	-0.005 2	0.544 03	0.498 67	-0.011 09	1.071 00

表 3 不同模型拟合与检验参数

项目	C_0	C	$C_0 + C$	$C_0 / (C_0 + C)$ (%)	变程 (km)	最优模型
有效磷	0.456	0.080 5	0.536 5	84.996	0.14	高斯模型
速效钾	0.177	0.110 6	0.287 5	61.538	0.02	高斯模型
有机质	0.985	0.363 0	1.348 1	73.076	0.22	指数模型
全氮	0.906	0.403 5	1.309 9	69.197	0.23	指数模型
pH 值	0.008	0.010 5	0.018 3	42.758	0.25	高斯模型

2.3 土壤养分和 pH 值的空间分布格局

寻甸回族彝族自治县土壤的养分受成土母质、气候、人为因素等影响会产生差异。由图 3 可以看出,寻甸回族彝族自治县全氮含量主要集中在 0.27~3.85 g/kg,分布相对不是不均匀,主要是在农业生产中氮肥的不合理使用,造成土壤中氮含量分布不均;有效磷含量集中在 15.00~85.00 mg/kg,有由东向西逐渐增多的趋势;速效钾含量主要集中在 60.00~380.00 mg/kg,大部分地区含量相对较高,可以根据实际情况适当施用钾肥。有机质含量主要集中在 6.00~80.00 g/kg,寻甸回族彝族自治县在农业生产中大量施用有机肥料,不断增加土壤中的有机质含量,保证土壤中有机质的丰富度。寻甸回族彝族自治县 pH 值主要集中在 4.7~6.7 之间,土壤大部分呈现弱酸性,在种植作物时要考虑作物适宜的酸碱度,种植适宜酸性土壤生长的作物,也可以施用石灰来调节土壤酸碱度。

2.4 土壤养分与当地主要种植作物的关系

寻甸回族彝族自治县不仅是云南省高原特色农业示范县,而且也是昆曲绿色经济示范带县区,2012 年农业总产值 131 931 万元,占农林牧渔业总产值的 45% 左右,在第一产业的发展中占有很大比例。寻甸回族彝族自治县农产品主要有玉米、小麦、稻谷、马铃薯等,图 4 是近些年来寻甸回族彝族自治县农产品产量和以马铃薯为例的马铃薯产量折线图。粮食总量从 1999 年到 2012 年整体呈增长趋势,同样马铃薯在十几年间产量也是增长趋势^[12]。马铃薯是典型的喜钾作物,需

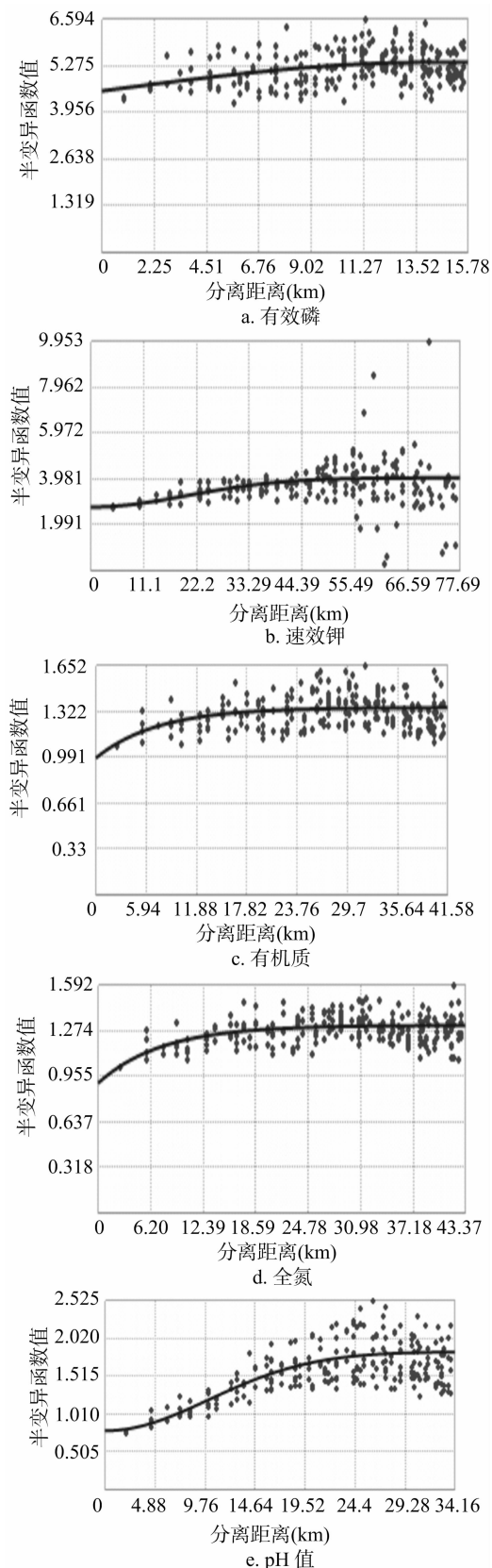


图2 土壤养分及 pH 值半变异函数散点图

氮肥次之,需磷肥较少,一般生产 15 000 kg/hm² 马铃薯需从土壤中吸收氮 82.5 kg,五氧化二磷 33 kg,氧化钾 153 kg。农户种植马铃薯时须要根据地块肥力特性在马铃薯生长的不同

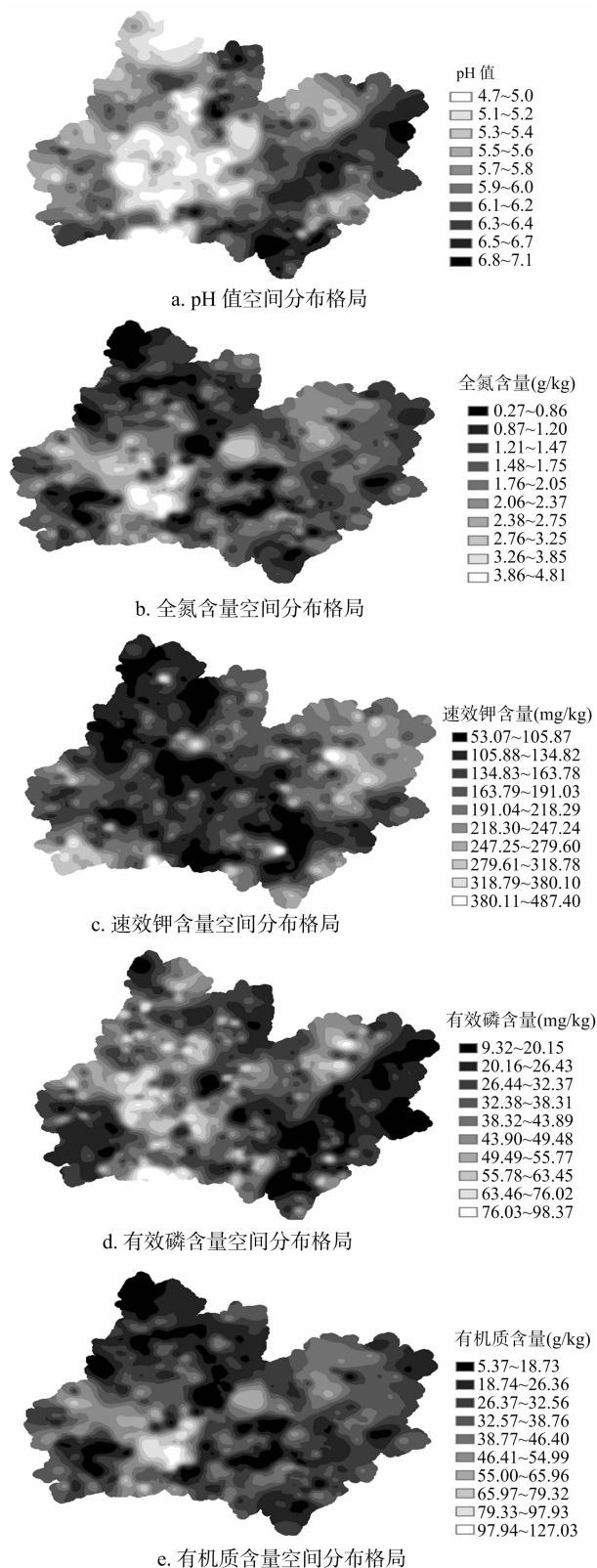


图3 寻甸回族彝族自治县土壤养分和 pH 值分布

时期施用合理的氮、磷、钾肥。寻甸回族彝族自治县土壤 pH 值基本满足马铃薯的正常生长发育需要,当 pH 值在 5.0 ~ 5.5 时最适宜马铃薯生长,当 pH 值低于 4.8 时会影响马铃薯的生长发育,寻甸回族彝族自治县中部部分地区不适宜马铃薯种植。因此,要因地制宜地种植马铃薯,避免盲目种植,盲

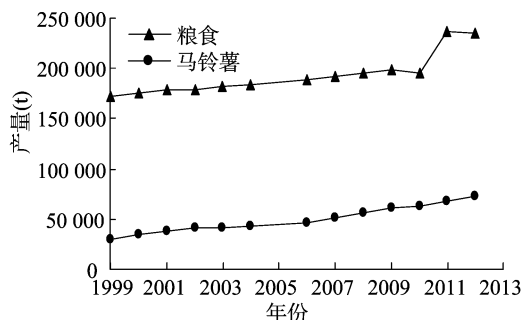


图4 寻甸回族彝族自治县 1998—2012 年粮食产量与马铃薯产量曲线

目施肥^[13-14]。玉米生长对土壤要求不是十分苛刻,一般高产玉米田,耕层有机质含量在 1.0% ~ 1.5% 之间,全氮含量为 0.7 g/kg,有效磷含量约为 15 ~ 85 mg/kg,速效钾含量为 150 mg/kg,pH 值一般在 5 ~ 8 之间。从实际情况可以看出,寻甸回族彝族自治县在种植玉米时须要大量施用氮肥,大部分地区都可以满足玉米生长所需要的磷肥,在北部地区种植玉米时须要施用一定量的钾肥,须要大量施用有机质肥,不仅可以保证玉米不脱肥、不早衰,而且还可以获得玉米高产。寻甸回族彝族自治县北部和中部部分地区由于土壤酸性比较强,所以不适合玉米种植,弱酸地区可以施用适量石灰中和酸性,保证玉米最优产量^[15-17]。

3 结论与讨论

目前,土壤养分空间变异分析研究采用 GIS 和地统计学相结合的方法进行。通过土壤样本采样与分析,测定不同成分的含量,利用地统计分析模块进行空间变异分析。但一般研究只是考虑 1 种或 2 种土壤养分^[1-2],研究样本单一,更不会考虑 pH 值并结合当地作物产量进行研究。

本研究以云南省寻甸回族彝族自治县为例,利用 ArcGIS 地统计分析功能研究寻甸回族彝族自治县土壤有机质含量、全氮含量、速效钾含量、有效磷含量和 pH 值的空间变异情况,4 种养分和 pH 值均为中等变异,其中 pH 值变异稍弱。经过半变异函数的参数拟合,得到有效磷含量、速效钾含量和 pH 值为高斯模型,全氮含量和有机质含量为指数模型。pH 值、有机质含量、全氮含量、速效钾含量是中等空间相关性,主要是受结构性因素和人为影响造成的,有效磷含量呈弱相关性,受随机因素影响较大,在今后的土地利用中要加强用养结合,科学施用化肥。通过结合寻甸回族彝族自治县近年粮食总产量以及玉米、马铃薯几种主要粮食作物产量,进一步分析了玉米、马铃薯不同作物需肥量及生长在不同酸碱度土地的适宜情况。寻甸回族彝族自治县大部分地区的 pH 值适合马铃薯和玉米生长,同时大部分地区满足马铃薯和玉米生长的需肥量,少部分地区可根据情况改善土壤酸碱度和施用少量化肥来满足玉米和马铃薯的种植。本研究能为寻甸回族彝族自治县农户的种植提供一定的建议。

参考文献:

- [1] 刘晓林,李文峰,杨林楠,等. 基于 ArcGIS 地统计分析模块的土壤养分空间变异分析——以云南省建水县为例[J]. 土壤通报, 2012, 43(6): 1432 - 1437.

淳 阳,潘洪义,吴佳保,等. 基于基尼系数的四川省城乡建设用地优化配置[J]. 江苏农业科学,2018,46(23):291-295.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.23.073

基于基尼系数的四川省城乡建设用地优化配置

淳 阳,潘洪义,吴佳保,周介铭

(四川师范大学西南土地资源评价与监测教育部重点实验室/四川师范大学地理与资源科学学院,四川成都 610066)

摘要:从城镇化内涵出发,在人口-经济-社会-空间视角下选取相关指标构建基于基尼系数的城乡建设用地总量优化配置模型,得到四川省 2020 年城乡建设用地总量优化配置方案。研究表明,优化方案与现行规划方案相比基尼系数由 0.311 下降到 0.295,公平性显著提升。根据城乡建设用地面积增减幅度将 21 个地市(州)划分为 4 种类型,并针对不同类型区域提出优化建议。

关键词:城镇化;基尼系数;城乡建设用地;优化配置;四川省

中图分类号: F291.1;F323.211 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)23-0291-05

随着城镇化进程的不断加快,生产生活方式不断转变,社会经济实力日益增强,城市用地规模不断扩大。在城镇规模快速扩张的过程中,如何根据社会经济发展和城市土地利用总体规划,缓解土地资源的有限性与城乡建设用地需求量日益增长的矛盾,实现城镇化的可持续发展,是当前亟待研究解决的热点问题^[1]。城镇化是一个人口-经济-社会-空间“四维一体”、协调发展的有机整体,每一个维度的发展都会引起城乡建设用地面积需求量和供给量的变化。不同区域差异明显是我国城镇化水平的显著特征,而城乡建设用地总量公平合理的分配是保证区域均衡发展的前提。国土

资源部相关文件指出,适当调整城乡建设用地规模,统筹安排生产、生活、生态用地,优化区域、城乡用地结构和布局,保障城镇化所需建设用地。相关学者从经济社会发展需求、土地利用效率^[2]、城乡建设用地边际产出^[3]、生态-经济比较优势视角^[4]、相对资源承载力视角^[5]等不同层面,采用均方差决策法^[6]、信息熵与偏移-份额模型^[7]、脱钩情景^[8]等不同方法研究城乡建设用地优化配置及其扩张机制^[9-11],为城乡建设用地的优化配置提供丰富的研究方法和理论基础。

基尼系数是由意大利经济学家基尼于 1992 年首次提出的用于定量测定收入差异分配程度,综合考察居民内部收入分配差异状况的一项重要指标^[12],在国际上广泛地应用于指标分配公平性的测度。目前,学者们多将其应用于水污染总量分配^[13]、耕地保有量分配^[14]、收入差异分配^[15]等众多领域,使分配方案既达到预定目标又兼顾公平性。而从城镇化内涵出发,以公平的视角探讨城镇化发展过程中城乡建设用地规模的合理配置鲜有少见。基于此,以四川省为例,在已知土地利用总体规划城乡建设用地总量目标的基础上,从人口

收稿日期:2017-08-16

基金项目:国家自然科学基金(编号:41371125);四川省教育厅项目(编号:16ZB0061)。

作者简介:淳 阳(1992—),男,四川广元人,硕士研究生,主要从事土地利用与评价研究。E-mail:1028817377@qq.com。

通信作者:潘洪义,副教授,主要从事土地利用与评价研究。E-mail:305177084@qq.com。

[2]杨 东,刘 强. 基于 GIS 和地统计学的张掖市甘州区土壤全氮、有机质的空间变异特征分析[J]. 土壤通报,2011,42(3):593-597.

[3]刘祖香,陈效民,靖 彦,等. 基于地统计学的农田尺度旱地红壤养分空间变异性研究[J]. 土壤通报,2013,44(2):392-397.

[4]苏荣瑞,金卫斌,艾天成,等. 基于 GIS 的湖北省江陵县土壤养分空间变异研究[J]. 长江大学学报(自然科学版),2007,4(3):13-17.

[5]张文龙,李玉环,姬 祥. 基于地统计学的耕层土壤有机质空间变异及不同插值模型的比较[J]. 中国农学通报,2011,27(6):256-260.

[6]谭慧婷,韩 广. 基于 ArcGIS 地统计分析的长沙农田根层土壤有机质分析[J]. 湖南农业科学,2016(2):44-47.

[7]李 超,李文峰. 高原耕地土壤养分空间分布与影响因子相关性研究[J]. 土壤通报,2014,45(5):1113-1118.

[8]苏 伟,聂宜民,胡晓洁,等. 利用 Kriging 插值方法研究山东龙口北马镇农田土壤养分的空间变异[J]. 安徽农业大学学报,2004,31(1):76-81.

[9]张金萍,张保华,刘子亭,等. 山东省禹城市耕层土壤有机质含量变化的空间变异[J]. 土壤通报,2009,40(2):258-261.

[10]张久明,迟凤琴,宿庆瑞,等. 哈尔滨市城市土壤重金属空间分布特征及相关分析[J]. 东北农业大学学报,2010,41(7):56-61.

[11]张世文,王胜涛,刘 娜,等. 土壤质地空间预测方法比较[J]. 农业工程学报,2011,27(1):332-339.

[12]云南省统计局. 2010 云南统计年鉴[M]. 2 版. 昆明:云南省农业厅编印,2010:299-399.

[13]高 媛,韦艳萍,樊明寿. 马铃薯的养分需求[J]. 中国马铃薯,2011,25(3):182-187.

[14]张西露,刘明月,伍壮生,等. 马铃薯对氮、磷、钾的吸收及分配规律研究进展[J]. 中国马铃薯,2010,24(4):237-241.

[15]刘东梅. 玉米生长发育对土和肥的要求[J]. 农村实用科技信息,2011(5):14.

[16]王秀康. 黄土塬区水肥供应和覆膜对玉米生长和氮素吸收的影响[D]. 北京:中国科学院研究生院,2014.

[17]郑 伟,何 萍,高 强,等. 施氮对不同土壤肥力玉米氮素吸收和利用的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2011,17(2):301-309.