

基于 GIS 的诸城市土壤养分丰缺评价与分析

张峰, 韩佳坤, 薄鑫宇, 祁康业 (山东农业大学信息科学与工程学院, 山东泰安 271018)

摘要 [目的]对诸城市土壤中的 pH、有机质、碱解氮、有效磷、速效钾含量进行研究,进而分析评价诸城市的土壤养分丰缺,以期对诸城市的土地利用规划、农作物产量和科学施肥等方面提供依据。[方法]利用 ArcGIS 软件研究诸城市的土壤养分空间分布。[结果]诸城市土壤 pH 均值为 6.10,有机质、碱解氮、有效磷、速效钾含量均值分别为 16.95 g/kg、108.58 mg/kg、60.36 mg/kg、168.35 mg/kg。[结论]总体来看,诸城市的土壤呈酸性,土壤有机质含量处于适量水平,碱解氮和速效钾含量处于丰富水平,有效磷含量处于极丰富水平。
关键词 土壤养分;GIS;丰缺评价与分析;反距离权重插值法;诸城市
中图分类号 S158 **文献标识码** A
文章编号 0517-6611(2019)20-0054-03
doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2019.20.015



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Soil Nutrients Evaluation and Analysis Based on GIS: Zhucheng
ZHANG Feng, HAN Jia-kun, BO Xin-yu et al (Information Science and Engineering School, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018)
Abstract [Objective]The pH value, organic matter, effective nitrogen, available phosphorus and rapidly available potassium in the soils of Zhucheng were studied, and the soil nutrient shortages in the cities were analyzed and evaluated, so as to provide a basis for land use planning, crop yield and scientific fertilization in Zhucheng. [Method]This study used ArcGIS software to study the spatial distribution of soil nutrients in cities. [Result]The average soil pH value of Zhucheng City was 6.10, and the average values of organic matter, effective nitrogen, available phosphorus and rapidly available potassium were 16.95 g/kg, 108.58 mg/kg, 60.36 mg/kg and 168.35 mg/kg, respectively. [Conclusion]In general, the soils in Zhucheng are acidic, the soil organic matter content is at an appropriate level, the effective nitrogen and rapidly available potassium content are at a rich level, and the available phosphorus content is extremely rich.
Key words Soil nutrients;GIS;Abundance assessment and analysis;Inverse distance to a power;Zhucheng City

土壤作为作物生长必不可少的资源之一,它的肥力主要内容是养分^[1-2]。土壤养分的丰缺将直接影响着作物的种植以及生长^[3-5]。随着地理信息产业的快速发展,其应用领域越来越广泛。地理信息系统开始在土壤监测方面得以应用,且日渐成为土壤学的研究热点^[6]。国内诸多学者对各地的土壤养分进行了大量的研究,郭旭东等^[7]利用地理信息系统和地统计学对河北省遵化市的土壤表层养分进行了空间异质性研究,魏翔等^[8]对云南河口县主要胶园种植地区混合土壤的基本养分状况进行了分析,秦仕忆等^[9]对黔西北地区 12 个优势树种根区的土壤养分特征进行了研究。而对于诸城市土壤养分的研究却少之又少,仅有刘淑云等^[10]对诸城市土壤养分变化与冬小麦产量关系进行的模拟研究。前人研究证明了将地理信息系统应用于土壤研究的重大意义,对土壤养分研究更是作出了重大贡献,而 ArcGIS 软件作为一种地理信息系统的软件平台,为用户处理、分析数据提供了极大的方便。因此,笔者利用 ArcGIS 软件对诸城市土壤养分数据进行分析,以期对诸城市农作物区划以及科学施肥提供依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况 诸城市为山东省潍坊市的一个县级市。位于山东半岛的中东部,地处 35°42′23″~36°21′5″N、119°0′19″~119°43′56″E,总面积约为 2 152.72 km²。属暖温带

大陆性季风区半湿润气候,四季分明,光照充足,年平均气温为 13.2℃,年平均降水量为 741.8 mm。

1.2 数据来源 选取 2016 年的诸城市土壤养分数据,数据的采集者为诸城市农业局,以诸城市的部分村的典型地块为采样点进行数据采集,共计 219 个采样点,最终数据为包含各个采样点位置和土壤养分含量的 Excel 表格。

1.3 数据处理方法 该研究利用 GIS 技术,通过 ArcGIS 10.5 软件对诸城市土壤 Excel 表格数据中的 pH、有机质、碱解氮、速效钾等含量进行空间化处理,然后对样本点进行空间插值。最常用的插值方法有 2 种,一种是反距离权重插值法,另一种是克里金插值法。反距离权重法是以距离作为权重的滑动平均加权插值法,考虑周围点数较多,而且计算简单^[11-12],因此该研究采用反距离权重法对诸城市土壤养分数据进行插值。由于反距离权重法中距离的幂对插值结果影响很大,因此需要对每种土壤养分指标选取合适的距离幂值以及预测点个数。经多次试验分析,pH、碱解氮和速效钾的幂指数取 1,有机质和有效磷的幂指数取 1.5,并且每种指标搜索半径内使用预测点的最小个数为 10,最大个数为 15 时,每种指标的误差均方根最小,插值效果最好。最后,对形成的插值结果以诸城市区划范围为标准进行裁剪。

1.4 数据分析方法 依据土壤养分数值丰缺临界指标^[13],如表 1 所示,对诸城市整个范围内的土壤养分数值进行分类界定。在 ArcGIS 软件中,对裁剪处理得到的诸城市土壤各类指标的栅格图进行重分类。

2 结果与分析

2.1 土壤 pH 现状与分析 诸城市土壤酸碱度平均 pH 为

基金项目 国家十三五重点研发计划(2016YFC0803104);国家高技术
研究发展计划(863 计划)项目(2013AA102301);诸城市乡
村振兴“一张图”建设项目。
作者简介 张峰(1976—),男,山东肥城人,副教授,博士,从事 GIS 开
发与应用。韩佳坤(1998—),女,山东潍坊人,从事地理信
息系统研究。张峰和韩佳坤为共同第一作者。
收稿日期 2019-04-29;修回日期 2019-05-27

6.10,等级属于酸性,标准差为 0.74,属于较小范围,说明诸城市 pH 较为稳定。其中,pH 在 4.5~6.5 的占 73.73%,pH 6.5~7.5 占 19.05%,pH 7.5~8.5 的占 7.22%(表 2)。总体来看,诸城市土壤 pH 关于西北到东南大体呈现对称分布,pH 在

5.02~8.25。西部地区土壤大部分呈现碱性或中性,北部少部分地区土壤呈现为中性,中部、东部和南部地区土壤呈现为酸性,如图 1 所示。从分析可以看出,诸城市以酸性土壤为主,而酸性土壤不利于作物生长。

表 1 土壤养分数值丰缺临界指标
Table 1 Critical indicators of soil nutrient numerical abundance

分类 Classification	pH	分类 Classification	有机质 Organic matter g/kg	碱解氮 Alkaline nitrogen mg/kg	有效磷 Effective phosphorus mg/kg	速效钾 Quick-acting potassium mg/kg
强酸 Strong acid	<4.5	极缺	<5.0	<30	<5.0	<50
酸性 Acidic	[4.5,6.5]	缺乏	[5,15]	[30,60]	[5,10]	[50,80]
中性 Neutral	(6.5,7.5]	适量	(15,30]	(60,90]	(10,20]	(80,150]
碱性 Alkaline	(7.5,8.5]	丰富	(30,50]	(90,120]	(20,40]	(150,200]
极碱 Polar base	>8.5	极丰富	>50	>120	>40	>200

表 2 诸城市土壤养分统计
Table 2 Soil nutrient statistics in Zhucheng City

指标 Index	标准差 Standard deviation	平均值 Average value	变动幅度 Range of change	各等级所占比例 Proportion of each level//%				
pH	0.74	6.10	5.02~8.25	强酸 0	酸性 73.73	中性 19.05	碱性 7.22	极碱 0
有机质 Organic matter //g/kg	3.14	16.95	7.27~33.97	极缺 0	缺乏 26.15	适量 73.80	丰富 0.05	极丰富 0
碱解氮 Alkaline nitro- gen//mg/kg	13.25	108.58	52.16~200.71	极缺 0	缺乏 0	适量 8.05	丰富 71.61	极丰富 20.34
有效磷 Effective phos- phorus//mg/kg	13.44	60.36	9.07~158.36	极缺 0	缺乏 0	适量 0.08	丰富 6.71	极丰富 93.21
速效钾 Quick-acting potassium//mg/kg	24.45	168.35	86.66~396.50	极缺 0	缺乏 0	适量 20.06	丰富 69.63	极丰富 10.31

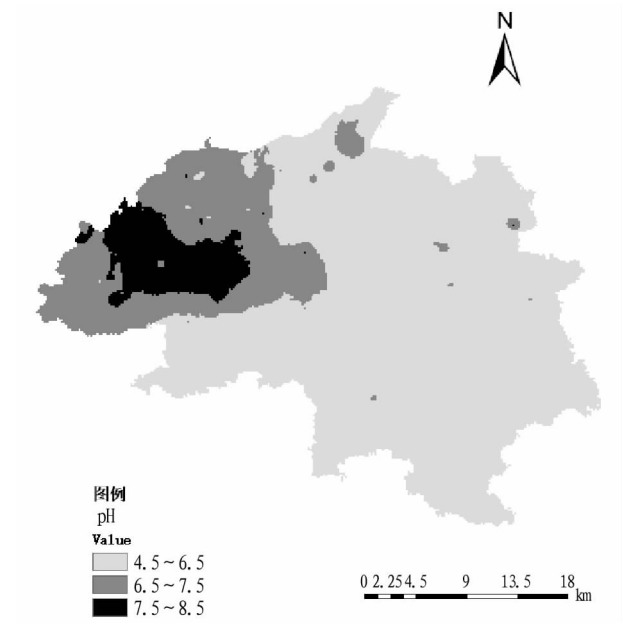


图 1 2016 年诸城市土壤 pH 空间分布
Fig.1 Spatial distribution of soil pH in Zhucheng City in 2016

2.2 土壤有机质现状与分析 诸城市土壤有机质含量均值为 16.95,处于中等水平,标准差为 3.14,属于中等范围,说明诸城市有机质分布的稳定性处于一般水平。其中,有机质含量在 5~15 g/kg 的占比为 26.15%,>15~30 g/kg 占比为 73.80%,0.05%地区有机质含量在>30~50 g/kg(表 2)。总体

来看,诸城市有机质含量中等偏下,变动范围在 7.27~33.97 g/kg,东南地区土壤有机质含量处于缺乏等级,西南以及北部少部分地区土壤中也缺乏有机质,西部极少部分地区有机质含量丰富,如图 2 所示。
2.3 土壤碱解氮现状与分析 诸城市土壤中碱解氮含量均值为 108.58 mg/kg,等级为丰富,标准差为 13.25,属于较大范围,这说明诸城市碱解氮含量空间分布不稳定。碱解氮含量在 60~90 mg/kg 占比为 8.05%,>90~120 mg/kg 的占比为 71.61%,大于 120 mg/kg 的占比为 20.34%(表 2)。总体来看,西南和东部部分地区碱解氮极丰富,北部、西部部地区碱解氮含量适中,其余地区碱解氮含量丰富,如图 3 所示。
2.4 土壤有效磷现状与分析 诸城市土壤中有效磷含量均值为 60.36 mg/kg,处于极丰富水平,标准差为 13.44,属于较大范围,这说明诸城市碱解氮含量空间分布不稳定。数据显示有效磷含量在 10~20 mg/kg 的占比为 0.08%,>20~40 mg/kg 的占比为 6.71%,大于 40 mg/kg 的占比为 93.21%(表 2)。总体来看,西部极少部分地区有效磷含量适中,西部以及东南部少部分地区含量丰富,其余大部分地区有效磷含量极为丰富,如图 4 所示。
2.5 土壤速效钾现状与分析 诸城市土壤中速效钾含量均值为 168.35 mg/kg,处于丰富水平,标准差为 24.45,属于较大范围,这说明诸城市碱解氮含量空间分布不稳定。速效钾含量在 80~150 mg/kg 的占比为 20.06%,>150~200 mg/kg 的占

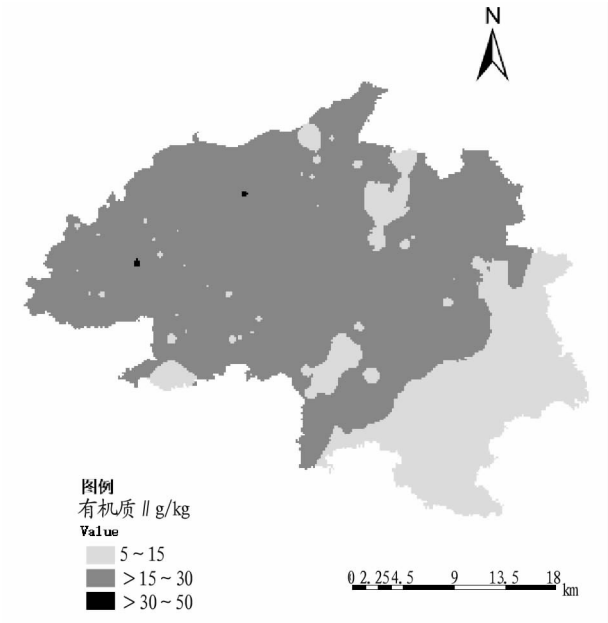


图 2 2016 年诸城市土壤有机质空间分布

Fig.2 Spatial distribution of soil organic matter in Zhucheng City in 2016

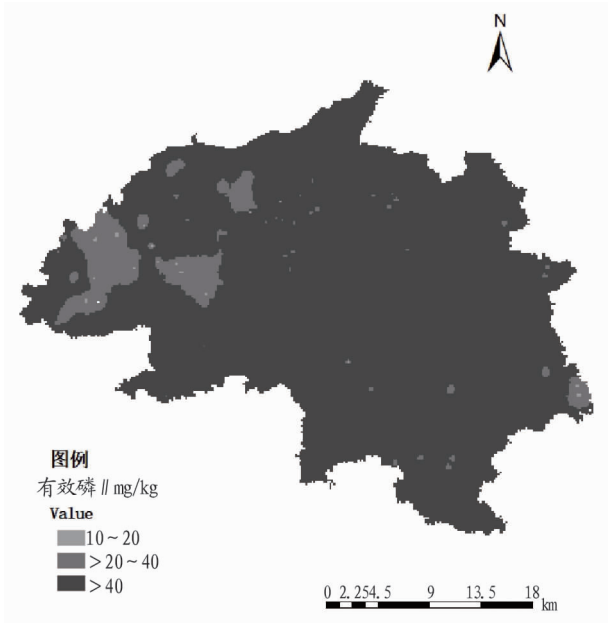


图 4 2016 年诸城市土壤有效磷空间分布

Fig.4 Spatial distribution of soil available phosphorus in Zhucheng City in 2016

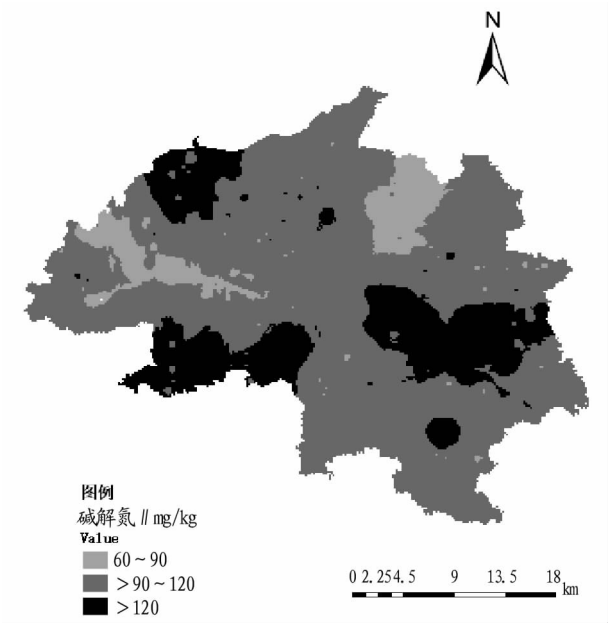


图 3 2016 年诸城市土壤碱解氮空间分布

Fig.3 Spatial distribution of soil alkaline nitrogen in Zhucheng City in 2016

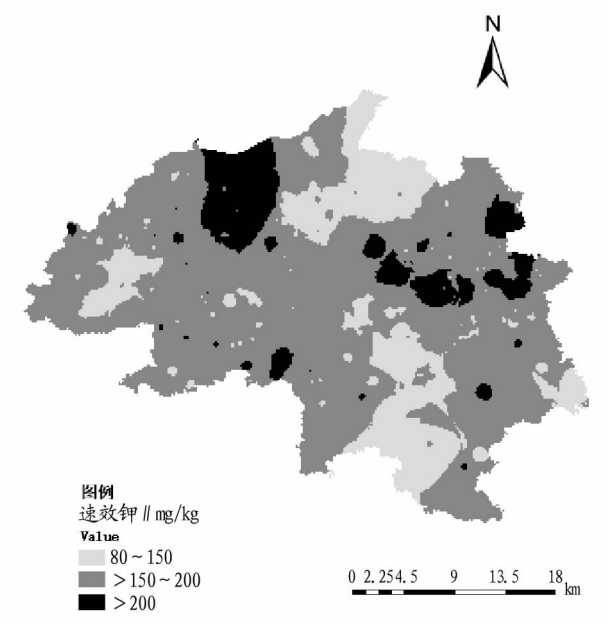


图 5 2016 年诸城市土壤速效钾空间分布

Fig.5 Spatial distribution of soil available potassium in Zhucheng City in 2016

比为 69.63%, 大于 200 mg/kg 的占比为 10.31% (表 2)。总体来看, 整个诸城市土壤中速效钾在北部、西部、南部和东部各个地区的含量都存在中等、丰富和极丰富 3 个等级水平, 如图 5 所示。

3 讨论

通过诸城市农业局 2016 年采集的 219 个土壤样本对整个诸城市土壤养分进行分析。利用 ArcGIS 10.5 软件, 对采样数据 5 种土壤养分指标进行分析, 利用反距离权重插值, 获取采样数据各个指标的空间分布图。笔者详细地研究了对土壤影响较大的 5 个指标, 通过统计各指标的标准差、平

均值以及浮动范围, 综合分析了各土壤指标的丰缺情况。前人研究表明, 土壤中养分含量及分布受许多因素影响, 土壤养分不仅与地方气候、地形等自然环境因素有关, 也与施用肥料、耕作方式等人们的日常活动密切相关^[15-18]。由于该研究采用了反距离权重法进行插值, 虽然这种方法计算简单, 但其插值结果往往会产生围绕样本点的“牛眼”现象。虽然在研究时通过不断实验选择了最合适的幂指数以及预测样本点数, 但只是减少了“牛眼”的影响, 依旧没有彻底消除“牛眼”现象的影响。针对以上分析, 在后续研究工作中, 将

(下转第 60 页)

- western Mediterranean case study[J]. *Scientia marina*, 2014, 78(S1): 53–65.
- [17] KRUMHOLZ J S, BRENNAN M L. Fishing for common ground: Investigations of the impact of trawling on ancient shipwreck sites uncovers a potential for management synergy[J]. *Marine policy*, 2015, 61: 127–133.
 - [18] JACQUOT J E. Trails of destruction: The impact of bottom trawling as seen from space[Z]. 2008.
 - [19] BOARD O S. Effects of trawling and dredging on seafloor habitat[M]. Washington, DC: National Academies Press, 2002.
 - [20] SMITH C J, BANKS A C, PAPADOPOULOU K N. Improving the quantitative estimation of trawling impacts from sidescan-sonar and underwater-video imagery[J]. *ICES Journal of Marine Science*, 2007, 64(9): 1692–1701.
 - [21] BROWN C J, COOPER K M, MEADOWS W J, et al. Small-scale mapping of sea-bed assemblages in the eastern English Channel using sidescan sonar and remote sampling techniques[J]. *Estuarine coastal & shelf science*, 2002, 54(2): 263–278.
 - [22] JUAN S D, DEMESTRE M A. Trawl Disturbance Indicator to quantify large scale fishing impact on benthic ecosystems[J]. *Ecological indicators*, 2012, 18: 183–190.
 - [23] LAMBERT G I, JENNINGS S, HIDDINK J G, et al. Implications of using alternative methods of vessel monitoring system(VMS) data analysis to describe fishing activities and impacts[J]. *ICES Journal of Marine Science*, 2012, 69(4): 682–693.
 - [24] GERRITSEN H D, MINTO C, LORDAN C. How much of the seabed is impacted by mobile fishing gear? Absolute estimates from Vessel Monitoring System(VMS) point data[J]. *ICES Journal of Marine Science*, 2013, 70(3): 523–531.
 - [25] HINZ H, PRIETO V, KAISER M J. Trawl disturbance on benthic communities: Chronic effects and experimental predictions[J]. *Ecological applications*, 2009, 19(3): 761–773.
 - [26] FODEN J, ROGERS S I, JONES A P. Recovery of UK seabed habitats from benthic fishing and aggregate extraction-towards a cumulative impact assessment[J]. *Marine ecology progress series*, 2010, 411: 259–270.
 - [27] STELZENMULLER V, ROGERS S I, MILLS C M. Spatio-temporal patterns of fishing pressure on UK marine landscapes, and their implications for spatial planning and management[J]. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, 2008, 65(6): 1081–1091.
 - [28] HINTZEN N T, PIET G J, BRUNEL T. Improved estimation of trawling tracks using cubic Hermite spline interpolation of position registration data[J]. *Fisheries research*, 2010, 101(1): 108–115.
 - [29] MASK A C, O' BRIEN J J, PRELLER R. Wind-driven effects on the Yellow Sea Warm Current[J]. *Journal of geophysical research*, 1998, 103(C13): 30713–30729.
 - [30] ZHANG G, ZHANG J, LIU S. Characterization of nutrients in the atmospheric wet and dry deposition observed at the two monitoring sites over Yellow Sea and East China Sea[J]. *Journal of atmospheric chemistry*, 2007, 57(1): 41–57.
 - [31] CHEN C A. Chemical and physical fronts in the Bohai, Yellow and East China seas[J]. *Journal of marine systems*, 2009, 78(3): 394–410.
 - [32] 张东生, 张君伦, 张长宽, 等. 潮流塑造—风暴破坏—潮流恢复——试释黄海海底辐射沙脊群形成演变的动力机制[J]. *中国科学(D辑: 地球科学)*, 1998, 28(5): 394–402.
 - [33] 赵月霞, 刘保华, 李西双, 等. 东海陆坡海底峡谷—扇体系沉积特征及物质搬运[J]. *古地理学报*, 2011, 13(1): 119–126.
 - [34] 杨文达. 东海海底沙脊的结构及沉积环境[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2002, 22(1): 9–16.
 - [35] 李萍, 李培英, 刘乐军, 等. 东海油气资源区海底沉积物的工程地质特征[J]. *海洋科学进展*, 2002, 20(4): 27–33.
 - [36] 农业农村部渔业渔政管理局, 全国水产技术推广总站, 中国水产学会. 2017 中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2017.
 - [37] 郭刚刚, 樊伟, 张胜茂, 等. 船位监控系统数据挖掘与应用研究进展[J]. *海洋渔业*, 2016, 38(2): 217–224.
 - [38] 张胜茂, 杨胜龙, 戴阳, 等. 北斗船位数据提取拖网捕捞努力量算法研究[J]. *水产学报*, 2014, 38(8): 1190–1199.
 - [39] 张胜茂, 崔雪森, 伍玉梅, 等. 基于北斗卫星船位数据分析象山拖网捕捞时空特征[J]. *农业工程学报*, 2015, 31(7): 151–156.
 - [40] ZHANG S M, JIN S F, ZHANG H, et al. Distribution of bottom trawling effort in the Yellow Sea and East China Sea[J/OL]. *PLoS One*, 2016–11–17[2019-02-05]. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0166640>.

(上接第 56 页)

会深入调查诸城市的耕作方式、地形地貌、气候条件等与诸城市土壤养分含量以及空间分布之间的关系, 在插值方法上继续做出改进, 研究对比克里金插值与反距离权重插值对于诸城市土壤养分插值效果异同, 可以将两种方法结合应用, 进一步分析诸城市土壤养分的时空异质性, 为诸城市提出经济可靠的施肥建议, 进而改善诸城市土壤状况。

4 结论

通过对诸城市土壤养分的研究, 得出以下结论:

(1) 诸城市土壤以酸性土为主。造成土壤酸化的原因可能是大量使用化学肥料所致^[14]。政府需要因地制宜, 种植花生、马铃薯、西瓜等喜欢酸性土壤的作物, 也可以采取适量措施如使用石灰中和土壤中的酸性, 不可盲目施肥, 导致大量化肥残留在土壤中积累。

(2) 诸城市土壤有机质含量处于中等偏低水平, 政府需要加以重视并采取适当措施增加土壤中有机质含量。

(3) 诸城市土壤碱解氮含量处于丰富水平。

(4) 诸城市土壤有效磷含量极为丰富。

(5) 诸城市土壤速效钾含量处于丰富水平。

参考文献

- [1] 王康振, 胡明, 范逸飞, 等. 大荔县农业土壤养分丰缺评价与分析[J]. *中国农学通报*, 2018, 34(29): 64–68.
- [2] 高玉蓉, 许红, 周斌. 稻田土壤养分空间变异性研究[J]. *土壤通报*, 2005, 36(6): 822–825.

- [3] 张艳玲, 尹启生, 李进平, 等. 环神农架地区植烟土壤养分分析与丰缺状况评价[J]. *烟草科技*, 2010(1): 60–64.
- [4] 高琳, 陈晓远, 林昌华, 等. 基于 ArcGIS 韶关市香芋土壤养分空间变异特征研究[J]. *西南农业学报*, 2018, 31(5): 1025–1031.
- [5] 刘建玲, 李仁岗, 廖文华, 等. 河北粮田和菜地土壤大、中、微量元素肥力研究[J]. *土壤学报*, 2009, 46(4): 652–661.
- [6] 王永豪, 王昌全, 李启权, 等. 川北烟区土壤有效磷空间变异特征及主控因素[J]. *核农学报*, 2016, 30(12): 2425–2433.
- [7] 郭旭东, 傅伯杰, 马克明, 等. 基于 GIS 和地统计学的土壤养分空间变异特征研究: 以河北省遵化市为例[J]. *应用生态学报*, 2000, 11(4): 557–563.
- [8] 魏翔, 张薇, 张德刚, 等. 云南省河口县植蕉土壤基本养分状况分析[J]. *北方园艺*, 2010(24): 174–176.
- [9] 秦仕亿, 喻阳华, 邢容容, 等. 黔西北地区优势树种根区土壤养分特征[J]. *森林与环境学报*, 2019, 39(2): 135–142.
- [10] 刘淑云, 王丽丽, 张晓艳. 山东诸城不同类型土壤养分变化趋势及其与小麦产量关系的模拟研究[J]. *山东农业科学*, 2014, 46(5): 77–81.
- [11] 王秀, 苗孝可, 孟志军, 等. 插值方法对 GIS 土壤养分插值结果的影响[J]. *土壤通报*, 2005, 36(6): 826–830.
- [12] 李晓晖, 袁峰, 贾蔡, 等. 基于反距离加权法和克里格插值的 S-A 多重分形滤波对比研究[J]. *测绘科学*, 2012, 37(3): 87–89, 46.
- [13] 陆欣, 谢英荷. 土壤肥科学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2002: 350.
- [14] 曹舰艇, 杨红, 彭艳, 等. 藏东南不同种植年限蔬菜大棚土壤 PH 及养分的变化特征[J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2019, 47(8): 1–9.
- [15] 张超, 刘国彬, 薛蕙, 等. 黄土丘陵区撂荒农耕地土壤有效态微量元素演变特征[J]. *中国农业科学*, 2013, 46(18): 3809–3817.
- [16] 罗新宁, 朱友娟, 张宏勇, 等. 塔里木绿洲种植制度对棉田土壤养分性状的影响[J]. *干旱地区农业研究*, 2012, 30(3): 114–118.
- [17] 高琳. 广东乐昌市香芋产区土壤养分特征与香芋品质的相关性[J]. *贵州农业科学*, 2014, 42(8): 179–181.
- [18] 刘沛松, 王健胜, 楚纯洁, 等. 豫西低山丘陵区不同土地利用方式对陡坡地土壤理化性状的影响[J]. *干旱地区农业研究*, 2014, 32(1): 208–212.