

河北省曲周县第四疃镇土壤养分状况及空间分布特征

张苏芮^{1,2}, 李一鸣^{1,2}

(1. 中国农业大学资源与环境学院, 北京 100193; 2. 中国农业大学曲周实验站, 河北邯郸 057250)

摘要 以河北省曲周县第四疃镇为研究区, 采用网格化取样的方法, 在四疃镇共采集 506 份土壤, 利用 SPSS 相关分析和 Arcgis 空间插值的研究方法, 研究土壤速效钾、有效磷、全氮、pH 和有机质含量状况和空间分布特征。结果表明, 研究区土壤偏碱性, 土壤肥力中等偏上, 速效钾、全氮、有效磷含量丰富, 其中全氮含量均达到极高水平, 有机质属于中等水平。养分空间分布呈现西部含量最高、东南部碱性最强的特征。

关键词 GIS; 空间插值; 养分分布

中图分类号 S 153.6 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)14-0053-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.14.015



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Soil Nutrient Status and Spatial Distribution Characteristics in Situan Town of Quzhou County in Hebei Province

ZHANG Su-ru^{1,2}, LI Yi-ming^{1,2} (1. College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193; 2. Quzhou Experimental Station, China Agricultural University, Handan, Hebei 057250)

Abstract Taking Situan Town in Quzhou County, Hebei Province as the study area, using grid sampling method, a total of 506 soil samples were collected in Situan Town, using SPSS and Arcgis spatial interpolation research methods, soil available potassium, effective phosphorus, total nitrogen, pH and organic matter content and spatial distribution characteristics were studied. The results showed that soil in the study area was alkaline, soil fertility was moderate, available potassium, total nitrogen and available phosphorus content was abundant, among which the whole nitrogen content reached the extremely high level, and the organic matter belonged to the medium level. The nutrient spatial distribution shows the highest content in the west and the most alkaline in the southeast.

Key words GIS; Spatial interpolation; Nutrition distribution

土壤是一个连续的自然体,也是动植物生长生存、工业生产等重要的基础。土壤养分状况是土壤肥力的重要指标,也是科学施肥的依据^[1]。土壤的成因不止受到气候、母质、生物、地形、时间等自然因素影响,同时还受耕作制度、施肥、种植工具等人为因素的影响。这就使得土壤具有高度的空间异质性,不管是在大尺度上还是小尺度上均存在^[2]差异,这成为研究土壤养分的一个限制因子。因此研究一个地区的土壤养分含量状况和空间分布特征对于区域指导施肥、精准管理非常重要。同时,准确把握土壤中养分的空间分布规律是土壤资源管理科学决策的基础^[3]。目前,对一个地区、县域的大尺度土壤养分空间分布研究众多,但针对一个镇域尺度的研究相对较少。海云瑞等^[4]采用地统计学的方法对宁夏南部山区耕地土壤养分空间分布进行研究;胡明等^[1]以潼关县为研究对象,采用地统计学的方法,土壤中有有机质、pH、碱解氮、有效磷和速效钾的含量特征及其空间分布状况进行评价,并对其空间分布特征进行分析,为当地合理施肥、提高粮食产量提供依据。

笔者以河北省曲周县第四疃镇为研究对象,以空间统计学为基础研究方法,采用网格化取样,分析土壤中的速效钾、全氮、有效磷、有机质和 pH 的含量特征及空间分布,以期为指导该地区施肥、提高当地水肥利用效率及农产品质量提供依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况 第四疃镇位于河北省曲周县东北部,距离县城 11 km,全镇总面积 73.25 km²。地势平坦,土壤以壤

质土为主。属温带半湿润大陆性季风气候,年平均气温 13.4 ℃,年平均降水量 791.7 mm,年日照时数 2 400~2 600 h,日照率为 55%~57%,年太阳辐射量 506 kJ/cm²,无霜期 229 d。粮食作物主要以小麦、玉米为主,主要经济作物主要以棉花、蔬菜、林果为主。多数种植模式为一年两熟制,其中以小麦—玉米轮作为主。

1.2 试验方法 取样前,利用 Arcgis 10.2 中的渔网法以 400 m 为单位预先布设采样点 613 个,后根据 GPS 在相应位置找到采样点,并记录经纬度。去除建筑物、河流等无法获得的点,最终在全镇 41 个村共选取 506 个采样点(图 1)。采样时间为 2019 年 4 月中旬。每个样点土层垂直深度 0~20 cm,每个样点将多次取土样品充分混合,用“四分法”留 1 kg 左右土作为化验样品。

1.3 项目测定及方法 pH 采用蒸馏水浸提(土液比 1:2.5) - 电极电位法测定;有效磷含量采用 0.5 mol/L 碳酸氢钠浸提 - 钼锑抗比色法测定;速效钾含量采用 1 mol/L 中性乙酸铵浸提 - 火焰光度计法测定;全氮含量采用半微量开氏法测定;有机质含量采用重铬酸钾 - 外加热法测定^[5]。

土壤养分分级指标参照全国第 2 次土壤普查时建立的土壤养分丰缺状况平均指标体系^[6](表 1)。

1.4 数据处理 试验数据采用 Excel 2007、SPSS 19.0 进行处理分析,利用 Arcgis 10.2 地统计分析模块中的空间插值法绘制土壤养分空间分布图。

2 结果与分析

2.1 土壤养分分布特征 由表 2~3 可看出,研究区土壤速效钾含量为 7.5~75.9 mg/kg,平均值为 22.42 mg/kg,变异系数为 0.41,属于中等变异,速效钾主要集中在 1~4 级,其中 I 级分布最多(占 55.2%),IV 级分布最少(占 3.5%),II 级和 III 级

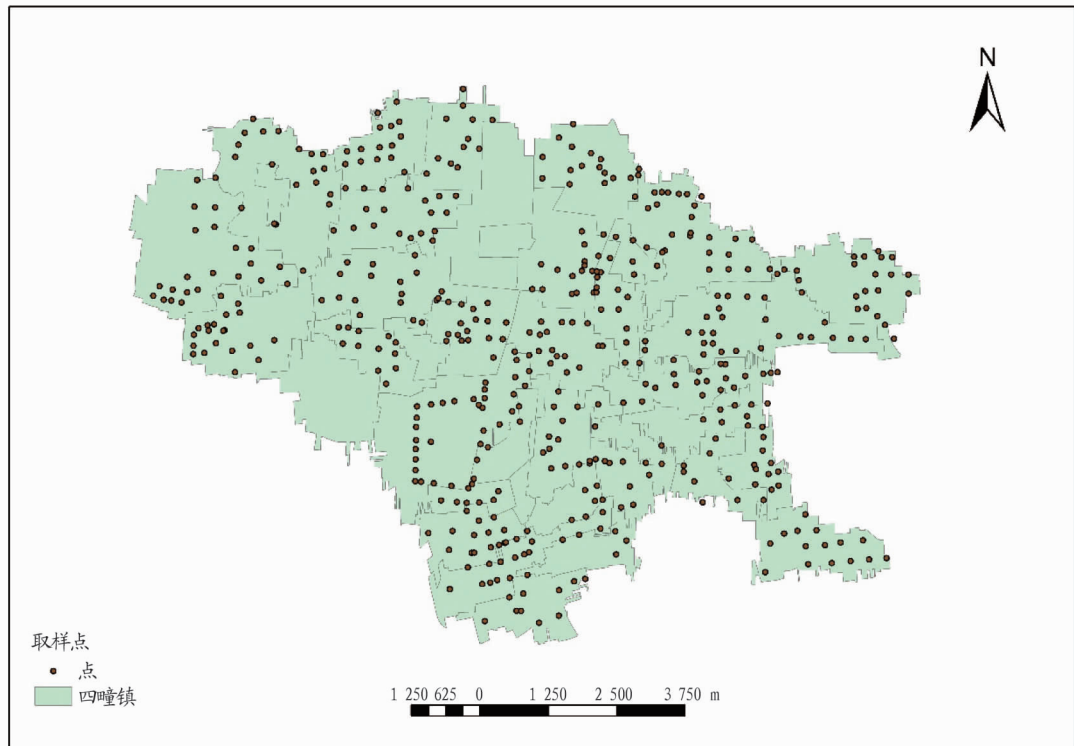


图1 采样点分布

Fig.1 Distribution of sampling points

表1 土壤养分含量分级标准

Table 1 Soil nutrient content grading status

级别 Grade	pH pH value	有机质 Organic matter g/kg	全氮 TN g/kg	有效磷 Available P mg/kg	速效钾 Available K mg/kg	丰缺状况 Abundance or deficiency
I	≤4.5	≥40	≥2.00	≥40	≥200	极高
II	4.6~5.5	30~<40	1.5~<2.00	20~<40	150~<200	高
III	5.6~6.5	20~<30	1.00~<1.50	10~<20	100~<150	中等
IV	6.6~7.5	10~<20	0.75~<1.00	5~<10	50~<100	低
V	7.6~8.5	6~<10	0.50~<0.75	3~<5	30~<50	较低
VI	8.6~9.3	<6	<0.50	<3	<30	极低

分布相当,分别占24%和17.3%;土壤全氮含量为2.33~10.80 g/kg,平均值为6.01 g/kg,变异系数为0.21,属于中等变异,研究区整体全氮含量偏高,都集中在I级;土壤pH为7.75~8.71,pH平均为8.21,表明土壤呈碱性,变异系数为0.02,属于弱变异,pH只分布在V和VI级,其中V级最多(99.1%),VI级所占比例仅有0.9%;土壤有机质含量为6.00~198.71 g/kg,平均值为17.38,变异系数为0.51,属于中等变

异,有机质主要为III~IV级,约占95.3%;有效磷含量为0.92~157.19 mg/kg,平均值为23.26 mg/kg,变异系数为0.61,属于中等变异,有效磷含量在各分级水平的分布相对较均匀,其中VI级分布最少(0.4%),II级分布最多(42.7%)。总体上,四疃镇土壤肥力中等偏上,速效钾、全氮、有效磷含量丰富;有机质含量偏低,属于中等偏下水平;土壤偏碱性。

表2 土壤养分分布特征

Table 2 Soil nutrient distribution characteristics

养分类型 Nutrient	速效钾 Available K//mg/kg	全氮 TN g/kg	pH	有机质 Organic matter//g/kg	有效磷 Available P//mg/kg
最小值 Minimum	7.50	2.33	7.75	6.00	0.92
最大值 Maximum	75.90	10.80	8.71	198.71	157.19
平均值 Mean	22.42	6.01	8.21	17.38	23.26
标准偏差 Standard deviation	9.26	1.28	0.18	8.78	14.26
变异系数 Variation coefficient	0.41	0.21	0.02	0.51	0.61
峰度 Kurtosis	4.83	2.18	8.24	338.23	18.76
偏度 Deflection	1.57	-0.14	-0.05	16.42	1.81

表 3 土壤养分分级频率

Table 3 Soil nutrient grading frequency %

分级 Grading	速效钾 Available K	全氮 TN	pH	有机质 Organic matter	有效磷 Available P
I	55.2	100	0	0.2	9.0
II	24.0	0	0	0.4	42.7
III	17.3	0	0	19.5	36.7
IV	3.5	0	0	75.8	9.3
V	0	0	99.1	4.1	1.9
VI	0	0	0.9	0	0.4

2.2 土壤养分的相关性分析 对土壤速效钾、全氮、pH、有机质和有效磷 5 种养分含量进行 Pearson 积距相关系数双侧检验分析。表 4 表明,除有机质与 pH、有效磷含量之间无显著相关关系外,其余各含量之间均存在显著相关,其中除速效钾和有机质含量在 0.05 水平显著相关外,其余土壤养分含量之间都在 0.01 水平显著相关。pH 与其余 4 种养分含量呈负相关,表明随着土壤碱性的增强,速效钾、全氮、有机质、有效磷含量在土壤中的有效性减弱^[7]。

2.3 不同土地利用类型土壤养分状况 对全镇土地利用方式进行分析,最终将研究区采样点分为空白地、棉花地、粮田、

表 4 不同养分之间的相关性分析

Table 4 Correlation analysis of different nutrients

养分类型 Nutrient	速效钾 Available K	全氮 TN	pH	有机质 Organic matter	有效磷 Available P
速效钾	1				
全氮	0.449**	1			
pH	-0.185**	-0.295**	1		
有机质	0.086*	0.148**	-0.040	1	
有效磷	0.432**	0.373**	-0.137**	0.032	1

注: * 在 0.05 水平(双侧)显著相关; ** 在 0.01 水平(双侧)显著相关

Note: * indicates significant correlation at 0.05 level(bilateral); ** indicates significant correlation at 0.01 level(bilateral)

蔬菜地和果园 5 类进行分析,结果见表 5。不同土地利用方式土壤中的养分含量存在一定差异。有机质、有效磷含量均存在蔬菜地>果园>粮田>棉花地>空白地,其中有机质含量表现最为突出,蔬菜地的有机质含量是空白地的 2.5 倍;速效钾含量表现为果园>蔬菜地>粮田>棉花地>空白地;全氮含量表现为粮田>果园>蔬菜地>棉花地>空白地;pH 表现为空白地>棉花地>蔬菜地>果园>粮田,表明随着土壤 pH 的降低,土壤养分含量增加。

表 5 不同土地利用类型土壤养分含量特征

Table 5 Soil nutrient content in different land use types

农田利用类型 Land use type	指标 Indicator	速效钾 Available K mg/kg	全氮 TN g/kg	pH	有机质 Organic matter g/kg	有效磷 Available P mg/kg
空白地 Blank	最小值	9.20	2.75	7.99	7.99	1.78
	最大值	62.90	10.80	8.51	8.51	64.84
	平均值	18.22	5.21	8.34	8.30	18.70
	标准偏差	12.21	1.53	0.16	0.16	17.78
	变异系数	0.55	0.29	0.02	0.02	0.72
棉花地 Cotton field	最小值	9.50	2.60	7.81	9.26	3.22
	最大值	59.90	8.19	8.68	25.60	45.88
	平均值	22.04	5.31	8.30	16.33	24.35
	标准偏差	10.11	1.24	0.20	3.48	11.06
	变异系数	0.46	0.24	0.67	0.21	0.59
粮田 Grain field	最小值	7.70	3.19	7.75	6.00	0.92
	最大值	75.90	10.00	8.71	198.71	117.55
	平均值	22.55	6.24	8.20	17.80	25.24
	标准偏差	8.96	1.09	0.17	9.86	12.56
	变异系数	0.40	0.17	0.02	0.55	0.55
蔬菜地 Vegetable land	最小值	7.50	3.70	7.87	9.01	10.69
	最大值	48.70	10.50	8.49	29.20	157.19
	平均值	22.95	5.54	8.23	20.87	34.04
	标准偏差	9.34	1.36	0.19	4.57	28.40
	变异系数	0.45	0.25	0.02	0.29	0.83
果园 Orchard	最小值	8.60	2.33	7.94	7.44	7.67
	最大值	52.80	10.66	8.53	26.44	77.62
	平均值	23.28	5.82	8.22	18.60	25.86
	标准偏差	8.60	1.53	0.15	4.41	16.41
	变异系数	0.37	0.26	0.02	0.27	0.63

2.4 土壤养分的空间分布格局 Arcgis 中的空间插值是指通过已知的数据点或已知的已划为各个相对较小区域内数

据点,计算出相关的其他未知点或相关区域内的所有点的方法^[8-9]。采用反距离权重法对镇域尺度内的养分含量进行空

间插值^[6]。得出四瞳镇土壤养分空间分布图(图2,3)。根据观察所得(图2),研究区内pH整体差异不大,数值很接近,但也有一定的空间异质性,其空间分布表现为北部及中部地区小于西部和东南部地区,表明后者土壤碱性大于前者。分析其原因,第一是由于四瞳镇西部和东南部地区人口比其他地区密集,所以人为活动的影响是导致差异的重要原因;第二可能与农户施肥习惯有关,施肥量越高的地区土壤酸性越强。西部和东南部地区农户主要种植果树和蔬菜,因此施肥量会偏高,导致土壤酸性增强。

图3表明,四瞳镇土壤中速效磷含量与有机质含量分布相对均匀,整体差异很小,尤其是土壤有机质含量,只有少部分地区出现含量偏高,一般都保持在15~20 g/kg,说明土壤有机质相对比较稳定,不会出现迁移;速效钾含量与全氮含

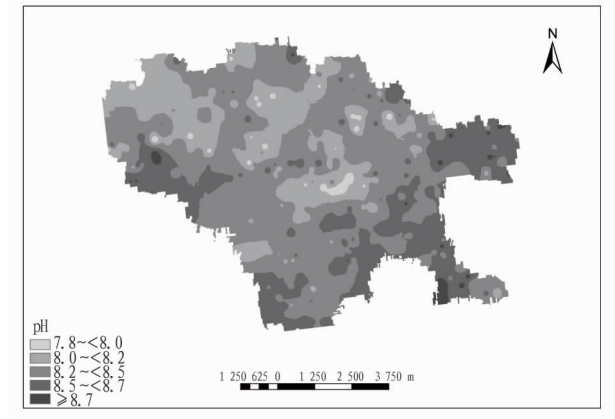


图2 四瞳镇土壤 pH 的空间分布

Fig.2 Spatial distribution of soil pH in Situan Town

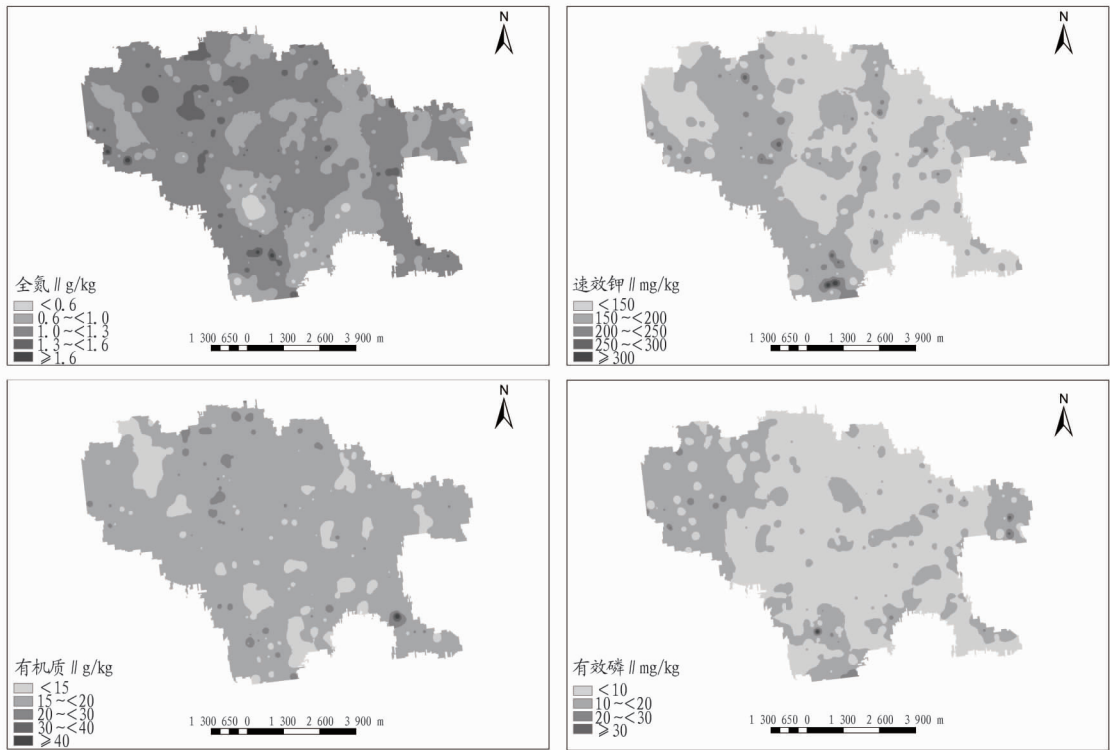


图3 四瞳镇土壤养分的空间分布

Fig.3 Spatial distribution of soil nutrients in Situan Town

量分布规律极其相似,均表现为西部和北部地区含量高,中部有个别高浓度点,说明速效钾与全氮含量呈现正相关关系。总体上,四瞳镇土壤养分含量西部最高,东南部土壤碱性最强。

3 讨论与结论

调查结果表明,研究区土壤偏碱性,土壤肥力中等偏上,速效钾、全氮、有效磷含量丰富,其中全氮含量均达到极高水平,超过半数的土壤速效钾和有效磷含量属于I~II级;有机质含量偏低,属于中等偏下水平。分析结果显示,除pH属于弱变异外,其他各养分含量均属于中等变异水平,这表明研究区土壤养分含量分布不均,要想获得推荐施肥量,需深入研究养分数据后开展。除有机质与pH、有效磷含量之间不存在显著相关关系外,其余各含量之间均存在显著相关。随着

土壤碱性的增强,速效钾、全氮、有机质、有效磷含量在土壤中的有效性减弱。从空间分布来看,四瞳镇土壤养分含量西部最高,东南部土壤碱性最强。其原因可能与土地利用方式有关,西部主要种植蔬菜和果树,因此养分含量偏高。

不同土地利用方式土壤中养分含量差异较大,有机质、有效磷含量均存在蔬菜地>果园>粮田>棉花地>空白地,其中有机质含量表现最为突出,蔬菜地的有机质含量是空白地的2.5倍。从整体上看,蔬菜地、果园土壤养分含量较高。施肥是造成这种差异的重要原因,果农和菜农存在一种不正确的观念即“施肥越多,产量越高”^[10],再加上蔬菜和水果给农民带来的经济价值高于棉花和粮食,因此果农和菜农们为了追求更高的经济利益,过量施肥,远远超过作物所需,造成水

(下转第61页)

设用地;其他4种地类的面积变化幅度均较小,且总体均呈下降趋势。

(2)土地利用变化对甘州区生态系统服务价值影响较大,研究期内甘州区生态系统服务价值减少量高达1.16亿元。耕地和水域在甘州区生态服务系统中具有非常重要的地位,耕地在研究期内的生态系统服务价值均占总价值的40%以上,是生态系统服务价值的主体;其次是水域,水域在研究期内的生态系统服务价值均占总价值的28%以上,由水域面积减少导致的生态系统服务价值的流失最大。各地类价值主要流向建设用地。

(3)2010—2016年,甘州区土地单项生态系统服务价值仅食物生产功能和土壤保持功能的价值升高,其他功能的服务价值均有不同程度降低。其中降低最明显的是水文调节功能,说明土地利用变化会对甘州区生态系统水文调节功能产生很大影响。

(4)水域和建设用地与生态系统服务价值的关联度最大,园地、草地和林地面积虽然较小,由于生态系统服务价值系数均较高,因此与生态系统服务价值的关联度较大;耕地与生态系统服务价值的关联度最小。

3.2 建议

(1)甘州区耕地和水域的生态系统服务价值较高,因此甘州区实现健康可持续发展一定要抓住这两大基石。结合区内的森林、湿地,利用甘州区内的河流和交通要道打造出具有生态和休闲服务功能的绿色网络。协调好工矿、市政等建设用地,坚守不占或少占耕地的原则,确保达到耕地保有量指标。要优化建设用地结构,集中建设,严禁盲目扩张,同时加快旧城改造的步伐,推进城市集约化用地。

(2)相关单位要高度重视甘州区的生态建设,不断加大生态治理的力度,综合整治山、水、林、田,加快水土流失治理和损毁土地的复垦。合理安排土地开发利用,优化合理布局,严禁占用耕地和水域。

(3)协调好土地利用和生态环境保护的关系,要重视对区内森林和河流的保护。在进行土地开发时,要在保护生态环境的前提下统筹安排。对于在土地开发过程中已遭到破坏的土地或其他资源,要及时停止破坏,并尽快采取措施加以整治。

(4)当地政府部门要加强对土地资源的管制,既要从制

度上严格要求,也要加强制度的落实,严格把控各地类的转化。要从土地利用的源头着手,结合当地实际,因地制宜地制定土地利用管理制度。同时要充分发挥土地管理部门的作用,通过统一管理体制、加大行政管理等手段控制土地利用。

参考文献

- [1] COSTANZA R, D'ARCE R, DE GROOT R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. *Nature*, 1997, 387: 253-260.
- [2] 谢高地, 鲁春霞, 肖玉, 等. 青藏高原高寒草地生态系统服务价值评估 [J]. *山地学报*, 2003, 21(1): 50-55.
- [3] 杨璐, 胡振琪, 李新举, 等. 邹城市矿粮复合区土地利用变化及生态系统服务价值分析 [J]. *农业工程学报*, 2007, 23(12): 70-75.
- [4] 李胜男, 张建军, 陈静, 等. 农田生态系统服务及其价值量化研究进展 [J]. *河北农业科学*, 2016, 20(3): 87-94.
- [5] 杨俊, 单灵芝, 席建超, 等. 南四湖湿地土地利用格局演变与生态效应 [J]. *资源科学*, 2014, 36(4): 856-864.
- [6] 马世五, 谢德体, 张孝成, 等. 西南山区生态敏感区生态服务价值对土地利用变化的响应: 以重庆市万州区为例 [J]. *西南师范大学学报(自然科学版)*, 2015, 40(11): 80-87.
- [7] 周红艺, 何惠仪, 李辉霞. 佛山市土地利用变化对生态系统服务价值的影响 [J]. *湖北农业科学*, 2014, 53(22): 5602-5607.
- [8] 张仕超, 魏朝富, 邵景安, 等. 丘陵区土地流转与整治联动下的资源整合及价值变化 [J]. *农业工程学报*, 2014, 30(12): 1-17.
- [9] 董美娜, 杨琳, 栗练灵, 等. 基于土地利用变化的生态系统服务价值及敏感性研究: 以大庆市为例 [J]. *安全与环境学报*, 2014, 14(4): 330-333.
- [10] 江凌, 肖燧, 饶晓明, 等. 内蒙古土地利用变化对生态系统防风固沙功能的影响 [J]. *生态学报*, 2016, 36(12): 3734-3747.
- [11] 吴健生, 曹祺文, 石淑芹, 等. 基于土地利用变化的京津冀生境质量时空演变 [J]. *应用生态学报*, 2015, 26(11): 3457-3466.
- [12] 刘欣, 赵艳霞, 武爱彬, 等. 河北省浅山丘陵区土地利用变化及人文驱动分析 [J]. *农业现代化研究*, 2015, 36(1): 126-131.
- [13] 张小虎, 孙茜, 张合兵, 等. 典型石油城市土地利用变化及其生态环境效应: 以大庆市为例 [J]. *农业现代化研究*, 2012, 33(4): 465-469.
- [14] 李明, 吕芳, 吴怡璇. 城市边缘区土地利用变化对生态系统服务价值的影响研究: 以大连市甘井子区为例 [J]. *中国农业资源与区划*, 2015, 36(5): 36-42.
- [15] 刘祗坤, 吴全, 苏根成. 土地利用类型变化与生态系统服务价值分析: 以赤峰市农牧交错带为例 [J]. *中国农业资源与区划*, 2015, 36(3): 56-61.
- [16] 姚爱冬, 曹晓阳, 冯益明. 甘肃省民勤县土地利用/土地覆盖变化遥感分析 [J]. *东北林业大学学报*, 2014, 42(5): 92-96.
- [17] 张丽萍, 刘学录, 马晓婧. 基于协调度模型的甘肃省开发区土地集约利用评价研究 [J]. *浙江农业学报*, 2012, 24(5): 891-897.
- [18] 申元村, 王秀红, 岳耀杰. 土地类型的生态适宜性与合理生态系统结构研究: 以甘肃省正宁县为例 [J]. *地理科学进展*, 2012, 31(5): 561-569.
- [19] 陈丽红, 石培基, 郝方方. 土地集约利用的空间差异及其驱动因素分析: 以甘肃省兰州市为例 [J]. *统计与决策*, 2009(4): 82-84.
- [20] 谢高地, 甄霖, 鲁春霞, 等. 一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法 [J]. *自然资源学报*, 2008, 23(5): 911-919.
- [21] 张文君. 江西工业园区土地集约利用: 基于灰色关联度分析 [J]. *南昌工程学院学报*, 2012, 31(3): 32-35.
- [22] 海云瑞, 杨淑婷, 马青. 宁夏南部山区耕地土壤养分空间分布状况研究 [J]. *宁夏农林科技*, 2018, 59(12): 52-53, 59.
- [23] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [24] 史利江, 郑丽波, 柳玉龙. 农田土壤养分空间变异特征研究 [J]. *河南农业大学学报*, 2008, 42(1): 51-56, 70.
- [25] 吴琼, 邹国元, 史振鹏, 等. 北京东南郊农田土壤养分状况及空间分布特征 [J]. *北方园艺*, 2015(23): 173-178.
- [26] 李翠平, 李仲学, 胡乃联. 面向地矿工程地质体的三种空间插值方法之对比分析 [J]. *中国矿业*, 2003, 12(10): 57-59.
- [27] 周龙龙, 李艳红. Kriging 插值技术在渗流荷载计算中的应用 [J]. *中国农村水利水电*, 2011(4): 132-134.
- [28] 王珂, 许红卫, 史舟, 等. 土壤钾素空间变异性和空间插值方法的比较研究 [J]. *植物营养与肥料学报*, 2000, 6(3): 318-322, 344.

(上接第56页)

肥利用率低和环境破坏。因此,今后对果农和菜农的施肥技术指导 and 推广非常有必要,提高蔬菜和水果的水肥利用率,减轻环境污染,减少资源浪费。

参考文献

- [1] 胡明, 韩晨, 杨秀英, 等. 潼关县土壤养分含量及分布特征 [J]. *河南农业科学*, 2016, 45(1): 61-64, 70.
- [2] HUGGETT R J. Soil chronosequences, soil development, and soil evolution: A critical review [J]. *Catena*, 1998, 32(3): 155-172.
- [3] 李启权, 王昌全, 岳天祥, 等. 基于 RBF 神经网络的土壤有机质空间变异研究方法 [J]. *农业工程学报*, 2010, 26(1): 87-93.