

社会经济因素对涪江流域土壤氮素的影响

朱林富^{1,2}, 李婷², 张世熔², 杨华¹, 吴建峰¹

(1. 重庆师范大学 地理科学学院 GIS 应用研究重庆市高校重点实验室, 重庆 401331;

2. 四川农业大学 资源环境学院 四川省土壤环境保护重点实验室, 四川 成都 611130)

摘要: [目的] 了解四川省射洪县土壤氮素的空间分布特征及社会经济因素对其的影响。[方法] 以随机采样的土壤样点数据为基础, 并结合社会经济数据, 运用 ArcGIS 9.3 的地统计学、空间分析等方法进行分析研究。[结果] (1) 该县土壤全氮含量 1.08 ± 0.29 g/kg, 碱解氮含量 100.24 ± 34.80 mg/kg; 全氮高值区 (>1.4 g/kg) 位于严家沟和向家营附近, 在碾槽坝等地形成两个低值区 (<0.9 g/kg); 碱解氮高值区 (>140 mg/kg) 主要在万柏山和鲜家坪, 低值区 (<80 mg/kg) 主要位于碾槽坝等地带; (2) 随着距离的增加, 城镇周围全氮先增加后减少, 碱解氮逐渐减少; 道路周围全氮没有变化, 而碱解氮逐渐降低; 宅基地周围全氮没有变化, 而碱解氮逐渐增加; (3) 不同类型、不同地貌区的城镇、道路和宅基地, 对土壤氮含量的影响存在很大的区域差异; (4) 不同的氮肥、磷肥和有机肥施用量对土壤氮含量影响不同, 其中氮肥对碱解氮影响明显。[结论] 社会经济因素对土壤氮素的影响具有明显的区域差异性。

关键词: 全氮; 碱解氮; 地统计学; 缓冲区; 施肥

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2015)02-0037-05

中图分类号: S153.61

Impact of Socio-economic Factors on Soil Nitrogen in Fujiang River Basin

ZHU Linfu^{1,2}, LI Ting², ZHANG Shirong², YANG Hua¹, WU Jianfeng¹

(1. College of Geography Science, Key Laboratory of GIS Application, Chongqing Normal University,

Chongqing 401331, China; 2. College of Resources and Environment, Sichuan Agricultural University,

Key Laboratory of Soil Environment Protection of Sichuan Province, Chengdu, Sichuan 611130, China)

Abstract: [Objective] The spatial distribution patterns and socio-economic factors on soil nitrogen were studied in Shehong County of Sichuan Province. [Methods] Based on the random sampled soil nitrogen data, and social and economic data, geostatistics and spatial analysis of ArcGIS 9.3 were used. [Results] (1) the contents of soil total nitrogen(TN) and alkali hydrolyzable nitrogen(AHN) were 1.08 ± 0.29 g/kg and 100.24 ± 34.80 mg/kg respectively. The regions with highest value (>1.4 g/kg) of TN contents were mainly distributed in Yanjiagou and Xiangjiaying, the regions with lowest value (<0.9 g/kg) located in Niancaoba; The regions with highest value (>140 mg/kg) of AHN contents were mainly distributed in Wanbaishan and Xianjiaping, the regions with lowest value (<80 mg/kg) were mainly located in Niancaoba. (2) The TN contents increased firstly then decreased with the increase of distances around the towns, while the AHN contents reduced gradually; The TN contents were unchanged, while the AHN contents reduced gradually near roads; The TN contents were not changed, while the AHN contents were increased gradually in near by homesteads; (3) The contents of soil nitrogen were influenced greatly by the regional location around towns, roads and homesteads; (4) There were some differences of the contents of soil nitrogen for different nitrogenous fertilizer, phosphatic fertilizer and organic manure fertilizer, but the AHN contents were tightly tied to nitrogenous fertilizer. [Conclusion] To sum up, the impact of soil nitrogen of socio-economic factors had obvious regional difference.

Keywords: total nitrogen; alkali hydrolyzable nitrogen; geostatistics; buffer area; fertilization

收稿日期: 2014-03-01

修回日期: 2014-04-02

资助项目: 国家科技支撑计划项目“西南地区种养业废弃物循环利用技术集成与示范”(2012BAD14B18), “四川新农村建设技术集成与示范”(NC2010RE0057); 国家自然科学基金项目(40771135)

第一作者: 朱林富(1985—), 男(汉族), 四川省犍为县人, 硕士研究生, 研究方向为资源环境遥感与 GIS 应用。E-mail: 156340810@qq.com。

通信作者: 杨华(1963—), 男(土家族), 重庆市石柱县人, 硕士, 副教授, 主要从事岩土工程、资源遥感与 GIS 应用研究。E-mail: csyanghua@263.net。

土壤是地球生态系统的基础,是支撑植物生长的基底,是非常重要的—种自然资源。它与水、气和植物相互作用,是连接无机界和有机界的枢纽。它不仅为人类农业生产和经济活动提供物质基础,也可以净化、降解、消纳各种污染物。但是,近年来,人类的不合理利用已经改变了生物地球化学循环,加快了土壤化学性质和组成成分变化的速度,许多地区土地退化已相当严重,严重威胁到人类赖以生存的土地资源^[1]。

土壤养分是植物生长所必需的营养元素,它被植物直接或者转化后吸收。氮元素是植物生长发育必需的养分之一,是农业生产的重要限制因素^[2-4]。它是温室气体的主要来源之一,同时也容易污染水体^[5-6]。目前,全球环境变化问题的研究已成热点,而土壤氮素及其影响因素便是其中之一^[7]。迄今为止,有关土壤氮素的研究多采用常规试验统计方法,研究^[4,7-14]表明,土壤有机质、成土母质、地形、土地利用方式、耕作施肥等因素均在不同程度上影响着土壤氮素变化,且在不同区域各因素的影响呈现着明显的差异。但对社会经济因素的研究还比较少,尤其是大尺度下对社会经济因素运用缓冲区分析和 GIS 统计分析等方法的研究还鲜见报道^[15]。

涪江流域地处四川盆地中部,土壤肥沃、灌溉便利、农业开发历史悠久,是我国主要的农业生产基地之一^[16]。随着西部大开发的进行,流域经济发展迅速,但土地退化明显,严重也影响着流域生态环境。本研究以射洪县为例,运用 GIS 地统计学和空间统计分析等方法,分析县域尺度条件下土壤氮素的空间分布特征,并进一步探究其与城镇、道路、宅基地和施肥 4 个影响因素之间的关系,以期对涪江流域社会经济发展、农业生产管理和生态环境保护提供—定的理论参考依据。

1 研究区概况

射洪县位于四川盆地中部,涪江中游,成渝经济区腹心,地理坐标为北纬 $30^{\circ}40'$ — $31^{\circ}10'$,东经 $105^{\circ}10'$ — $105^{\circ}39'$,海拔最高 674.4 m,最低 299 m。县境西北高,东南低,以丘陵地貌为主,丘陵地区占 89.1%,涪江、梓江河谷地貌占 10.9%,幅员面积

1 495.97 km²。2013 年射洪县建成区面积 32 km²,城区常住人口 31.42 万,已达到中等城市规模。射洪农业基础稳定,工业基础坚实,金华、太和、柳树、太乙、仁和等全国、全省重点小城镇已具相当规模。射洪县交通便捷,以公路运输为主。省道绵渝射洪段(S205)已建成—级公路,县城区至 30 多个乡镇的公路已经建成了柏油路或水泥路;射洪至大英、蓬溪、西充等主要出县通道均已经实现等级化,建成的乡村油路及水泥路已达 650 km,100%的乡镇和 92%的村通了公路,县乡公路基本实现沥青路面。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源与处理

研究区城镇、道路、宅基地、施肥等数据主要来源于相关部门提供的图件和资料。土壤样点数据是根据区域情况,并考虑样点的代表性和统计学的抽样要求,再结合土壤类型、城镇、道路、宅基地等资料进行随机采样获取。采样时利用 GPS 进行定位,共采集耕作层(0—20 cm)土壤样本 3 947 个。土壤样点的利用方式包括水田、旱地、林地。

2.2 研究方法

土壤全氮(TN)含量分析采用半微量开氏法;土壤碱解氮(AHN)含量分析采用碱解扩散法^[17]。

运用 ArcGIS 9.3 进行半方差函数和普通克里格插值分析。通过生成空间实体的缓冲区,与相应图层叠置,以此判断空间实体影响范围^[18]。以射洪县各要素为实体生成不同距离的缓冲区,分别与土壤全氮和碱解氮含量进行空间统计分析,获得不同缓冲距离内全氮和碱解氮平均含量数据。

运用 SPSS 和 Excel 软件对数据进行统计、回归分析,得出各因素周围的土壤氮素含量分布情况。

3 结果与分析

3.1 土壤氮素空间分布特征

3.1.1 常规统计分析 在 SPSS 中采用单一样本 K—S 检验结果表明两者均服从正态分布,土壤全氮含量 1.08 ± 0.29 g/kg,碱解氮含量 100.24 ± 34.80 mg/kg。从偏度可以看出,两者均呈右偏态分布;从峰度值可以看出其分布呈陡峭状态(表 1)。

表 1 土壤全氮和碱解氮含量统计特征

项目	样本数	分布类型	最小值	最大值	均值	标准差	偏度	峰度
全氮/(g·kg ⁻¹)	3 947	正态	0.13	2.55	1.08	0.29	0.78	1.35
碱解氮/(mg·kg ⁻¹)	3 947	正态	18.00	311.00	100.24	34.80	1.52	4.50

3.1.2 地统计学分析 常规统计分析说明了土壤的样点情况,但难以反映空间分布特征。本研究借助 ArcGIS 9.3 的地统计学方法分析不同间距的半方差,得到土壤氮含量的变异函数值,拟合效果较好的是球状模型^[19]。结果表明,全氮含量的变程为 11.542 km,碱解氮含量的变程为 9.335 km,两者相

差较大;全氮长轴方位角为 280.9°,约为东西方向,碱解氮长轴方位角为 307.9°,约为西北方向,异向性较明显;由块金值和基台值的比值可知,二者空间变异中随机变异所占比例分别为 81.8%和 79.7%,这表明土壤氮含量的随机因素影响多于结构因素(表 2)。

表 2 土壤全氮和碱解氮含量的地统计学参数

项目	模型	变程/ km	长轴 方位角/(°)	块金值 C_0	基台值 C_0+C	块金值/基台值 $C_0/(C_0+C)$	预测误差	
							平均误差	标准化平均误差
全氮	球状	11.542	280.9	0.072	0.088	0.818	-0.000	-0.001
碱解氮	球状	9.335	300.8	0.094	0.118	0.797	0.168	-0.002

在 ArcGIS 9.3 平台上以上述半方差模型为依据,采用普通克立格法插值分别获得土壤全氮和碱解氮含量的空间分布图(图 1)。由图 1 可以看出,土壤全氮和碱解氮含量总体上呈不规则的斑块状分布,总体上是从南部向北部逐渐减少。全氮高含量区(>1.4 g/kg)位于严家沟和向家营附近,占总面积的 2.16%,中等水平区(1.0~1.2 g/kg)占总面积的 68.3%,低含量

区(<0.9 g/kg)分布在碾槽坝东部、方家沟西北及猫儿沟西北等地,占总面积的 0.48%。碱解氮含量高含量区(>140 mg/kg)位于万柏山南部和鲜家坪,占总面积的 1.72%,中等水平区(90~110 mg/kg)占总面积的 41.3%,低含量区(<80 mg/kg)分布在碾槽坝东部、木兴场、桃树湾东北、檬子南部以及方家沟—牛角沟—双庙子附近,占总面积的 8.96%。

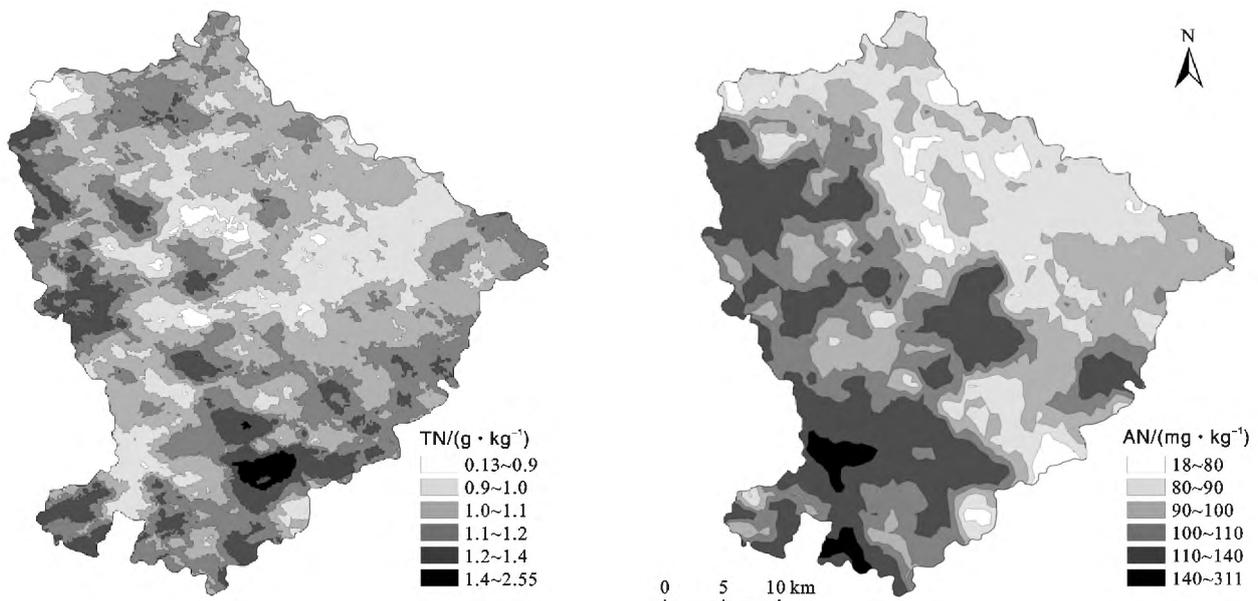


图 1 研究区土壤全氮(TN)和碱解氮(AN)含量空间分布

3.2 影响因素分析

土壤氮素的影响因素比较多,本研究主要从城镇、道路、宅基地和施肥等方面探讨土壤全氮和碱解氮含量分布情况。

3.2.1 城镇因素 城市边缘地带是城乡经济活动的交互界面,影响着土壤质量^[20]。人口增长和城市化,使市中心的人口、工业、商业与住宅等要素不断向城市边缘地区迁移,占用了大量自然与农业土壤,对土

壤质量产生了一定影响^[21-22]。为了分析城乡交错带土壤氮素含量的变化,以城区作为面实体影响源,运用 GIS 空间分析方法生成 0.5,1.0,1.5,2.0 和 2.5 km 距离的缓冲区,然后与土壤全氮和碱解氮含量进行空间统计分析。结果表明,随着距离的增加,土壤全氮含量先上升后下降,从 1.10 g/kg 上升到 1.11 g/kg 又下降到 1.09 g/kg,可用二次多项式进行拟合 [$R^2=0.959 2, F=23.500 (p<0.05)$];碱解氮含量

从 105.1 mg/kg 逐渐下降到 102.4 mg/kg,符合线性关系 [$R^2=0.9662$, $F=85.663$ ($p<0.05$)],说明土壤氮含量与城市缓冲距离之间存在明显的相关关系。

在得到以上城镇全氮和碱解氮总体分布后,综合建成区面积、非农业人口比例、人口密度及人均 GDP 等指标分为小城市、大镇和集镇进一步分析土壤氮分布情况。研究表明,在太和、大榆等小城市周围,土壤全氮含量逐渐上升,可用线性拟合 [$R^2=0.8929$, $F=25.000$ ($p<0.05$)],碱解氮含量呈下降趋势,符合线性关系 [$R^2=0.8986$, $F=26.579$ ($p<0.05$)],两者均呈现较强的相关关系。在金华、太乙、仁和、柳树等大镇周围,土壤全氮含量逐渐下降,符合线性关系 [$R^2=0.9383$, $F=45.632$ ($p<0.05$)],碱解氮含量逐渐下降,其符合线性关系 [$R^2=0.9950$, $F=596.755$ ($p<0.01$)],两者均呈显著相关。在其它集镇周围,土壤全氮含量先平稳后下降,其符合二次多项式关系 [$R^2=0.8571$, $F=6.000$ ($p>0.05$)],碱解氮含量逐渐上升,其符合线性关系 [$R^2=0.8708$, $F=20.211$ ($p<0.05$)],与后者存在明显的相关关系。由此可以得出,城镇因素对土壤氮素含量分布产生不同的影响。

3.2.2 道路因素 交通运输会对道路两旁的土壤养分含量会产生一定影响。为了分析道路对其交错带土壤氮素含量的影响,选取射洪县主要道路,以道路作为线实体影响源,运用 GIS 空间分析方法,以 0.2, 0.4, 0.6 和 1.0 km 为距离产生缓冲区,然后与土壤全氮和碱解氮含量进行空间统计分析,分析道路对其交错带土壤氮素含量的影响。结果表明,随着道路缓冲区距离的增加,土壤全氮含量没有变化,保持在 1.09 g/kg 水平,碱解氮含量从 103.4 mg/kg 下降到 102.8 mg/kg,符合线性关系 [$R^2=0.9868$, $F=225.000$ ($p<0.01$)],表明土壤碱解氮含量与道路缓冲距离存在显著相关关系。

为了进一步分析不同类型道路的影响,将其分为省级公路和县级公路进行研究。结果表明,随着缓冲距离的增加,在省级公路中,土壤全氮含量逐渐下降,其关系可用线性拟合 [$R^2=0.9412$, $F=48.000$ ($p<0.05$)],碱解氮含量逐渐下降,符合线性关系 [$R^2=0.9073$, $F=29.348$ ($p<0.05$)];在县级公路中,土壤全氮含量逐渐下降,符合二次多项式关系 [$R^2=0.8571$, $F=6.000$ ($p>0.05$)],碱解氮含量逐渐上升,符合线性关系 [$R^2=0.9898$, $F=291.947$ ($p<0.01$)]。在不同地形区域的县级公路里,其中高丘区大榆镇至文升乡段,土壤全氮含量从 1.02 g/kg 逐渐下降到 1.00 g/kg,符合线性关系 [$R^2=0.8000$, $F=12.000$

($p<0.05$)],碱解氮含量从 100.5 mg/kg 逐渐下降到 96.9 mg/kg,符合线性关系 [$R^2=0.9553$, $F=64.059$ ($p<0.05$)],表明两者相关明显;中丘区金家镇至万林乡段,土壤全氮含量从 1.14 g/kg 逐渐下降到 1.13 g/kg,符合二次多项式关系 [$R^2=0.8571$, $F=6.000$ ($p>0.05$)],碱解氮含量从 105.8 mg/kg 下降到 105.6 mg/kg 又上升到 106.2 mg/kg,符合二次多项式关系 [$R^2=0.8187$, $F=4.515$ ($p>0.05$)];低丘区青堤乡至青岗镇段,土壤全氮含量从 1.07 g/kg 逐渐上升到 1.09 g/kg,符合线性关系 [$R^2=0.8929$, $F=25.000$ ($p<0.05$)],碱解氮含量从 87.4 mg/kg 上升到 89.4 mg/kg,符合线性关系 [$R^2=0.9256$, $F=37.333$ ($p<0.05$)]。分析表明,公路交通因素对土壤氮素含量的影响有着明显的差异性。

3.2.3 宅基地因素 大量的农村宅基地对土壤元素含量会产生较大影响,它们是自然环境中人类活动相对频繁的地方。为了研究宅基地对土壤氮素含量的影响,以宅基地为面实体产生不同距离的缓冲区,将土壤氮含量的插值图与其进行空间统计分析。结果表明,全县总体上,随着距离的增加,土壤全氮含量无变化,为 1.08 g/kg,碱解氮含量逐渐上升,其关系符合线性拟合 [$R^2=0.8889$, $F=24.000$ ($p<0.05$)],由此表明,后者有着明显相关关系。

为了进一步了解宅基地对土壤氮素含量的影响,分别对高丘区、中丘区和低丘区的宅基地进行研究。结果表明,随着距离的增加,土壤全氮含量没有变化:在高丘区,其含量为 1.05 g/kg;在中丘区,其含量为 1.13 g/kg;在低丘区,其含量为 1.21 g/kg。土壤碱解氮含量在高丘区 [$R^2=0.9205$, $F=34.714$ ($p<0.05$)],中丘区 [$R^2=0.6923$, $F=6.750$ ($p>0.05$)]和低丘区 [$R^2=0.9390$, $F=46.194$ ($p<0.05$)]均符合线性关系。由此看出,宅基地对土壤碱解氮影响较明显。

3.2.4 施肥因素 肥料使用可以改善土壤供氮状况,提高土壤氮素含量,是影响土壤氮素含量的重要因素之一^[2]。为了探究在不同施肥水平下的土壤氮含量的差异,根据施肥情况,主要施用氮肥、磷肥和有机肥。数据分析可得,全氮含量与氮肥施用量 [$R^2=0.7525$, $F=6.081$ ($p>0.05$)]和磷肥施用量 [$R^2=0.8909$, $F=16.337$ ($p>0.05$)]符合线性关系,与有机肥施用量 [$R^2=0.7770$, $F=1.742$ ($p>0.05$)]符合二次多项式关系。碱解氮含量与氮肥施用量 [$R^2=0.9933$, $F=297.518$ ($p<0.01$)],磷肥施用量 [$R^2=0.7273$, $F=5.333$ ($p>0.05$)]和有机肥施用量 [$R^2=0.6221$, $F=3.292$ ($p>0.05$)]均符合线性关系。

说明土壤氮含量与施肥量有着一定的相关关系,其中碱解氮与氮肥呈现显著相关关系,但其余的相关性并不显著。

4 结论

(1) 在空间分布特征上,土壤全氮高值区位于严家沟和向家营,并向四周逐渐降低,成不规则的斑块状分布,低值区位于碾槽坝—方家沟—猫儿沟等地;碱解氮含量以万柏山和鲜家坪为高值区并向北部逐渐减少,低值区较为分散,主要位于碾槽坝—木兴场—桃树湾—檬子以及方家沟—牛角沟—双庙子等地。

(2) 影响因素分析表明,随着距离的增加,在总体上,城市周围全氮含量先增加后减少,碱解氮逐渐减少;道路和宅基地周围全氮含量基本没有变化,而碱解氮含量则前者逐渐降低,后者逐渐增加。进一步研究表明,不同类型及地形区的城镇、道路、宅基地,对土壤氮含量产生的影响有着比较明显的差异性。施肥量及肥料的不同,土壤氮含量出现了一定的差异。

(3) 由于诸多条件限制,本研究只是简要分析了各影响因素对土壤氮含量的影响情况,结果表明人类活动对土壤氮素含量产生的影响各不相同,尤其是施肥量与土壤氮素含量相关性不显著,其具体的影响机制如何,还有待进一步的研究。

致谢:十分感谢李婷老师对本文从选题、设计、查找资料、实施到最后定稿方面的悉心指导和帮助!同时非常感谢张世熔教授和杨华副教授在写作上给予的关心!

[参 考 文 献]

- [1] 刘占锋,傅伯杰,刘国华,等. 土壤质量与土壤质量指标及其评价[J]. 生态学报,2013,26(3):901-913.
- [2] Almasri M N, Kaluarachchi J J. Implications of on ground nitrogen loading and soil transformations on ground water quality management[J]. Journal of the American Water Resources Association, 2004, 40(1): 165-186.
- [3] 周卫军,王凯荣,张光远. 有机无机结合施肥对红壤稻田土壤氮素供应和水稻生产的影响[J]. 生态学报,2003, 23(5):914-921.
- [4] 胡诚,曹志平,胡菊,等. 长期施用生物有机肥土壤的氮矿化[J]. 生态学报,2009,29(4):2080-2086.
- [5] Peterjohn W T, Schlesinger W H. Nitrogen loss from deserts in the southwestern United States[J]. Biogeochemistry, 1990, 10(1): 67-79.
- [6] Driscoll C, Whitall D, Aber J, et al. Nitrogen pollution: Sources and consequences in the US northeast[J]. Environment: Science and Policy for Sustainable Development, 2003, 45(7): 8-22.
- [7] 陈肖,张世熔,黄丽琴,等. 成都平原土壤氮素的空间分布特征及其影响因素研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2007,13(1):1-7.
- [8] 朱晓芳,关雪晴,付晶莹. 庐山土壤全氮含量及其影响因素初探[J]. 安徽农业科学,2008,36(16):6868-6869.
- [9] 曾希柏,白玲玉,李莲芳,等. 山东寿光不同利用方式下农田土壤有机质和氮磷钾状况及其变化[J]. 生态学报, 2009,29(7):3737-3746.
- [10] 胡玉福,邓良基,张世熔,等. 川中丘陵区典型小流域土壤氮素空间变异特征及影响因素研究[J]. 水土保持学报,2008,22(3):70-75.
- [11] 肖鹏飞,张世熔,邓良基,等. 成都郫县土壤氮素养分在城市化进程中的时空变异特征[J]. 四川农业大学学报,2005,23(1):80-84.
- [12] 庞凤,李廷轩,王永东. 土壤速效氮,磷,钾含量空间变异特征及其影响因子[J]. 植物营养与肥料学报,2009, 15(1):114-120.
- [13] 许冬梅,张世熔,李婷,等. 金堂环溪河流域土壤氮素含量及其影响因素分析[J]. 土壤通报,2008,38(6):1092-1095.
- [14] 张玉玲,陈温福,虞娜,等. 不同利用方式下土壤有机氮素矿化特征的研究[J]. 土壤通报,2013,44(1):52-56.
- [15] 张世熔,孙波,赵其国,等. 南方丘陵区土壤氮素尺度效应的影响因素[J]. 生态学报,2007,27(10):4057-4064.
- [16] 李婷,张世熔,廖明辉,等. 川中丘陵区涪江流域土壤矿质氮空间分布特征[J]. 农业环境科学学报,2010,29(12):2443-2449.
- [17] 张金波,宋长春. 三江平原不同土地利用方式对土壤理化性质的影响[J]. 土壤通报,2004,35(3):371-373.
- [18] 胡华科. 地理信息系统原理,应用与工程[M]. 湖北武汉:武汉大学出版社,2005.
- [19] 龚曙明. 应用统计学[M]. 北京:清华大学出版社有限公司,2005.
- [20] 柳云龙,章立佳,韩晓非,等. 上海城市样带土壤重金属空间变异特征及污染评价[J]. 环境科学,2012,33(2): 599-605.
- [21] Doran J W, Zeiss M R. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality[J]. Applied Soil Ecology, 2000, 15(1): 3-11.
- [22] 赵杰,秦明周,郑纯辉. 城乡结合部土壤质量及其动态研究:以开封为例[J]. 资源科学,2001,23(3):42-46.