

苏州市城市边缘带土壤肥力特征分析^①

周 峰, 檀满枝, 陈 杰*, 李桂林

(1 土壤与农业可持续发展国家重点实验室(中国科学院南京土壤研究所), 南京 210008)

Soil Fertility of the Peri-Urban Areas of Suzhou City

ZHOU Feng, TAN Man-zhi, CHEN Jie, LI Gui-lin

(1 State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture (Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences), Nanjing 210008, China)

摘 要: 基于 201 个土壤表层系统采样分析数据, 应用一系列数理统计分析方法, 对苏州市城市边缘带土壤肥力特征进行了分析。结果表明, 研究区表层土壤养分含量空间变异强烈, 表现出城市边缘带土壤肥力分布的重要空间特征。土地利用方式是导致土壤肥力特征空间变异的重要因素之一, 同一利用方式下不同种植年限也会导致土壤肥力特征不同。反映出快速工业化、城市化与农业集约化背景下土壤资源利用方式与利用强度的变化对土壤质量结构及其空间变异特征的重要影响。

关键词: 城市边缘带; 土壤肥力; 土地利用方式; 苏州

中图分类号: S158

城市边缘带是指位于城市建成区与纯乡村地域之间的受城市辐射影响巨大的过渡地带。随着我国工业化和城市化进入高速发展阶段, 城市边缘带土壤资源特别是农业土壤资源的分布空间日趋萎缩, 土地利用方式与土壤功能日趋多样, 土壤性状异质性与土壤质量变异性日趋强烈^[1-2]。苏州市作为长江三角洲地区城市扩张速度最快的地区之一, 其城市边缘带土地利用格局变化剧烈、农业集约化程度不断提高, 并导致土壤肥力特征演变速率加快, 空间分异程度加大。而土壤肥力是土壤质量的核心内容之一, 是农业可持续发展的基础, 本文对苏州市城市边缘带 11 个样区不同利用方式下的 201 个土壤样品数据进行分析, 揭示苏州市城市边缘带土壤肥力特征, 以期对苏州市都市农业发展战略中土壤资源利用格局的规划和调整、土壤资源的优化配置和集约利用、土壤资源保护和土壤质量调控提供科学依据。

1 研究区概况与样区设计

1.1 研究区概况

研究区为苏州市区, 行政面积 1650 km²。截止 2003 年, 研究区城镇建成区总面积达到 263 km², 与 1984 年相比面积扩大 2.6 倍, 年均扩张面积 4.40 km²。苏州

市城市边缘带为典型的农业-工业混合型城市边缘带, 土地利用结构复杂, 农业生产活动主要以水稻与小麦、油菜轮作以及果蔬、花木种植为主。由于农耕历史悠久, 本区土壤发生学特性与肥力特征普遍反映出较为强烈的人为活动的影响。

1.2 样区设计

根据 1:10 万苏州市地形图、1:20 万苏州市土壤图和基于 SPOT 卫星遥感影像(2003 年 10 月)解译的土地利用现状图, 在系统考虑土壤分布、发生类型、人为活动历史、利用现状以及与城镇建成区距离等时空因素的基础上, 综合分析野外调查信息和第二次土壤普查资料, 在苏州市城市边缘带内的吴中区、相城区、虎丘区、苏州新加坡工业园区、高新技术开发区共设置 11 个面积不等的典型样区, 样区基本覆盖了苏州市城市边缘带有代表的土壤与土地利用类型。

2 样品采集与分析方法

2.1 样品采集与处理

2004 年 10 月份完成了土壤样品的采集工作, 在 11 个样区共采集了 201 个土壤表层(0~20 cm)样品。样区内采用等距格网(200 m×200 m)法布设样点, 每个土壤样品采取 5 m 对角线混合取样。样点 GPS 定

^①基金项目: 国家自然科学基金项目(40571065)资助。

* 通讯作者(jchen@issas.ac.cn)

作者简介: 周峰(1980—), 男, 江苏南通人, 硕士研究生, 主要研究方向为土壤资源管理。E-mail: fzhou@issas.ac.cn

位并标识于 GIS 环境下的研究区综合信息图, 样点所在地土壤类型、利用现状、耕作历史、物质投入等相关信息录入样区数据库。土壤样品自然风干后研磨, 弃除土壤侵入物, 研磨分别过 10 目、60 目、100 目筛, 用于 10 项常规项目的实验室测试分析。

2.2 数据统计分析方法

应用 SPSS 11.5 进行数据描述性统计分析、独立样本均值 T 检验及 K-S 检验、差异显著性分析以及均值多重比较。

3 结果与讨论

3.1 土壤理化性状描述性统计及变异特征分析

样品土壤理化性状实验室分析测试结果的描述性统计分析列于表 1。表层土壤 pH 平均值为 5.74, 土壤酸性特征明显。土壤有机质平均含量 32.83 g/kg, 明

显高于城市边缘带以外地区土壤有机质含量总体水平, 反映出城郊型、集约型农业条件下物质高投入特征。同时, 研究区内土壤表层有机质含量变幅极大, 变异系数高达 33.9%, 属空间强度变异^[3-4]。全 N 与土壤有机质含量显著相关, 也属空间强变异。全 P 表现出空间极强变异特征。局部区域表层土壤 P 素聚集现象明显, 反映出外源 P (施肥、污染) 的影响强烈。表层土壤全 K 空间变异特征明显弱于全 N、全 P, 主要体现为土壤发生学特性上的差异。与全量养分相比, 研究区表层土壤速效养分表现出更强的空间变异性, 相对变异和绝对变异特征均强于全量养分, 土壤肥力这一普遍特点在城市边缘带地区表现得更为突出。反映出城市边缘带土壤资源利用的多样性以及农业人为活动对土壤肥力特征的强烈影响^[5-6]。

表 1 研究区土壤理化性状描述性统计分析

肥力指标	平均值	最大值	最小值	标准差	变异系数 (%)
pH	5.74	7.61	4.26	0.59	10.28
电导率 (μS/cm)	223.82	1917.00	55.60	213.77	95.51
有机质 (g/kg)	32.83	95.38	4.49	11.14	33.93
CEC (cmol/kg)	19.90	35.05	12.93	2.89	14.52
全 N (g/kg)	1.87	4.43	0.29	0.54	28.88
全 P (g/kg)	0.77	5.98	0.22	0.62	80.52
全 K (g/kg)	14.65	25.88	10.07	2.31	15.77
碱解 N (mg/kg)	124.81	348.81	8.49	48.10	38.54
速效 P (mg/kg)	27.71	1087.39	0.30	107.59	388.27
速效 K (mg/kg)	107.06	770.00	55.00	66.47	62.09

3.2 土地利用方式对土壤肥力要素的影响

土地利用方式直接影响土壤与外界的物质、能量、信息交换的方式、途径与速率, 从而对土壤性状和肥力状况产生重要影响。本研究将研究区稻-麦轮作地 (采样时为水稻)、荒地、林地、园地以及蔬菜地土壤的主要肥力要素进行单因素方差分析, 以检验土壤肥力要素在不同土地利用类型之间的差异。

从表 2 可以看出, 水田旱耕表层土壤电导率、有机质、全 N 含量与其他土地利用方式下的表层土壤存在显著差异, 其中, 电导率表现为: 水田>菜地>荒地>园地>林地; 有机质和全 N: 水田>菜地>园地>林地>荒地。荒地表层土壤的 pH、全 P、碱解 N 与其他土地利用方式下的表层土壤存在显著差异, 其中, pH: 荒地>林地>水田>园地>菜地; 全 P 和碱解 N: 菜地>园地>水田>林地>荒地。菜地表层土壤的碱解 N、速效 P、速效 K 与其他土地利用方式下的表层土壤存在显著差异, 其中, 速效 P: 菜地>园地>荒地>林地>水田; 速效 K: 菜地>园地>林地>水田

>荒地。研究区表层土壤机械组成、CEC 在不同土地利用方式下没有显著差异, 表明土地利用方式对上述两个肥力要素影响微弱。研究区 5 种土地利用方式中只有菜地表层土壤各种速效养分及全量养分含量大于总均值; 水田旱耕表层土壤的电导率、有机质、碱解 N 及全量养分含量均大于总均值; 上述 5 种土地利用方式下, 荒地土壤平均 pH 最高, 且 52 个荒地样点土壤的 pH 全部高于研究区总均值, 表明撂荒可以有效缓解土壤酸化趋势。

3.3 不同种植年限对土壤肥力的影响

由于土壤发生学特性、耕种历史以及土地利用变化发生的年限方面的差异, 导致目前处于同一利用方式下的样点土壤在肥力水平方面也存在差异。同为旱耕人为土, 蔬菜种植的年限不同, 土壤的熟化程度与肥力水平表现出明显差异^[7]。

由表 3 可知: 种植年限 20 年以上园地的 pH 稍高于 5 年以内的园地, 而 20 年以上菜地的 pH 远低于 5 年以内菜地; 除 pH 外, 电导率、全 N、全 P、碱解 N、

表 2 不同利用方式下土壤肥力要素方差分析与均值比较

项目	水田旱耕	荒地	林地	园地	菜地	总平均
黏粒 (g/kg)	183.2 ± 5.8a	207.6 ± 10.4b	185.3 ± 17.8ac	200.7 ± 7.8bc	192.6 ± 21.4ab	192.2
粉粒 (g/kg)	508.1 ± 6.5a	503.8 ± 8.3a	502.4 ± 13.6a	515.6 ± 11.6a	506.6 ± 14.5a	507.0
砂粒 (g/kg)	308.7 ± 8.9a	288.6 ± 8.8b	312.3 ± 22.1a	283.7 ± 15.1b	300.8 ± 20.9ab	300.7
pH (水提)	5.64 ± 0.09a	6.14 ± 0.16c	5.84 ± 0.34a	5.50 ± 0.25ab	5.25 ± 0.35b	5.74
电导率 (μS/cm)	299.46 ± 55.58a	142.63 ± 19.04b	114.87 ± 19.56b	135.56 ± 21.80b	246.07 ± 81.04ab	223.82
有机质 (g/kg)	37.89 ± 2.14a	26.73 ± 3.15b	27.51 ± 2.41b	30.59 ± 3.46b	30.71 ± 4.67b	32.83
CEC (cmol/kg)	20.08 ± 0.56a	19.64 ± 0.82a	18.76 ± 0.57a	20.42 ± 2.11a	20.26 ± 1.43a	19.90
全 N (g/kg)	2.09 ± 0.1a	1.58 ± 0.16c	1.63 ± 0.11bc	1.74 ± 0.15bc	1.90 ± 0.29ab	1.87
全 P (g/kg)	0.8 ± 0.15b	0.57 ± 0.03a	0.58 ± 0.04ab	0.9 ± 0.11bc	1.25 ± 0.42c	0.77
全 K (g/kg)	15.07 ± 0.46a	13.48 ± 0.5b	16.71 ± 0.68c	13.26 ± 0.76b	15.22 ± 1.5a	14.65
碱解 N (mg/kg)	130.99 ± 6.78b	94.74 ± 11.81a	99.04 ± 13.53a	137.45 ± 12.49b	183.13 ± 43.48c	124.19
速效 P (mg/kg)	3.02 ± 0.71a	6.94 ± 3.47a	4.71 ± 3.03a	82.34 ± 49.44b	186.46 ± 149.68c	27.71
速效 K (mg/kg)	100.8±15.46a	83.56 ± 3.86a	109.23 ± 8.98ab	150.63 ± 42.49bc	157.18 ± 34.03c	106.53

注：同一行中有相同字母表示均值在 P<0.05 水平上差异不显著，下同。

表 3 不同种植年限的菜地、园地土壤肥力要素方差分析与均值比较

项目	5 年以内园地	20 年以上园地	5 年以内菜地	20 年以上菜地
pH (水提)	5.42 ± 0.48b	5.60 ± 0.51b	5.60 ± 0.71b	4.82 ± 0.46a
电导率 (μS/cm)	140.57 ± 50.73a	129.29 ± 35.75a	159.29 ± 48.24a	354.55 ± 193.13b
有机质 (g/kg)	27.88 ± 6.98a	33.99 ± 5.57a	26.67 ± 7.42a	35.75 ± 9.54a
CEC (cmol/kg)	18.81 ± 4.55a	22.43 ± 2.99a	19.67 ± 2.09a	20.99 ± 3.63a
全 N (g/kg)	1.68 ± 0.31a	1.81 ± 0.30a	1.58 ± 0.34a	2.30 ± 0.55b
全 P (g/kg)	0.62 ± 0.07a	1.25 ± 0.42ab	0.94 ± 0.48a	1.65 ± 1.04b
全 K (g/kg)	12.61 ± 1.62a	14.07 ± 0.97ab	16.34 ± 3.64b	13.81 ± 0.96ab
碱解 N (mg/kg)	132.06 ± 21.20a	144.19 ± 29.35a	126.36 ± 42.57a	254.10 ± 76.68b
速效 P (mg/kg)	10.49 ± 13.06a	172.17 ± 84.77a	42.11 ± 48.78a	366.90 ± 387.26b
速效 K (mg/kg)	85.94 ± 12.89a	231.50 ± 63.79c	134.16 ± 52.88ab	185.95 ± 77.91bc

速效 P 种植年限 20 年以上菜地也较 5 年以内菜地差异显著，平均含量都高于 5 年以内菜地，速效 P 尤其突出；20 年以上园地速效 K 含量与 5 年以内园地有显著性差异，园地种植历史越久，速效 K 含量明显升高，表明种植年限是影响土壤肥力的一个因素。

4 结论

(1) 研究区表层土壤肥力要素表现出较强的变异性，电导率、有机质、全 N、全 P 以及速效养分含量的变异系数均>20%，其中速效 P 含量的变异系数更高达 388%，体现出城市边缘带土壤肥力空间分异的普遍特征。

(2) 土地利用方式是导致土壤肥力特征空间差异的重要因素之一，即使在同一利用方式下的土壤，耕作历史与利用管理、物质投入方面的差异依然导致土壤肥力特征存在明显不同。反映出快速工业化、城市化与农业集约化背景下土壤资源利用方式与利用强度的

变化对土壤质量结构及其空间变异特征的重要影响。

参考文献:

[1] 陈杰, 陈晶中, 檀满枝. 城市化对周边土壤资源与环境的影响. 中国人口资源与环境, 2002, 12(2): 70-74

[2] 李桂林, 陈杰. 城市边缘带土地利用特征与土壤资源压力. 长江流域资源与环境, 2005, 14(5): 579-583

[3] 雷咏雯, 危常州, 李俊华, 侯振安, 冶军, 鲍柏杨. 不同尺度下土壤养分空间变异特征的研究. 土壤, 2004, 36(4): 376-381

[4] 孔祥斌, 张凤荣, 王茹. 近 20 年城乡交错带土壤养分时间空间变异特征分析-以北京市大兴区为例. 土壤, 2004, 36(6): 636-643

[5] 黄辉, 檀满枝, 张学雷, 陈杰. 南通市城市边缘带土壤肥力时空特征分析. 土壤, 2006, 38 (3): 276-281

[6] 秦明周, 赵杰. 城乡结合部土壤质量变化特点与可持续利用对策-以开封市为例. 地理学报, 2000, 55 (5): 11-26

[7] 房世波, 潘剑君, 杨武年, 姜小三, 江利明. 南京市郊蔬菜地土壤肥力的时空变化规律. 土壤, 2003, 35 (6): 518-521