

# 南通市城市边缘带土壤肥力时空特征分析<sup>①</sup>

黄辉<sup>1,2</sup>, 檀满枝<sup>1,3\*</sup>, 陈杰<sup>1</sup>, 张学雷<sup>1</sup>

(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;

2 南京农业大学农业资源与生态环境研究所, 南京 210095; 3 中国科学院研究生院, 北京 100049)

**摘要:** 基于野外土壤调查与样品分析数据, 应用数理统计分析方法, 揭示了南通市城市边缘带土壤肥力特征、影响因素、变化趋势以及时空规律。结果表明, 研究区土壤表层有机质、土壤全量与速效养分含量空间变异明显, 速效养分尤其具有高度的空间可变性, 表现出城市边缘带土壤属性的重要特征。样点土壤肥力要素方差分析结果显示, 土壤肥力特征的空间变异与本区土地利用变化历史与人为活动的时空分异密切相关; 而土壤机械组成及全 K 含量空间变化不大, 受控于土壤类型的空间分布, 反映了本区土壤的发生学特点。经过过去 20 年的农业生产实践, 研究区土壤多数肥力要素明显改善、肥力水平明显提高, 但影响土壤肥力质量、制约土壤资源可持续利用的不利因素依然存在。

**关键词:** 城市边缘带; 土壤肥力; 空间变异; 土壤质量; 南通市

**中图分类号:** S158

城市边缘带作为城市-乡村经济活动交互作用界面, 土地利用类型的多样性、空间结构的复杂性及高度可变性, 为这一特殊的经济-地理区域的土壤资源保护、利用与管理带来严峻挑战。由于具有巨大的市场和技术优势, 城市边缘带一直是鲜活农产品最主要的生产与供给基地, 城郊型农业集约程度高、土壤资源利用强度大、利用方式多样, 因此土壤质量无论是在时间序列上的演变、还是在空间结构上的分异均较其他地区强烈<sup>[1]</sup>。深入研究城市边缘带土壤资源动态变化及土壤质量演变过程及其时空分异规律, 其研究结果一方面丰富强烈人类活动背景下土壤质量研究领域的知识积累, 另一方面直接服务于区域农业生产与生态环境保护, 具有重要的科学与现实意义。本研究以南通市城市边缘带为研究区域, 系统分析了边缘带土壤的肥力特征、影响因素、变化趋势, 以期在城市边缘带土地利用规划、土壤资源合理配置及高效管理提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

南通市地处北亚热带湿润气候区(东经 120°21'

~121°55', 北纬 31°41'~32°43'), 土壤资源丰富、自然条件优越, 是江苏省粮食主产区之一。全市总面积 8001 km<sup>2</sup>, 其中市区 355 km<sup>2</sup>, 建成区 65 km<sup>2</sup>。城市边缘带土壤多发育于长江及其支流冲积、沉积母质, 土壤普遍具石灰反应, 土壤发育幼年性特征明显, 发生学类型比较单一, 主要为潮土类, 灰潮土亚类, 包括泡沙土、高沙土、夹沙土、菜园土和灰泥土等土属。研究区为典型的农业型城市边缘带, 除城郊居民区及零散分布的独立工矿用地外, 土地利用方式以农业生产为主, 水稻与小麦、油菜、蚕豆轮作以及蔬菜种植为主要种植制度。

### 1.2 样品的采集与分析

根据 1:5 万南通市地形图、1:10 万南通市郊区土壤图和基于 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、利用现状等时空因素的基础上, 在南通市城市边缘带共设置 7 个面积不等的典型样区, 样区内采用等距网格法布设样点, 样点间距 200 m × 200 m。研究区共采集土壤表层样品 121 个, 采样深度 0~20 cm, 为 5 m 对角线上 5 个取样点混合样。

①基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX3-SW-427)和国家自然科学基金重点项目(40235054)资助。

\* 通讯作者(mzhtan@issas.ac.cn)

作者简介: 黄辉(1980—), 男, 江苏泰兴人, 硕士研究生, 主要从事现代地表过程及土壤环境质量的研究。E-mail: huanghui99nj@163.com

土壤样品自然风干后研磨，分别过 10 目、60 目、100 目筛，用于不同项目的实验室测试分析。土壤机械组成在激光粒度仪 (LS230) 上直接测定，pH 采用电位法，阳离子交换量 (CEC) 采用醋酸铵-EDTA 交换法，有机质采用高温外热重铬酸钾氧化-容量法，全 N 采用半微量凯氏定氮法，全 P 采用氢氟酸-高氯酸消煮-钼锑抗比色法，全 K 采用氢氟酸-高氯酸消煮-火焰光度法，速效 P 采用碳酸氢钠法，速效 K 采用乙酸铵提取法，碱解 N 采用碱解扩散法分析测定。具体规范见《土壤农业化学分析方法》<sup>[2]</sup>。

### 1.3 数据处理与统计分析方法

样点空间数据与样品调查和实验室分析属性数据输入“南通市土壤资源动态数据库”。基于相关数据，应用 SPSS 11.5 软件分别对研究区各项主要土壤肥力指标及其时、空分异特征进行描述性统计<sup>[3]</sup>、独立样本均值 t 检验及 K-S 检验、差异显著性分析 (One-way ANOVA) 以及均值多重比较 (LSD post

hoc test) 和皮尔森相关分析。

## 2 结果与讨论

### 2.1 研究区土壤肥力特征

2.1.1 土壤机械组成 受成土母质影响，南通市城市边缘带土壤质地较轻，矿物颗粒中砂粒平均含量超过 57% (体积比)，多为砂壤至中壤质地。表 1 中数据及统计分析结果显示，研究区土壤机械组成总体上属中等变异水平<sup>[4]</sup>。从各粒级土壤颗粒含量标准差反映出的绝对变异水平分析，砂粒含量的绝对变异最大，表明砂粒是本区土壤机械组成的主要控制因素；而表征相对变异水平的变异系数则以黏粒含量最大，由于黏粒与粉粒含量之间呈极显著正相关 ( $P < 0.01$ )，相关系数为 0.827\*\*，因此本区土壤机械组成的空间变化主要体现为  $< 0.02$  mm 矿物颗粒的含量变化。与 1986 年第二次土壤普查获取的数据相比，研究区土壤机械组成总体上未发生明显变化。

表1 研究区土壤肥力属性描述性统计结果

Table 1 Descriptive statistics of fertility attributes of soils in study area

肥力指标	平均值	中值	最小值	最大值	标准差 (SD)	变异系数 (CV)
*黏粒 (g/kg)	95.7	93.9	64.6	140.0	14.1	14.78
**粉粒 (g/kg)	331.4	329.0	224.4	441.0	45.7	13.79
***砂粒 (g/kg)	572.9	576.0	435.0	703.0	58.0	10.13
pH	7.66	7.83	4.49	8.62	0.66	8.64
有机质 (g/kg)	22.3	21.9	7.7	55.1	6.7	29.96
CEC (cmol/kg)	9.55	9.11	5.07	17.96	2.30	24.04
全 N (g/kg)	1.42	1.44	0.53	2.47	0.34	23.81
全 P (g/kg)	2.59	2.41	1.77	6.29	0.67	25.97
全 K (g/kg)	19.91	19.28	15.57	24.38	2.15	10.81
速效 P (mg/kg)	42.34	20.27	4.19	220.92	48.27	113.99
速效 K (mg/kg)	80.71	63.50	36.00	308.00	48.83	60.50
碱解 N (mg/kg)	150.42	121.09	41.66	464.81	93.31	62.03

\*黏粒为  $< 0.002$  mm; \*\*粉粒为  $0.002 \sim 0.02$  mm; \*\*\*砂粒为  $0.02 \sim 2$  mm。

2.1.2 土壤一般化学性状 研究区土壤 pH 平均值为 7.66，变化范围为 4.50 ~ 8.60，总体呈中性偏碱。全区 121 个土壤表层样品中，18 个样点土壤 pH 低于 7.00，平均值 6.40，其中 12 个样点分布于钟秀乡，为近郊蔬菜土壤，且种植历史多在 20 年以上。与 1986 年相比，研究区土壤 pH 平均值从 8.16 下降为 7.66 (表 2)，其中蔬菜土壤从 7.20 下降为 7.08，表明本区有比较明显的酸化趋势，大气酸沉降以及快速增长的化肥投入是本区土壤 pH 降低的主要影

响因素。

研究区土壤有机质平均含量 22.3 g/kg，与 20 世纪 80 年代中期相比，本区土壤表层有机质含量总体水平上升 50% 以上 (表 2)，表明过去 20 年农业生产活动对土壤的物质投入增加、培肥作用明显。由于城市边缘带土地利用方式多样、物质投入与管理水平差异明显，研究区内土壤有机质含量变幅较大 ( $7.7 \sim 55.1$  g/kg)，变异系数 29.96% (表 1)，属于空间强变异。由于土地利用历史以及利用方式转换

表 2 近 20 年研究区土壤肥力要素动态变化

Table 2 Dynamic change in fertility elements of soils in the study area during the last 20 years

	pH	CEC (cmol/kg)	有机质 (g/kg)	全 N (g/kg)	全 P (g/kg)	速效 P (mg/kg)	速效 K (mg/kg)
1986 年	8.16	9.28	12.78	0.928	1.646	6.54	78.42
2004 年	7.66	9.55	22.3	1.42	2.59	42.34	80.71
变化率 (%)	-6.13	2.89	74.49	53.02	57.35	547.40	2.92

时间上的差异,即使相同土地利用现状下,土壤有机质含量也存在明显差异。其中,旱耕土壤、菜地土壤和撂荒土壤有机质变异系数均 $>20\%$ ,属于空间强变异;林地土壤有机质变异系数约 $10\%$ 左右,属于中等空间变异。

由于研究区土壤质地较轻,机械组成中砂粒为统治颗粒,土壤阳离子交换量虽较 1986 年有明显上升,但仍处于较低水平,平均值 $9.55\text{ cmol/kg}$ ;且空间分异明显,变异系数超过 $24\%$ (表 1、2),属于空间强变异。研究区土壤阳离子交换量分布与黏粒、有机质含量存在密切的空间关系。

**2.1.3 土壤养分特征** 研究区土壤表层全 N、全 P 平均含量分别为 $1.42\text{ g/kg}$ 和 $2.59\text{ g/kg}$ ,与第二次土壤普查时相比,上升幅度均超过 $50\%$ 。空间上,研究区土壤全 N、全 P 含量水平差异明显,含量变幅分别为 $0.53\sim 2.47\text{ g/kg}$ 与 $1.77\sim 6.29\text{ g/kg}$ ,变异系数均在 $25\%$ 左右,属强度变异<sup>[5]</sup>。表层土壤全 K 平均含量 $19.91\text{ g/kg}$ ,与全 N、全 P 相比,全 K 变异系数 $10\%$ 左右,空间变异明显弱于全 N 和全 P(表 1、2),这与本区土壤冲积-沉积母质 K 素含量普遍较高、农业投入 K 肥普遍较低的实际相符。

研究区表层土壤速效养分含量较 20 年前有明显变化,其中速效 P 含量增幅巨大,平均水平由 1986 年的 $6.54\text{ mg/kg}$ 增加到目前的 $42.34\text{ mg/kg}$ ;碱解 N 含量也有显著提高,但速效 K 含量上升不明显,平均水平从 1986 年的 $78.42\text{ mg/kg}$ 上升到目前的 $80.71\text{ mg/kg}$ (表 2)。与全量养分相比,土壤表层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,这是土壤肥力的普遍特征,但在城市边缘带地区表现得尤为突出。譬如,研究区表层土壤速效 P 变异系数高达 $114\%$ ,其中位于钟秀乡厚熟菜园土的样点,表层土壤速效 P 含量超过 $220\text{ mg/kg}$ ,为撂荒土壤速效 P 含量的 $50$ 倍。样点土壤碱解 N、速效 K 的变异系数也都超过 $60\%$ (分别为 $62.03\%$ 和 $60.50\%$ ),均表现了空间强变异特

征,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<sup>[6]</sup>。研究区内种植历史悠久、污肥投入强度大的蔬菜土壤表层 P 素富集现象明显,已经成为制约土壤养分平衡的主要因素,同时潜在的生态环境风险不容忽视。

## 2.2 土壤肥力要素对土地利用方式的响应

土地利用方式直接影响土壤过程以及土壤与外界环境的物质能量交换,进而对土壤性状及肥力质量产生重要影响。然而,不同的土壤肥力要素对土地利用方式的敏感程度与响应机制不同,从而导致土壤肥力特征在空间上发生分异。将研究区稻-麦轮作地(采样时为小麦、油菜或蚕豆旱耕种植)、蔬菜地、人工林地(园艺用地)以及撂荒地 and 弃耕地样点土壤的主要肥力要素进行单因素方差分析,可用来检验土壤肥力要素在不同土地利用类型之间的差异<sup>[7-11]</sup>。

以研究区样点表层土壤主要肥力要素为观察变量、土地利用方式为控制变量,Levene 法方差齐次性检验(方差相等检验)结果显示,机械组成、有机质、阳离子交换量、全 N 和全 K 含量各组总体方差相等(齐次方差),采用最小显著差(LSD)法进行多重均值比较;pH、全 P、速效 P、速效 K 和碱解 N 含量各组总体方差不等(非齐次方差),采用 Tamhane'T2 法进行多重均值比较,以进一步揭示具体的土地利用方式下肥力要素的显著性均值差异。

表 3 中的方差分析结果表明,蔬菜地与其他土地利用方式下的表层土壤 pH、速效 P、速效 K 及碱解 N 含量具有显著性差异,其中 pH 平均水平明显小于其他 3 种土地利用方式下的样点土壤,而速效 P、速效 K 和碱解 N 含量则明显高于其他土地利用方式下的样点土壤。水田旱耕条件下,表层土壤有机质、全 N 含量及阳离子交换量与其他土地利用方式下的样点土壤具有显著性差异。其中,有机质与全 N 表现为:水田旱耕 $>$ 蔬菜地 $>$ 撂荒地 $>$ 人工林地,阳离子交换量则表现为水田旱耕 $>$ 人工林地 $>$

蔬菜地>撂荒地。而表层土壤机械组成、全K含量在不同土地利用方式下都没有显著性差异,表明土地利用方式对上述两个肥力要素影响微弱。研究区4种主要土地利用类型中,只有蔬菜地表层土壤各

种速效养分含量全部大于总均值、pH小于研究区全部样点土壤总均值;而水田旱耕条件下表层土壤有机质、全N含量及阳离子交换量3项指标均大于研究区全部样点土壤总均值(图1)。

表3 不同利用方式下土壤肥力要素方差分析与均值比较

Table 3 Variance analysis of and comparison in fertility elements between soils under different land-uses

	水田旱耕	菜地	荒地	林地	总平均
pH(水提)	7.88 ± 0.45a	7.08 ± 0.71b	8.09 ± 0.31a	8.08 ± 0.21a	7.66
有机质(g/kg)	24.9 ± 7.1a	20.2 ± 5.1b	19.7 ± 4.6b	14.8 ± 1.5b	22.3
CEC(cmol/kg)	10.08 ± 2.09a	9.08 ± 2.33b	8.54 ± 2.11b	9.36 ± 3.79ab	9.55
全N(g/kg)	1.52 ± 0.32a	1.41 ± 0.32a	1.19 ± 0.29b	1.03 ± 0.17b	1.42
全P(g/kg)	2.3 ± 0.35a	3.09 ± 0.59b	2.64 ± 1.15abc	2.3 ± 0.29ac	2.59
速效P(mg/kg)	18.14 ± 19.86a	90.73 ± 54.78b	27 ± 4a	25.64 ± 6.15a	42.34
速效K(mg/kg)	70.16 ± 30.34a	107.43 ± 69.59b	60.7 ± 22a	70.6 ± 23.48ab	80.71
碱解N(mg/kg)	112.73 ± 39.28a	247.15 ± 103.22b	86 ± 41a	83.3 ± 19.60a	150.42

注:同一行不同字母表示均值在P<0.05水平上差异显著。

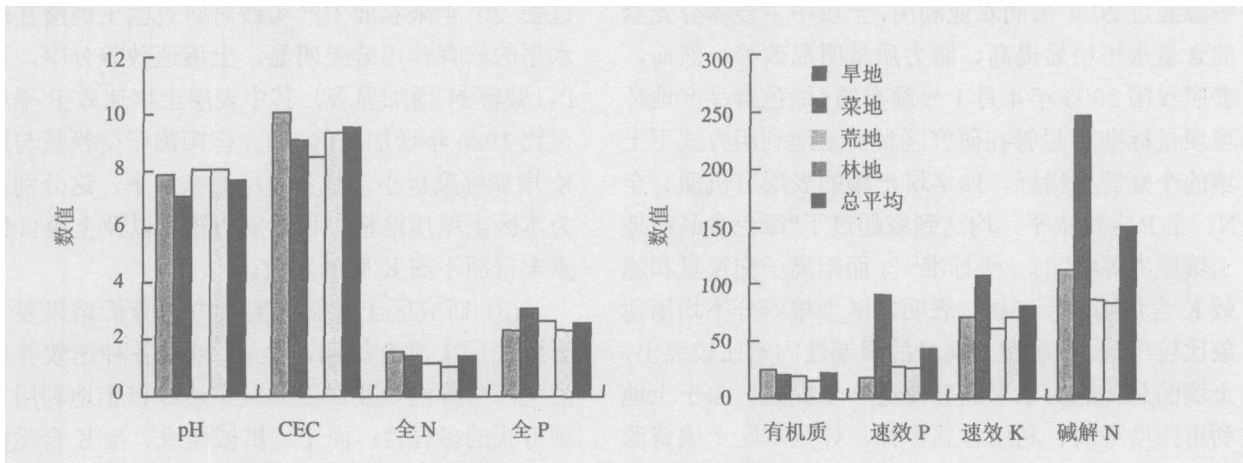


图1 土壤肥力性质在不同利用方式下的差异(CEC单位cmol/kg,全N、全P、有机质单位g/kg,速效P、速效K、碱解N单位mg/kg)

以研究区样点表层土壤主要肥力要素为观察变量、土壤类型为控制变量进行的方差分析结果显示,样点土壤表层全N、速效K含量在不同土壤类型之间没有显著性差异,这与不同土地利用方式之间土壤肥力要素差异显著性分析结果不同,而表征土壤机械组成的粉粒和砂粒含量在不同土壤类型之间则存在显著性差异。4种主要土壤类型中,厚熟菜园土在表层土壤全P、速效P和碱解N含量上与其他3个土壤类型相比具有显著性差异;高沙土pH偏高,与其他3种土壤类型之间具有显著差异;机械组成方面,高沙土、夹沙土和灰泥土之间具有显著性差异;阳离子交换量显著差异存在于灰泥土、夹沙土

和菜园土之间(表4)。

对基于土地利用方式及土壤类型的样点土壤肥力要素方差分析结果进行综合分析,可以看出土地利用方式是影响研究区土壤有机质、全P以及各种速效养分的主要因素,而土壤机械组成、全K含量则受土壤类型制约,土壤表层pH、阳离子交换量在不同土地利用方式下、不同土壤类型之间均具有显著性差异,但土地利用方式的影响大于土壤类型之间发生学上的分异<sup>[12]</sup>。由于研究区高级土壤类别单一(潮土及在潮土基础上发育的土壤)、低级土壤单元之间发生学性状相近,因此以农业生产为主导的人为活动为本区土壤肥力特征形成、发育以及时空

表 4 不同土壤类型土壤肥力要素方差分析与均值比较

Table 4 Variance analysis of and comparison in fertility elements between different soil types

	夹沙土	灰泥土	高沙土	菜园土
粉粒 (g/kg)	327.1 ± 43.4a	317.3 ± 44.5a	353.8 ± 54.7b	337.1 ± 30.9ab
砂粒 (g/kg)	578.4 ± 56.8a	587.8 ± 55.6a	544.8 ± 69.0b	570.2 ± 37.2ab
pH	7.78 ± 0.57a	7.55 ± 0.57ac	8.06 ± 0.30b	6.94 ± 0.83c
有机质 (g/kg)	23.1 ± 6.6a	25.0 ± 8.3ab	19.3 ± 4.8c	19.9 ± 4.3cd
CEC (cmol/kg)	9.00 ± 1.92a	10.55 ± 2.18b	10.17 ± 2.35bc	8.84 ± 2.87ac
全 P (g/kg)	2.62 ± 0.78a	2.49 ± 0.53ac	2.19 ± 0.23c	3.18 ± 0.48b
速效 P (mg/kg)	38.96 ± 46.60a	46.87 ± 56.01abc	16.26 ± 15.52b	81.19 ± 46.87c
碱解 N (mg/kg)	137.43 ± 78.47a	155.37 ± 93.31a	97.03 ± 34.76b	256.07 ± 111.91c

注：同一列中不同字母表示均值在  $P < 0.05$  水平上差异显著。

演变的主要驱动因素。

### 2.3 土壤肥力质量总体评价

南通市不仅是江苏省主要粮食产区，同时也是重要的绿色农业基地之一。南通市城市边缘带土壤资源经过 20 年来的农业利用，土壤中主要养分元素的含量水平明显提高、肥力质量明显改善。然而，参照我国 2000 年 4 月 1 号颁布的《绿色食品产地环境质量标准》，尽管在研究区目前土地利用方式下土壤的个别肥力指标，如早耕土壤的表层有机质、全 N、全 P 含量水平，均达到或超过了“绿色食品产地土壤肥力等级”的一级标准<sup>[13]</sup>，而阳离子交换量和速效 K 含量则属于三级，表明本区土壤养分不均衡现象比较严重，土壤肥力质量的限制性因素比较突出，土壤的总体肥力水平尚有待进一步提高。由于土地利用强度不同、利用方式多样，导致本区土壤资源肥力水平空间分异强烈，土壤质量及其演变趋势差异明显，土壤资源的空间结构趋于复杂，为城市边缘带土壤资源合理配置（如集约农业利用及现代化农业园区建设等）、科学管理（如机械化耕作、规模化管理等）带来挑战。

## 3 主要结论

(1) 研究区土壤肥力特征表现出强烈的空间变异特征，样点土壤表层有机质、全量养分及速效养分含量的变异系数均  $> 20\%$ ，其中土壤速效 P 含量的变异系数最高达到 114%，体现出城市边缘带土壤肥力属性变化普遍的空间特点。由于本区土壤成土母质单一、土壤机械组成中富含 K 素的砂粒占支配地位，因此土壤质地、全 K 含量空间变异较弱，土壤反应总体中性偏碱。

(2) 与 1986 年第二次土壤普查时相比，研究区表层土壤 pH 下降明显，反映出城市边缘带施肥作用及酸沉降的综合影响；有机质、全 N、全 P 含量的平均水平显著提高，上升幅度均超过 50%，表明过去 20 年来农业生产实践对研究区土壤潜在肥力水平的培育作用效果明显。土壤速效养分中，速效 P、碱解 N 增加显著，其中表层土壤速效 P 平均含量比 1986 年增加 5 倍以上；但阳离子交换量与速效 K 增加幅度极小，基本维持原来水平，这分别是因为本区土壤质地轻、吸附能力较差以及土壤自身 K 素丰富而不施 K 肥的缘故。

(3) 研究区土壤肥力要素方差分析结果显示，导致表层土壤有机质、全 P 以及各种速效养分强烈空间分异的主要原因是城市边缘带土地利用与管理方式的多样性；而土壤机械组成、全 K 含量则受土壤类型制约，空间分布受土地利用方式的影响较小；pH、阳离子交换量在不同土地利用方式下、不同土壤类型之间均表现出较大差异。在土壤类型相对单一、人为活动强烈的南通市城市边缘带，农业生产是土壤肥力发育及时空演变过程的主要驱动因素。

(4) 经过 20 年的农业生产实践，城市边缘带土壤肥力特性明显改善，但土壤养分不均衡现象突出，制约土壤肥力质量的因素依然存在。同时，人为活动在时间和空间上的不均衡导致土壤质量分异强烈、土壤资源结构趋于复杂，生态与环境风险增加，为本区土壤的可持续利用与管理带来挑战。

### 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] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法. 北京: 中国农业科技出版社, 2000
- [3] 余建英, 何旭宏. 数据统计分析与 SPSS 应用. 北京: 人民邮电出版社, 2003
- [4] 李世清, 高亚军, 李生秀. 土壤养分的空间变异性及确定样本容量的研究. 土壤与环境, 2000, 9 (1): 56-59
- [5] 雷咏雯, 危常州, 李俊华, 候振安, 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
- [6] 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
- [7] 秦明周, 赵杰. 城乡结合部土壤质量变化特点与可持续性利用对策—以开封市为例. 地理学报, 2000, 55 (5): 11-26
- [8] 郭旭东, 傅伯杰, 陈利顶, 马克明, 李俊然. 低山丘陵区土地利用方式对土壤质量的影响. 地理学报, 2001, 56 (4): 447-455
- [9] Liang WJ, Li Q, Jiang Y, Chen WB, Wen DZ. Effect of cultivation on spatial distribution of nematode trophic groups in black soil. *Pedosphere*, 2003 13 (2): 97-102
- [10] FU BJ, Chen LD, Ma KM. The relationship between land use and soil condition in the hilly area of loess plateau in northern Shanxi, China. *Catena*, 2000, 39: 69-78
- [11] Fisher E, Thornton B, Hudson G, ED, wards AC. The variability in total and extractable soil phosphorus under a grazed pasture. *Plant and Soil*, 1998, 203: 249-255
- [12] 曹慧, 杨浩, 孙波, 赵其国, 臧波. 太湖流域丘陵地区土壤养分的空间变异. 土壤, 2002, 34 (4): 201-205
- [13] 中华人民共和国农业行业标准. 《绿色食品产地环境质量标准》NY/T 391—2000 中附录“绿色食品产地土壤肥力等级” 2000

## Spatio-Temporal Characteristics of Soil Fertility in the Peri-Urban Areas of Nantong City

HUANG Hui<sup>1,2</sup>, TAN Man-zhi<sup>1,3</sup>, ZHANG Xue-lei<sup>1</sup>, CHEN Jie<sup>1</sup>

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

*2 Institute of Resources Ecosystem and Environment for Agriculture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China;*

*3 Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)*

**Abstract:** Based on data obtained from field soil investigations and laboratory analysis, status, spatio-temporal variation and evaluating tendency of soil fertility in the peri-urban areas of Nantong were studied, with the aid of the mathematical statistics-based analysis methods. It was indicated that contents of OM, total and available N, P in topsoil (0-20 cm) varied greatly across the study area, demonstrating a strong influence of land use practices on soil fertility. By contraries, CEC and content of total K in topsoil displayed very little variation across the space, reflecting some common genetic characteristics (light texture and K-rich parent materials) of the soils in the area. Compared to the data obtained in the period of the Second National Soil Survey conducted in 1986, the contents of OM, total N, P increased by more than 50%, while the contents of total K remained almost unchanged in topsoil of the study area. And available P increased by 5 times, while available K did just slightly only by less 3%. Taking all of the samples as a whole, pH of the topsoil significantly decreased in the area. Generally speaking, intensive agricultural practices during the last 20 years made the soils of the peri-urban areas of Nantong much more fertile and productive. It must be mentioned that, however, in spite of the increase in contents, balance of soil nutrients was becoming worse, and some soil quality affecting factors were still there. Meanwhile, strong spatial variation of soil attributes caused by diverse agricultural practices was leading to complication of the soil resource structure in the area, thus bringing about a more serious challenge to sustainable use and management of the regional soil resource in the peri-urban areas of Nantong.

**Key words:** Peri-urban, Soil fertility, Spatial variation, Soil quality, Nantong City