南京市郊蔬菜地土壤肥力的时空变化规律

房世波¹ 潘剑君² 杨武年¹ 姜小三² 江利明¹

(1 成都理工大学遥感与 GIS 研究所 成都 601159; 2 南京农业大学 南京 210095)

摘要 本文以南京市城市化进程中蔬菜地土壤肥力的时空变化为例,分析了蔬菜地土壤肥力的空间变化和时间变化的规律,并对肥力的时空变化原因进行了剖析。结果表明:城市化促进了蔬菜地土壤肥力的空间变异,城区全 P、有机质和全 N 较郊区和农区偏高,这与菜地耕作时间和熟化程度有关。pH 值从城区到农区依次降低,与城市建筑废弃物的碱性输出有关。1999 年与 1980 年比较,全 N、有机质和有效 K 含量增加,pH 值增加,总 P 含量降低。

关键词 城市化;蔬菜地;土壤肥力;空间变化;时间变化

中图分类号 S158.3

随着人口的不断增加,全球城镇的数量和面积发展很快,城市化成为当今世界发展的重要特征。城市中人类经济活动十分频繁、工业发展迅速。因此,城市化对植被、土壤、大气等自然环境影响甚大^[1],城市化对土壤的影响越来越剧烈^[2],1998 年 8 月在法国蒙彼利埃市举行的第 16 届国际土壤学大会上,与会者召开了首次特别专题会议。认为“土壤科学家多年致力于研究人为作用的有限农业土壤和林业土壤,而忽视了城市土壤和工业土壤”。城市化对城区植被和土壤肥力的影响国外已有一些人做过研究^[3-6],主要集中在市郊林地土壤性质的空间特征,而对人为扰动大的农业土壤研究较少,国内研究大多集中在城区^[7-9],对城市化对周边农业土壤肥力的影响规律研究很少。本文对南京市城市化进程中土壤肥力的空间和时间变化规律行了初步研究,并分析了产生土壤肥力时空变化的原因。

1 土壤样品的采集

根据南京地区土壤的分布情况,以南京城区为中心,在南京市东郊和南郊环城由近及远呈辐射状分 4 条路线(东、东南、南、东北)共采样 28 个,在具体的采样过程中分 2 层:0~15cm 层,15~30cm 层。每个土壤样品均取 20~30 个采样点组成一个混合样品,每个混合样的采样面积约为 100m×100m,土壤采样时尽量避开垃圾填埋场、加油站等直接污染源。每个样品在采集过程中,都采用了全球定位系统(GPS)定位,并根据预先制作的采样表考察

和记录了各个采样点附近的地理地质状况,调查各样点施肥和耕作情况以及附近的可能污染源情况,并作了详细的记录。土壤混合样去除植物的根、叶、石头等,放在通风处自然风干。

2 土壤样品的分析

2.1 分析项目

肥力因素包括全 N,全 P,速效 K,有机质,电导率,pH 值。

2.2 分析方法

土壤肥力项目的测定方法均参照《土壤农化分析》一书^[10],其中土壤 pH 用精密数显酸度计,pHS-2TC(0.01 级)型号的 pH 计电位法测定,水土比例为 2.5:1;全 N 用硫酸钾-硫酸铜-硒粉,浓硫酸消化,半微量开氏定 N 法;全 P 用高氯酸-浓硫酸消煮,钼锑抗比色法;速效 K 用 1mol/L 中性醋酸铵浸提-原子吸收法;有机质用重铬酸钾-硫酸亚铁回滴法;土壤电导率用水浸提,水土比例为 5:1,DDS-11A 型电导率仪测定。

3 结果分析

3.1 菜地土壤肥力的水平空间变化

根据土壤样本离南京市古城墙距离的不同将各土样划分为城区(0~4km)、郊区(4~7.5km)和农区(7.5~15km),从统计的角度去分析蔬菜地土壤肥力的水平分布情况。城区、郊区和农区,作均值比较,结果见表 1。

表 1 菜地表层土壤各肥力因素分区均值比较

Table 1 One way ANOVO of fertility elements content in different area in vegetable plots

肥力元素	样本数	平均值*	标准差	最小值	最大值	
全N (g/kg)	城区	5	1.6	0.2	1.3	1.8
	郊区	5	1.6	0.2	1.4	1.9
	农区	4	1.5	0.2	1.3	1.7
全P (g/kg)	城区	5	0.86	0.19	0.57	1.10
	郊区	5	0.85	0.27	0.54	1.21
	农区	4	0.77	0.28	0.49	1.16
速效K (g/kg)	城区	5	0.125	0.031	0.092	0.159
	郊区	5	0.136	0.015	0.124	0.163
	农区	4	0.133	0.033	0.095	0.166
有机质 (g/kg)	城区	5	24.0	4.3	18.6	28.0
	郊区	5	22.4	2.8	19.2	25.9
	农区	4	21.5	2.7	19.1	25.2
电导率 (ms/cm)	城区	5	1.04	0.55	0.34	1.70
	郊区	5	0.72	0.23	0.49	1.10
	农区	4	0.80	0.43	0.50	1.44
pH	城区	5	7.26	0.74	6.10	8.08
	郊区	5	6.75	0.34	6.27	7.20
	农区	4	6.61	1.15	4.93	7.48

* 0.05 水平显著。

全 N、全 P、有机质、pH 值均值从城区到郊区，到农区依次降低，但均未达显著水平。速效 K 城区低于郊区和农区，电导率城区高于郊区和农区，但

均未达显著水平。进一步分析菜地的情况。在取样调查中我们发现，城区的菜地多为耕作几十年的老菜地，具体各样点离城的距离和耕作时间见表 2。

菜地是由于人为的耕、灌与培肥使原来的土壤逐步形成一类具有较厚耕作层，以高度熟化和 P 素累积为特点的土壤。种菜时间越长，土壤中全 P、有机质含量越高，土壤熟化程度越高^[11]。全 P 的富集是南京市城市土壤的显著特征^[12]。由表 2 我们可以看出，城区耕作时间相对于郊区和农区都长得多，可以推断，城区可能由于种菜时间长，土壤高度熟化，而使全 P、有机质和全 N 较郊区和农区偏高。这与合肥市城区菜地肥力的变化结果一致^[13]。当然也可能由于城市每年都向外输出大量的含 N、含 P 和含盐量高的废水、废渣和废气，而城区土壤承接了这些肥力来源而造成的，表 1 中电导率城区高于郊区和农区就间接反映了这一问题。开封也报道城区土壤肥力高于郊区源于城市强烈的人为活动^[9]。有资料认为由于南京城市土壤常常伴有建筑废弃物、水泥、砖块和其它碱性混合物，其中的 Ca 向土壤中释放，另外含碳酸盐的灰尘和沉降，及水泥风化向土壤中释放 Ca，导致城市土壤趋向于碱性^[12]。南京重工业不发达，酸沉降并不明显。所以城区土壤 pH 值高于郊区和农区可能与城市的碱性输出有关。

表 2 各区样点的耕作时间

Table 2 Vegetable farming period in different area

分区范围	近郊					郊区					农区			
	1	3	4	5	6	2	8	9	10	12	7	11	13	14
样号														
耕作时间(年)	20	20	40~50	10~20	20~30	2	20~30	2	3	10	5~6	10	5~6	2

由于蔬菜是喜 K 作物，在蔬菜的养分需求中，K 的需求量是很大的^[14]，加之老菜地多数复种指数大于新菜地，所以老菜地每年的耗 K 量大大多于新菜地，而南京市 K 的补充量又相对较少^[15]，这样可能导致了菜园土壤的 K 素分布状况与其它肥力因素成反相关。也有资料认为土壤中的 K 主要来自土壤母质^[16]，得出南京郊区不同母质（长江冲积物，秦淮河冲积物和下蜀黄土上的灰潮土、水稻土和黄棕壤）上发育的菜地，K 素含量有差异。我们将所采集菜地各土样分为水稻土和黄棕壤验证这个问题。水稻土和黄棕壤速效 K 差异 T 检验见表 3。从表 3 可看出其差异并不显著。与报道结果不同。

3.2 菜地土壤肥力的纵向空间变化—层次变化

为反映土壤肥力的纵向空间变化，用土壤表层

表 3 不同母质土壤速效 K 均值比较

Table 3 Significance test of solubility K content in different parent material soil types

菜地母质	样本数	平均值(g/kg)	标准差	T检验值(两尾)
水稻土发育	5	0.137	0.012	0.542 (equal)
黄棕壤发育	9	0.128	0.030	0.447(not equal)

(0~15cm) 肥力元素含量减去土壤底层(15~30cm) 肥力元素含量，pH 为底层减表层（大部分样 pH 值表层低于底层），得到差值分城区、郊区和农区作均值比较（表 4）。

从层次差值的均值来看，全 N、有机质和 pH 值农区大于城区，速效 K 和电导率城区大于农区，值得注意的是全 P 郊区出现负值。以上各差异皆不显著。城区土壤耕作历史长，熟化程度高，土层深

厚,所以全 N、有机质层次间差异小。电导率、全 P 呈降低趋势,可能是城市活动向外输出的含 P、含盐的废水、废气、废渣,而城区土壤承接了这些物质并富集于表层造成的。

3.3 肥力因素的时间变化

为客观反映肥力的时间变化情况,充分考虑土壤类型差异,不直接采用南京土壤志统计的南京市平均值,也不直接采用南京土壤志统计的各区的平均值,而是选择在我们取样区分布典型的菜园黄土(土属)的统计数据做分析,结果见表 5。1980 年数据为第 2 次土壤普查数据^[12]。

从表 5 的平均值来看,各土属情况基本一致,1999 年较 1980 年全 N、速效 K、有机质含量提高,全 P 含量降低,pH 值升高。据统计江苏省的 N、P、K 化学肥料投入总量逐年提高,由于养殖业的发展,有机肥的投入总量也是增加的^[17]。据淮阴市资料,土壤全 N 量的变化与施肥量呈极显著的正相关,土壤速效 P 的含量与施肥量也呈极显著的正相关^[18]。所以南京市的肥力时间变化可能与施肥情况有关。pH 值升高,与本文前面讨论的相同,可能由于城市土壤富 P 和城市碱性输出有关。

表 4 菜地肥力因素的层次差值的分区均值比较

Table 4 One ANOVO of Fertility elements content which calculated by the surface layer and bottom layer subtracting in vegetable plots

肥力元素	分区	样本数	平均值	标准差	最小值	最大值
全N (g/kg)	城区	5	0.38	0.22	0.11	0.69
	郊区	5	0.45	0.15	0.28	0.65
	农区	4	0.54	0.11	0.45	0.66
全P (g/kg)	城区	5	0.22	0.18	-0.01	0.42
	郊区	5	-0.07	0.42	-0.79	0.29
	农区	4	0.26	0.15	0.11	0.46
速效K (g/kg)	城区	5	0.033	0.016	0.020	0.061
	郊区	5	0.038	0.015	0.017	0.055
	农区	4	0.025	0.013	0.010	0.042
有机质 (g/kg)	城区	5	6.9	2.7	3.2	9.5
	郊区	5	5.9	2.0	3.6	8.8
	农区	4	7.7	1.6	5.9	9.8
pH	城区	5	0.48	0.28	0.12	0.90
	郊区	5	0.60	0.66	-0.30	1.44
	农区	4	0.54	0.36	0.14	0.97
电导率 (ms/cm)	城区	5	0.368	0.422	-0.160	0.980
	郊区	5	0.101	0.203	-0.156	0.280
	农区	4	0.212	0.442	-0.340	0.708

表 5 土壤肥力 1999 年较 1980 年变化

Table 5 The content of fertility elements in 1999 compared to in 1980 in vegetable plots

土壤类型	年 份	全 N (g/kg)	全 P (g/kg)	速效 K (mg/kg)	有机质(g/kg)	pH
菜园黄土	1980	1.14 ± 0.28	1.30 ± 0.77	98 ± 53	19.2 ± 05.6	6.5 ± 0.9
	1999(n*=10)	1.57 ± 0.19	0.86 ± 0.25	127 ± 28	23.2 ± 3.6	7.01 ± 0.85

* n 为本次实验中各土属对应的样本数。

4 结 论

(1) 肥力的横向空间变化: 菜地土壤全 N、全 P、有机质、pH 值和电导率随与城区距离的增加均呈降低趋势,速效 K 呈升高趋势。与离城近的菜地土壤耕作时间长,熟化程度高有关。水田土壤全 N、有机质随与城区距离的增加呈增加趋势,全 P 和电导率随与城区距离的增加呈降低趋势。也可能由于

城市化随时可能征占离城近的土地,农民弃农从工或从商(即城市化),城区或郊区水田荒于耕作而全 N、有机质含量下降^[19]。由于城市土壤的富 P 特性和城市排泄物及其碱性特征,使菜地和水田全 P、pH 和电导率城区高于郊区和农区。

(2) 肥力的纵向空间变化: 菜地和水田从城区到农区全 N、有机质、pH 值的层次差值有升高趋势。电导率的层次差值有减低趋势。全 P 和速效 K 层次

之差有降低趋势，在郊区出现异常负值。即全 N、有机质、pH 值层在城区层次差异小，在农区层次差异大；电导率、全 P、速效 K 在城区层次差异大，在农区差异小。pH 值大部分样底层高于表层。

(3) 肥力的时间变化：3 种土属的土壤肥力，1999 年较 1980 年全 N、速效 K 和有机质含量提高，全 P 含量降低，pH 值升高。南京市土壤肥力的时间变化可能与施肥情况有关。pH 值升高可能由于城市土壤富 P 和城市碱性输出有关。

参考文献

- DeKimple CR and Jean-Louis Morel. Urban Soil management: A growing concern. *Soil Sci.*, 2000, 165 (1): 31~40
- Smith WH. Air pollution and forest: interaction between air contaminants and forest ecosystems. 2nd ed. New York: Springer-Verlag, 1990
- Airola JM, Bucholz K. Species structure and soil characteristics of five urban forest sites along the New Jersey Palisades. *Urban Ecology*, 1984, 8:149~164.
- White CS, Mc Donell. Nitrogen cycling processes and soil characteristics in an Urban versus rural forest. *Biogeo-chemistry*, 1988, 5: 243~260
- Stroganova MN. Soil soft Moscow and urban environment. *Moscow*, 1998, 1~177
- Bullock P, Gregory P, Soil in the urban environment. Black well Scientific Publications. Oxford. Great Britain, 1999, 1~170
- 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
- 卢瑛, 龚子同, 张甘霖. 南京城市土壤的特性及其分类的初步研究. *土壤*, 2001, 33 (1): 47~51
- 马建华, 张丽, 李亚丽. 开封市城区土壤性质与污染的初步研究. *土壤通报*, 1999, 30 (2): 93~96
- 南京农业大学主编. 土壤农化分析. 第 2 版. 北京: 农业出版社, 1990, 29~137
- 张德纯, 杨奋翮, 张福锁. 北京郊区蔬菜保护地土壤磷空间及形态分布特征. *中国蔬菜*, 1999, (4): 7~11
- 卢瑛, 龚子同, 张甘霖. 南京城市土壤的特性及其分类的初步研究. *土壤*, 2000, 33 (1): 47~51
- 於忠祥. 合肥郊区菜园土肥力特征研究. *安徽农学通报*, 1998, 4 (2): 6~8
- 蒋名川, 解淑贞编著. 蔬菜施肥. 北京: 农业出版社, 1985, 1~30
- 南京市土壤普查办公室编著. 南京土壤志. 南京, 1987, 8, 509~526
- 高小杰. 南京市郊区菜地土壤供钾状况及施肥效应的研究. 硕士学位论文, 南京农业大学, 1993
- 王绪奎, 刘林旺. 江苏耕地地力演变趋势分析. 见: 江苏省土壤学会编 (马同生主编). 迈向 21 世纪的江苏土肥科技. 南京: 河海大学出版社, 1999, 1~4
- 马玉军, 陈凤英. 淮阴市土壤肥力变化及施肥结构初步研究. 见: 江苏省土壤学会编 (马同生主编). 江苏土肥科技与农业持续发展. 南京: 河海大学出版社, 1997, 92~97
- 秦明周, 陈云增. 快速城市化地区土地利用及其对土壤质量的影响——以广州市为例. *农业现代化研究*, 2000, 22 (2): 119~122

SPATIO-TEMPERAL DISTRIBUTION OF FERTILITY IN VEGETABLE SOIL IN NANJING

Fang Shibo¹ Pan Jianjun² Yang Wunian¹ Jiang Xiaosan² Jiang Liming¹

(¹ Institute of RS&GIS, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059; ² Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095)

Abstract With spatial and temporal variation of soil fertility in vegetable soil during the course of urbanizations in Nanjing, the capital of Jiangsu province, as a case for study, laws and causes of the spatial and temporal variation were analyzed. The results showed that urbanizations promoted variation of soil fertility of vegetable field: The content of total P, total organ matter and total N in urban area was higher than that in suburban and rural area, which is associated with mellowness of the soil and time length of its cultivation. The value of pH went down gradually from urban to rural areas. The content of total N, total organ matter, available K and pH in 1999 was higher than that in 1980, respectively whereas the content of total phosphate in 1999 was lower than that in 1980.

Key words Urbanizations, Vegetable plots, Soil fertility, Spatial distribution, Temporal variation