

DOI: 10.11766/trxb201703300075

城市土壤无机碳空间分布特征及其与城市化历史的关系*

赵 涵^{1, 2} 吴绍华^{1, 2†} 徐晓晔¹ 周生路¹ 李啸天¹

(1 南京大学地理与海洋科学学院, 南京 210023)

(2 国土资源部海岸带开发与保护重点实验室, 南京 210017)

摘 要 城市化过程深刻影响了土壤的碳循环过程。利用城市土壤空间精细化采样, 结合1900年—2010年南京城市化历史重建, 分析城市土壤无机碳空间分布与城市化过程的时空关系, 评估城市土壤无机碳的固碳潜力。研究表明, 城市土壤无机碳密度与城市化历史具有良好的对应关系, 历史老城区的无机碳库储量远高于快速城市化的新城区, 揭示城市土壤无机碳具有良好的固碳潜力。随着城市化历史的增加, 无机碳密度平均值表现出线性增长, 研究区的城市土壤表层无机碳库为2.94Tg, 其未来仍拥有的固碳潜力为1.45Tg。本研究可为阐明城市系统碳循环的机制、开展城市土壤无机碳固碳技术研究提供理论依据。

关键词 全球变化; 碳循环; 城市化; 固碳潜力; 无机碳

中图分类号 S153 **文献标识码** A

近百年来, 城市快速扩张。与此同时城市化也带来了全球变暖、自然灾害频发、生态系统破坏等一系列环境问题^[1-2], 其中城市化对土地利用方式的剧烈改变造成了土壤碳库的巨大亏减^[3-4], 从而严重影响了全球的碳循环过程^[5], 大气中CO₂浓度的不断升高, 温室效应变得更加严重^[6-7]。但城市化过程中残留在土壤中的碱性建筑废料使得城市土壤拥有巨大的碳汇潜力^[8]。Pouyat等^[8]研究了城市土壤碳库的变化, 表明城市化导致的土地利用方式的变化以及由此产生的建筑废料在土壤中的残留, 会增强土壤的碳汇潜力, 使城市土壤的无机碳含量不断升高。Renforth等^[9]通过土壤无机碳C、O稳定同位素的研究明确了土壤固碳生成次生无机盐的过程, 探明了土壤固碳潜力。对城市土壤碳库的研究成为了新的热点, 探明城市土壤碳库储量及空间分异特征, 构建城市化过程及其与无机碳库的

关系, 从而进一步评测其碳汇潜力, 对城市化的碳循环效应的研究有着重要的意义。

目前关于土壤碳库的研究多集中于有机碳库^[10-11], 对无机碳库的固碳潜力及稳定性知之甚少, 甚至将土壤无机碳库定义为“死库”^[12-13], 相关研究也只是简单地探明了碳库储量。许乃政等^[14]以长江三角洲为研究区域, 通过对地球化学调查结果的进一步分析研究, 得到了不同深度的土壤无机碳库的储量。杨黎芳和李贵桐^[15]总结出全球无机碳库的研究要远远落后于有机碳库的研究, 且研究多针对土壤无机碳的储量、分布及其影响因素, 对于土壤无机碳库的碳源、碳汇研究较少。同时, 城市化本身难以量化, 对城市化历史的重建具有较大的不确定性。目前对城市扩张的研究主要是利用遥感影像, 以1980年卫星影像为主, 而百年以上时间尺度的研究很少^[16-23]。这成为城市化过程

* 国家自然科学基金项目(41671085)和中央高校基本科研业务专项资金(020914380046)资助 Supported by the National Natural Science Foundation of China (No. 41671085) and the Fundamental Research Funds for High-ranking Universities (No. 020914380046)

† 通讯作者 Corresponding author, E-mail: wsh@nju.edu.cn

作者简介: 赵 涵(1992—), 男, 山西大同人, 硕士研究生, 主要从事城市化与环境变化研究。E-mail: njuzhaohan@126.com

收稿日期: 2017-03-30; 收到修改稿日期: 2017-07-13; 优先数字出版日期(www.cnki.net): 2017-07-25

无机碳循环的时间尺度研究的重要制约因素。

因此，为了分析城市土壤无机碳空间分布与城市化过程的关系，评估城市土壤无机碳的固碳潜力。本研究利用城市土壤空间精细化采样，重建近百年来南京城市化的历史，建立城市化历史与无机碳固碳潜力方程，评估固碳潜力。以期完善城市系统碳循环的研究、重视城市土壤的生态意义、缓解全球温室效应提供一定的理论依据。

1 材料与方 法

1.1 研究区概况

南京市是江苏省的省会，位于江苏省的西南部，与安徽相邻，处在 $31^{\circ}14' \sim 32^{\circ}37'N$ ， $118^{\circ}22' \sim 119^{\circ}14'E$ 之间，全市行政区域总面积为 6587 km^2 。本次研究的主要区域为南京市主城区，含玄武区、秦淮区、建邺区、鼓楼区、雨花台区、栖霞区和江宁区。

南京的地貌特征属于宁镇扬丘陵地带，多为低山缓岗，岗地占到土地总面积的53%，低山和丘陵分别占土地面积的3.5%和4.3%，其余39.2%为河流湖泊、洼地及平原。南京属于北亚热带季风湿润气候区，气候较为温和，四季分明，冬冷夏热，雨水充沛。常年平均降雨117 d，平均降雨量 1106 mm ，相对湿度76%，无霜期237 d，年平均气温 $16 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 。南京地区的土壤以地带性黄棕壤为主，分布在北部及中部的广大地区，另有小面积的红壤分布在南部与安徽省的接壤处，土壤特性以黏壤土为主，城市地区的土壤pH较高，偏碱性。

1.2 样品采集与分析

2014年6月进行野外采样，采样密度约为1个样 5 km^{-2} ，共采集141个土壤样品。采样过程中使用便携式GPS对采样点进行定位，样点分布如图1。采样点覆盖研究区域并略有延伸，其中雨花台区与江宁区采样点分布密度相对稀疏。采样时先将表层的枯枝落叶去除干净，而后用不锈钢的土样采集器采集0~20 cm表层土壤。土壤样品于室内自然风干，剔除大于2 mm的植物根茎、石子等杂物。待土样完全风干，将样品在研钵中研磨至分别过20目、60目、100目筛，连同原样分别保存备用。此次土壤无机碳测定的供试土壤为过100目筛的样品，其余样品用于测试土壤的其他理化性质，并作为补充实验的备用样品。土壤有机质采用重

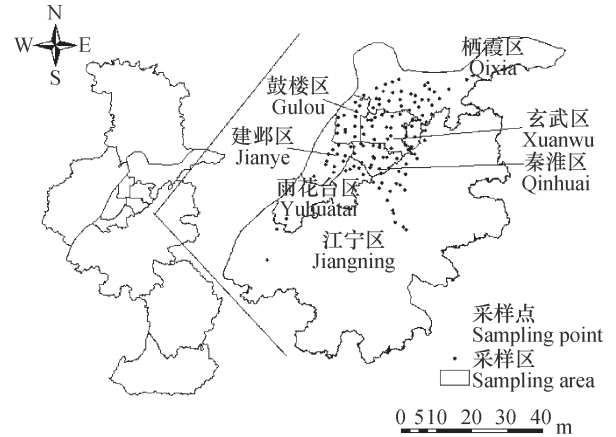


图1 采样点详细分布图

Fig. 1 Detailed sampling points distribution map

铬酸钾-硫酸消化法测定，土壤粒度采用英国马尔文土壤颗粒激光粒度仪测定，土壤pH采用电位法测定。

1.3 数据来源

1900年、1910年、1920年、1930年、1940年、1950年、1970年等七幅不同时间的历史地图作为数据底图，利用ArcGIS软件将历史地图内的城市化区域进行数字化处理获得城市化区域扩张信息。20世纪80年代之后的城市化原始信息是江苏省土地利用方式的栅格数据，利用ArcGIS软件提取分析得到1980年、1990年、2000年、2010年的城市化区域扩张信息。

1.4 研究方法

1.4.1 土壤无机碳质量分数测定 选取过100目筛的土壤样品，通过气量法测出碳酸钙标样与每份土壤样品产生的 CO_2 体积。利用标样的碳酸钙质量与产生的 CO_2 体积的关系绘制标准曲线，求得各份样品的碳酸钙质量（通常白云石和碳酸镁等碳酸盐在土壤碳酸盐中含量可以忽略，因此可以用碳酸钙来表征土壤碳酸盐的含量），进而获得每份样品的无机碳质量分数（ g kg^{-1} ）。

1.4.2 无机碳库储量计算 土壤剖面的区域单位土壤无机碳密度计算公式为

$$T = \sum_{i=1}^n (1 - \theta_i\%) \times \rho_i \times C_i \times D_i / 100$$

式中， T 为区域单位土壤无机碳密度（ kg m^{-2} ）； $\theta_i\%$ 为第 i 层 $> 2 \text{ mm}$ 的砾石占土壤总量的体积分数（%）； ρ_i 为第 i 层土壤容重（ g cm^{-3} ）； C_i 为通过气量法实验测得的第 i 层土壤无机碳的平均质量分数（ g kg^{-1} ）； D_i 为第 i 层土层厚度（cm）。

利用无机碳密度计算土壤无机碳库储量计算公式为:

$$S=T \times A$$

式中, S为无机碳库储量, T为区域单位土壤无机碳密度, A为区块单元面积。

基于插值分析得到南京市主城区无机碳质量分数在空间上的平均值, 计算出精确的南京市主城区土壤无机碳密度, 从而得到研究区表层(0~20 cm)土壤无机碳库储量。

1.4.3 城市化历史数据处理与无机碳插值叠加分析 由于南京地处我国东部湿润地区, 自然土壤无机碳含量非常低, 假设南京市土壤在没有城市化之前是可比的。利用空间换时间的方法, 认为城市土壤无机碳含量的变化是城市化时间的函数, 它包含了建筑硅酸盐风化、建筑无机碳输入、土壤pH等理化性质改变等过程的综合影响。因此, 可假设各时段内新增城市区域的土壤无机碳含量代表了该时段土壤无机碳的含量, 由此构建表层土壤无机碳含量均值的时间序列。利用ArcGIS软件, 将1900年、1910年、1920年、1930年、1940年、1950年、1970年、1980年、1990年、2000年、2010年共十一个年份的城市区域图分别与南京市主城区表层土壤(0~20 cm)无机碳含量分布图进行叠加分

析, 得到城市化历史所对应的主城区范围的表层土壤无机碳密度均值。

2 结果与讨论

2.1 南京市主城区无机碳库储量及空间分布

土壤样品理化性质见表1。南京市主城区表层土壤的无机碳含量均值为 2.51 g kg^{-1} , 变化范围为 $0 \sim 22.6 \text{ g kg}^{-1}$, 方差为11.92, 变异较大。根据采样与空间分析, 研究区土壤无机碳密度为 0.63 kg m^{-2} , 土壤无机碳库储量为1.49 Tg。这一结果与许乃政等^[14]对长江三角洲表层土壤无机碳密度的研究结果类似, 表明土壤无机碳是土壤碳库的重要组成部分, 但我国东部湿润地区土壤无机碳稳定性相对较低, 土壤无机碳含量明显低于干旱半干旱地区^[7, 24], 所以目前我国东部地区对土壤无机碳研究相对较少。

城市土壤无机碳分布与城市历史具有密切关系。历史老城区(即原白下区和秦淮区)的无机碳含量最大, 达到了 4.48 g kg^{-1} , 远大于其他六区; 其次是玄武区与鼓楼区, 二者的无机碳含量分别达到 2.54 g kg^{-1} 和 2.35 g kg^{-1} ; 新城区无机碳含量较低, 建邺区与雨花台区分别为 2.23 g kg^{-1} 和

表1 供试土壤基本理化性质

Table 1 Basic physico-chemical properties of the soil studied

	最小值 Min	最大值 Max	均值 Mean	标准差 SD	变异系数 CV (%)
pH	5.29	8.26	7.43	0.61	8
无机碳 SIC (g kg^{-1})	0	22.60	2.50	3.45	138
有机碳 SOC (g kg^{-1})	0.37	6.82	1.76	1.12	63
黏粒 Clay (%)	2.97	14.17	9.35	1.99	21
粉粒 Silt (%)	24.51	89.82	71.62	12.86	18
砂粒 Sand (%)	1.57	72.40	19.03	14.18	75

2.20 g kg^{-1} , 快速城市化的栖霞区与江宁区分别仅为 2.14 g kg^{-1} 和 2.01 g kg^{-1} 。

2.2 100年来南京市主城区扩张历史重建

南京市主城区的扩张呈现明显的单中心、扩散式的发展方式, 在不同时期具有不同的扩张特征。具体分为1900—1950年、1950—1980年、1980—2010年三个时期。

南京市主城区在1900年已经形成明显的城市中

心, 即现在的秦淮区范围。1950年前的南京市主城区扩张始终未跨越明城墙的范围, 主要以填充原有城市中心为主, 扩张速度缓慢, 至1950年城市范围也只占用了明城墙内部土地的60%~70%。

1950—1980年, 南京市的城市扩张速率明显增加, 扩张范围也突破了明城墙的限制。这一时期的城市扩张过程中, 围绕主城区的集聚式发展仍然非常明显, 城市范围依旧非常集中。

1980—2010年，南京市的城市扩张进入了飞速的跨越式发展的阶段，这一时期的城市扩张不再是缓慢的填充式发展，而是以主城为核心的大范围的跨越式发展，尤以雨花台区、栖霞区、江宁区这些原来围绕着主城的边缘地带扩张最为迅速。

2.3 无机碳库密度空间分布与城市化历史关系

通过对自1900年始每十年为一个时段的百年时间尺度无机碳库空间格局进行研究，得到了每个年份所对应的主城区范围的无机碳含量平均值（表2）。此处选取1900年与2010年两幅图进行叠加分析（图2）。

随着城市化历史增加，无机碳含量均值呈明显的上升趋势，证实了城市土壤由于其富含钙元素、pH较高的特性可以固定大量大气中的CO₂。无机碳含量均值最高的1900年达到了4.17g kg⁻¹，与区域无机碳含量均值最高的秦淮区的4.48g kg⁻¹相接近。

1900—1950年、1950—1980年、1980—2010年三个时期所对应主城区范围的无机碳含量下降斜率逐渐缓慢，表明老城区无机碳库的积累作用更加明显，新城区的无机碳库则呈现轻度的积累。结合三个阶段的城市扩张速率来进行探究，也从另一个侧面印证了城市土壤对大气中CO₂极强的固定作

表2 不同年代对应主城区范围无机碳含量均值

年份Year	无机碳 SIC (g kg ⁻¹)	年份Year	无机碳 SIC (g kg ⁻¹)	年份Year	无机碳 SIC (g kg ⁻¹)	年份Year	无机碳 SIC (g kg ⁻¹)
1900	4.17	1930	3.52	1960	3.03	1990	2.64
1910	3.97	1940	3.39	1970	2.88	2000	2.56
1920	3.60	1950	3.15	1980	2.67	2010	2.42

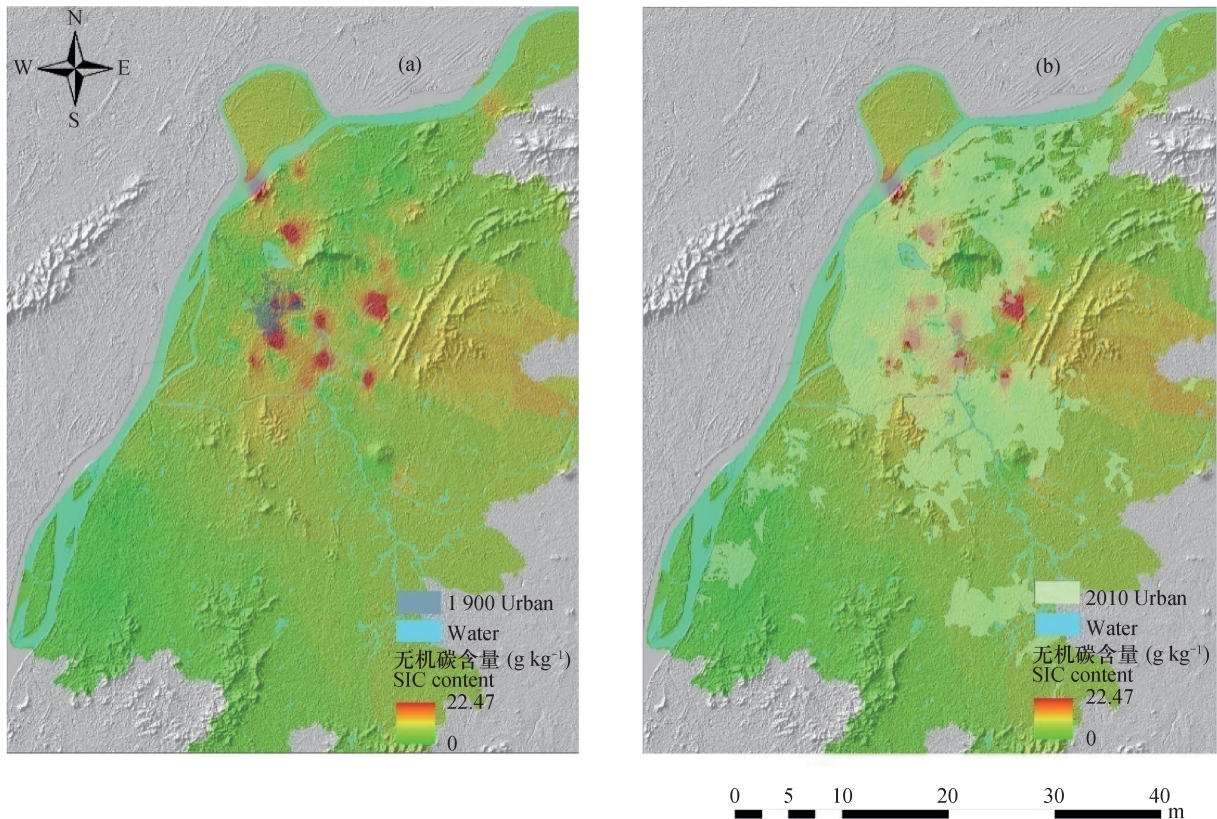


图2 无机碳库插值分析1900年 (a) 和2010年 (b)

Fig. 2 Interpolation of inorganic carbon pool in year 1900 (a) and 2010 (b)

用。从另一个角度来看,未来对城市的扩张尤其是大时间尺度下的城市扩张的研究,可以利用地区无机碳库的含量来作为辅助验证手段,而由于历史久远等原因缺乏遥感数据及地图数据的区域,可以直接利用无机碳含量的空间分异来研究城市的扩张过程与扩张速率。

老城区由于城市化时间长,更多含钙建筑废料风化释放至土壤中,使土壤pH升高,固碳能力增强,同时老城区土壤固碳过程更充分,因此老城区的土壤无机碳含量明显高于新城区,这一结果也证实了Pouyat等^[8]对城市土壤固碳机理的研究。许乃政等^[3]对上海市城市格局与土壤无机碳的分布特征的研究中也发现,上海市1980年前建城区土壤无机碳分布富集明显,而新建城区呈现轻度富集。

2.4 城市土壤无机碳固碳速率与潜力估算

研究表明随城市化历史增加,无机碳含量平均值呈现明显的上升趋势,且由于城市化速率不断加快,新城区具有较大的固碳潜力。通过对城市化时间与无机碳含量的回归方程拟合,得到了城市土壤对次生无机碳的固定方程为:

$$z=0.0156x+2.309$$

式中, x 为从1900年起的城市化时间(y); z 为无机碳含量(g kg^{-1})。

得到城市土壤对次生无机碳的固定速率为 $0.00156 \text{ g kg}^{-1} \text{ a}^{-1}$,拟合优度 $R^2=0.9736$ 。

假设1900年的主城区范围经过长时间的无机碳固碳已经达到平衡,以此作为城市土壤的无机碳固碳潜力,测算研究区通过表层土壤无机碳的固碳潜力为 2.94 Tg ,其未来仍拥有的固碳容量为 1.45 Tg 。Renforth等^[9]对英国城市土壤固碳过程的研究也得到了类似的结果,城市土壤因其高pH、富钙等特性拥有巨大的固碳潜力,城市土壤每年固定的 CO_2 量甚至可以达到基建行业每年向大气中释放的 CO_2 总量的80%以上,未来的城市发展完全可以利用人工设计的方式来缓解温室效应。

城市土壤无机碳的固碳过程主要是土壤次生碳酸盐的形成过程,土壤次生碳酸盐的形成方式有成岩的原生碳酸盐再活化、有机碳转化和 CO_2 气体直接羟基化三种,在高pH、富钙的城市土壤中主要以后两者为主,原生碳酸盐再活化可以忽略不计。C、O稳定同位素在以上三种次生碳酸盐形成过程中对应不同的同位素值,需要结合C、O稳定同位素解析,可以得到研究区域土壤次生碳酸盐各形成

方式的比例,从而相对精确地推算出其固碳速率与固碳潜力,下一步将利用同位素分析揭示城市土壤无机碳的固定速率和机制。

3 结 论

南京市主城区土壤无机碳含量的空间分异与城市化历史具有良好的对应关系,老城区土壤的固碳量明显高于新城区。城市土壤因其高pH、富钙等特性而具有良好的固碳潜力,随城市化历史增加,土壤无机碳含量表现出明显的线性增长,新城区仍拥有非常巨大的固碳潜力。但湿润地区的城市土壤的无机碳稳定性如何,固碳的速率多大等关键问题仍然有待探究。下一步研究将在无机碳空间分析的基础上,结合城市土壤无机碳的碳氧稳定同位素分析技术,进行城市土壤无机固碳机制、速率和稳定性研究,以期在城市土壤无机碳固碳提供理论支撑。

参 考 文 献

- [1] 解利剑,周素红,闫小培.近年来中国城市化与全球环境变化研究述评.地理科学进展,2010,29(8):952—960
Xie L J, Zhou S H, Yan X P. A review of the recent researches on China's urbanization and global environmental change (In Chinese). Progress in Geography, 2010, 29(8): 952—960
- [2] 吴绍华,虞燕娜,朱江,等.土壤生态系统服务的概念、量化及其对城市化的响应.土壤学报,2015,52(5):970—978
Wu S H, Yu Y N, Zhu J, et al. Soil ecosystem services: Concept, quantification and response to urbanization (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2015, 52(5): 970—978
- [3] 许乃政,刘红樱,梁晓红.上海市城市扩展格局及土壤无机碳分布特征分析.上海环境科学,2010,29(4):144—147,184
Xu N Z, Liu H Y, Liang X H. An analysis on the urban expanding patterns and soil inorganic carbon distribution in Shanghai (In Chinese). Shanghai Environmental Science, 2010, 29(4): 144—147, 184
- [4] 周睿,潘贤章,解宪丽,等.城市化进程对土壤表层有机碳库的影响——以上海市为例.土壤通报,2013,44(5):1163—1167
Zhou R, Pan X Z, Xie X L, et al. Urbanization and its impact on organic carbon storage in topsoil—Taking Shanghai as a case study (In Chinese). Chinese

- Journal of Soil Science, 2013, 44 (5) : 1163—1167
- [5] 张甘霖, 赵玉国, 杨金玲, 等. 城市土壤环境问题及其研究进展. 土壤学报, 2007, 44 (5) : 925—933
Zhang G L, Zhao Y G, Yang J L, et al. Urban soil environment issues and research progresses (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2007, 44 (5) : 925—933
- [6] 张志强, 孙成权. 全球变化研究十年新进展. 科学通报, 1999, 44 (5) : 464—477
Zhang Z Q, Sun C Q. Overview of the progress in global change research over recent 10 years (In Chinese). Chinese Science Bulletin, 1999, 44 (5) : 464—477
- [7] 郭洋, 李香兰, 王秀君, 等. 干旱半干旱区农田土壤碳垂直剖面分布特征研究. 土壤学报, 2016, 53 (6) : 1433—1443
Guo Y, Li X L, Wang X J, et al. Profile distribution of soil inorganic and organic carbon in farmland in arid and semi-arid areas of China (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2016, 53 (6) : 1433—1443
- [8] Pouyat R, Groffman P, Yesilonis I, et al. Soil carbon pools and fluxes in urban ecosystems. Environmental Pollution, 2002, 116: 107—118
- [9] Renforth P, Manning D A C, Lopez-Capel E. Carbonate precipitation in artificial soils as a sink for atmospheric carbon dioxide. Applied Geochemistry, 2009, 24 (9) : 1757—1764
- [10] Díaz-Hernández J L. Is soil carbon storage underestimated. Chemosphere, 2010, 80 (3) : 346—349
- [11] 潘根兴. 中国土壤有机碳和无机碳库量研究. 科技通报, 1999, 15 (5) : 330—332
Pan G X. Study on carbon reservoir in soils of China (In Chinese). Bulletin of Science and Technology, 1999, 15 (5) : 330—332
- [12] 李彦, 王玉刚, 唐立松. 重新被“激活”的土壤无机碳研究. 土壤学报, 2016, 53 (4) : 845—849
Li Y, Wang Y G, Tang L S. The effort to re-activate the inorganic carbon in soil (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2016, 53 (4) : 845—849
- [13] 许乃政, 刘红樱, 魏峰. 土壤碳库及其变化研究进展. 江苏农业科学, 2011, 39 (2) : 1—5
Xu N Z, Liu H Y, Wei F. Research progress of soil carbon pool and its changes (In Chinese). Jiangsu Agricultural Science, 2011, 39 (2) : 1—5
- [14] 许乃政, 张桃林, 王兴祥, 等. 长江三角洲地区土壤无机碳库研究. 长江流域资源与环境, 2009, 18 (11) : 1038—1044
Xu N Z, Zhang T L, Wang X X, et al. The research on soil inorganic carbon pool in Yangtze River Delta (In Chinese). Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2009, 18 (11) : 1038—1044
- [15] 杨黎芳, 李贵桐. 土壤无机碳研究进展. 土壤通报, 2011, 42 (4) : 986—990
Yang L F, Li G T. Advances in research of soil inorganic carbon (In Chinese). Chinese Journal of Soil Science, 2011, 42 (4) : 986—990
- [16] 张廷龙, 孙睿, 胡波, 等. 北京西北部典型城市化地区不同土地利用类型土壤碳特征分析. 北京师范大学学报 (自然科学版), 2010, 46 (1) : 97—102
Zhang T L, Sun R, Hu B, et al. Analyzing soil carbon characteristics of typical urbanization zones in northwestern Beijing (In Chinese). Journal of Beijing Normal University (Natural Science), 2010, 46 (1) : 97—102
- [17] 李飞雪, 李满春, 刘永学, 等. 建国以来南京城市扩展研究. 自然资源学报, 2007, 22 (4) : 524—535
Li F X, Li M C, Liu Y X, et al. Urban growth in Nanjing since 1949 (In Chinese). Journal of Natural Sources, 2007, 22 (4) : 524—535
- [18] 王茜, 张增祥, 易玲, 等. 南京城市扩展的遥感研究. 长江流域资源与环境, 2007, 16 (5) : 554—559
Wang Q, Zhang Z X, Yi L, et al. Research on urban expansion in Nanjing, China using RS and GIS (In Chinese). Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2007, 16 (5) : 554—559
- [19] 吴秀. 南京城市空间扩展特征与模拟研究. 南京: 南京师范大学, 2012
Wu X. Characteristics and simulation of space extension in Nanjing (In Chinese). Nanjing: Nanjing Normal University, 2012
- [20] 张峰, 郑光, 曹荣林. 城市空间扩展问题的遥感技术研究方法——以南京为例. 遥感信息, 2006 (4) : 43—45, 66
Zhang F, Zheng G, Cao R L. The research on city expansion using remote sensing technology (In Chinese). Remote Sensing Information, 2006 (4) : 43—45, 66
- [21] 汪满琴. 城市边缘区的空间扩展演变特征及机制研究. 南京: 南京师范大学, 2014
Wang M Q. Research on the characteristics and mechanism of spatial expansion of urban fringe (In Chinese). Nanjing: Nanjing Normal University, 2014
- [22] Yang Y C, Yang X J. Research on urban spatial expansion and land use inner structure transformation of the large valley-basin cities in China from 1949 to 2005—A case study of Lanzhou. Journal of Natural Resources, 2009, 24 (1) : 37—49
- [23] 李广琦. 评一本具有重大实践意义的科学著作——《中

- 国大都市的空间扩展》. 现代城市研究, 1998 (5): 60-61
- Li G Q. Comment on a scientific book with significant practical significance-"Spatial expansion of China's metropolis" (In Chinese). Modern Urban Research, 1998 (5): 60-61
- [24] 杨帆, 黄来明, 李德成, 等. 高寒山区地形序列土壤有机碳和无机碳垂直分布特征及其影响因素. 土壤学报, 2015, 52 (6): 1226-1236
- Yang F, Huang L M, Li D C, et al. Vertical distributions of soil organic and inorganic carbon and their controls along toposequences in an alpine region (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2015, 52 (6): 1226-1236

Spatial Distribution of Soil Inorganic Carbon in Urban Soil and Its Relationship with Urbanization History of the City

ZHAO Han^{1, 2} WU Shaohua^{1, 2*} XU Xiaoye¹ ZHOU Shenglu¹ LI Xiaotian¹

(1 School of Geographic and Oceanographic Science, Nanjing University, Nanjing 210023, China)

(2 Development and Protection Key Laboratory of Coastal Zone, The Ministry of Land and Resources Nanjing 210017, China)

Abstract Urbanization has a profound impact on soil carbon recycling. Based on spatial specific sampling of the urban soil and inversion of the urbanization history of Nanjing between 1900 and 2010, spatio-temporal relationship between spatial distribution of inorganic carbon in urban soil and urbanization processes was analyzed for assessment of inorganic carbon sequestration potential of urban soil. Results show that inorganic carbon density of the urban soil is closely related to history of the city, and it is much higher in historical old regions than in newly urbanized regions, which indicates that the urban soil is highly potential in sequestration of inorganic carbon. The mean inorganic carbon density in the urban soil grows linearly with the development of urbanization. The inorganic carbon pool in the topsoil of the urban area studied reached 2.94 Tg and the area still had a potential of sequestering 1.45 Tg of inorganic carbon in future. All the findings in this study may serve as theoretical basis for elaborating the mechanism of carbon recycling in the urban system and conducting research on inorganic carbon sequestration in urban soil.

Key words Global change; Carbon recycling; Urbanization; Carbon sequestration potential; Inorganic carbon

(责任编辑: 檀满枝)