

城市功能区、植被类型和利用年限对土壤压实的影响

杨金玲, 张甘霖*

(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)

摘要: 土地利用会对土壤压实产生影响。本文通过对南京市不同功能区、植被类型和利用年限的土壤进行调查研究, 了解这些利用情况对土壤压实的影响程度。结果表明: 城郊菜地土壤没有被压实, 而城区土壤存在不同程度的压实退化现象; 城区内部只有公园土壤与道路绿化带土壤之间的通气孔隙度指标差异显著, 其他功能区土壤之间压实指标差异不显著。所以, 就压实状况而言, 城区内并不存在所谓的功能区之间的差异。植被类型和利用年限对城市土壤的压实都有显著的影响。蔬菜地土壤与自然土壤体积质量和孔隙度相近, 为无压实土壤, 城区除了树下灌木土壤无压实外, 其他植被类型下的土壤均有不同程度的压实退化现象, 草坪和裸地土壤压实最为严重。从利用年限看, 利用时间少于 5 年的新土压实程度远远大于利用时间在 20 年以上老土的压实程度。土壤压实严重与城市建设时的机械压实和草坪建成后的人为践踏密切相关, 利用较久的老土壤压实较轻, 主要是在无进一步人为践踏情况下, 植被生长后根系和土壤生物活动有一定的修复作用。乔木和灌木搭配的修复效果最好。

关键词: 城市土壤; 压实; 功能区; 植被类型; 利用历史

中图分类号: S152

城市化过程中土壤的利用方向和方式发生改变, 从而使土壤环境和土壤理化性质发生明显的变化^[1]。由于城市污染较为明显, 过去对城市土壤的研究多集中在它的化学性质上^[2-5], 而有关城市土壤物理性质的研究不多。实际上, 土壤的物理退化同样会对环境产生极大的影响, 而且这种影响更加持久和难以修复。有害的物理性质, 如不好的质地、结构破坏、压实、封闭根际、人为石质性、埋藏物的存在等都不易改变。各种不同的物理性质都会对城市环境产生不良的影响, 其中土壤压实退化是最为普遍的问题^[6], 是城市土壤退化的主要形式之一。

在城市里土壤压实普遍存在^[7-9]。土壤压实的直接后果是土壤体积质量(容重)增大, 孔隙度减小^[10]。由此可以带来土壤透气性、水分渗透性及饱和导水率减小, 土壤强度相应增加, 植物根系的穿透性阻力增大。同时, 由于孔隙度总量减少和大小比例的变化, 使得土壤的水分含量也发生变化, “土壤水库”的库容减少, 土壤的有效水含量减少, 无效水含量增加^[11-12]。由此, 对城市植物生长和城市环境产生不良的影响。因此, 城市土壤的压实问题应当引起人们足够的重视。土壤体积质量和孔隙度也是城市绿地土壤质量评价的一个主要方面^[13]。本文就城市功能区、植被类型和利用年限对土壤压实程度的影响进行了研究, 为明确城市土

壤压实的影响因素和提出缓解土壤压实的土壤管理对策提供参考依据。

1 材料与方法

本研究选择南京市不同的功能区、植被类型和利用年限土壤进行研究。所选择的典型功能区类型共有 5 个, 城区 4 个为居民区、公园、学校和道路绿化带, 城郊 1 个为农地(菜地)。每个典型功能区内包括利用历史少于 5 年的新土和多于 20 年的老土两种利用历史的土壤。植被类型共有 5 种, 包括无植被(裸地)、草坪、树下草坪、树下灌木、蔬菜。在居民区、公园、学校的植被类型有草坪和树下草坪两种; 道路绿化带的植被类型为草坪(有树, 但因为树木小, 还没有形成树下草坪)和树下灌木两种; 城郊菜地的植被为蔬菜, 少于 5 年的新菜地原是水稻田, 改种蔬菜仅 3 年。在公园和道路绿化带中还有裸地作为特例。在本文中我们将城市绿地中利用年限少于 5 年的称为新土, 将利用年限超过 20 年的称为老土。由于土壤的局部变异性较大, 为了更具有代表性, 每类功能区的每个类型选利用相同的 3 个点作为重复, 每个点又取 3 个原状环刀样品作为重复。这样, 共有 5 个功能区, 36 个采样点。采样时间为 2004 年 6—9 月。各个功能区具体的研究地点、土地利用类型、利用年限见表 1。

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

* 通讯作者(gljzhang@issas.ac.cn)

作者简介: 杨金玲(1973—), 女, 山东烟台人, 硕士, 助理研究员, 主要从事土壤发生和土壤地球化学研究。E-mail: gljzhang@issas.ac.cn

表 1 研究点的具体情况
Table 1 Conditions of the studied sites

功能区	地点	植被类型	植被名称	利用年限 (年)	编号
居民区	公教一村	草坪	高羊茅	3~4	J044、J045、J046
		树下草坪	树: 樱花、棕树、柏树; 草坪: 麦冬	>20	J043、J047、J048
公园	明故宫广场	草坪	百幕大	4~5	J027、J028、J029
	午朝门公园	草坪	马化拉	20~30	J031、J032、J062
		无植被	1~2 m 以外有草坪, 2~3 m 以外有白杨树、雪松、水杉、桂花树、白杨树等	20~30	J023、J024、J030
学校	南京大学	草坪	高羊茅	2~3	J035、J037、J038
		树下草坪	树: 核桃树、白玉兰、银杏树、雪松、桂花树等; 草坪: 麦冬	20~30	J033、J034、J036
路边绿化带	江东北路	草坪	马化拉	3~4	J002、J005、J006
		无植被	0.5 m 以外有草坪	3~4	J001、J003、J004
	北京东路	树下灌木	树: 松树, 水杉; 灌木: 桃叶珊瑚	>20	J010、J011、J012
郊区菜地	至上坊	蔬菜	采样时蔬菜收获, 一般四季轮种青菜、四季豆、大萝卜、花菜、豆角等	3~4	J055、J057、J058
	顾家营	蔬菜	采样时蔬菜收获, 一般四季轮种香菜、青菜、四季豆、苋菜、空心菜等	20~30	J052、J053、J054

因为城市土壤的压实主要在表层^[14], 所以主要采集表层 0~10 cm 的土壤样品。分析测定项目主要有: 土壤含水量: 烘干法; 土壤体积质量: 环刀法; 土壤比重: 比重瓶法; 土壤总孔隙度: 通过公式计算获得, 土壤总孔隙度 = (1 - 体积质量/比重) × 100; 土壤通气孔隙度: 首先测定土壤毛管水和土壤饱和水, 二者之差即是土壤重力水, 由于土壤重力水的比重为 1 g/cm³, 由此可以换算土壤的通气孔隙度; 土壤毛管孔隙度: 通过计算获得, 土壤毛管孔隙度 = 总孔隙度 - 通气孔隙度^[15-16]。土壤毛管水和土壤饱和水的测定参照文献 [15]。

2 结果与讨论

2.1 城市土壤的压实状况

在质地相近的土壤上, 压实越严重, 体积质量越大, 孔隙度越小^[17]。所以人们一般用体积质量和孔隙度来反映土壤的压实程度。从南京城市的测定数据看, 土壤的体积质量 1.14~1.70 g/cm³, 平均为 1.43 g/cm³; 总孔隙度 37.9%~56.6%, 平均为 47.0%; 毛管孔隙度 36.5%~48.0%, 平均为 43.4%; 通气孔隙度为 0.4%~10.7%, 平均为 3.5%。一般适于植物生长发育的土壤体积质量为 1.1~1.3 g/cm³, 总孔隙度为 50%~56%,

通气孔隙度在 8%~10%, 如能达到 15%~20%则更好^[18]。从图 1 中可以看出, 77.8% 土壤的体积质量>1.3 g/cm³, 其中城区土壤占了 92.9%; 75.0% 的土壤总孔隙度<50%, 城区土壤占了 96.3%; 有 94.4% 的土壤通气孔隙度<10%, 其中城区土壤占了 77.8%。可见, 土壤普遍被压实, 尤其是城区土壤。

2.2 不同功能区土壤压实的对比分析

为了了解不同功能区之间土壤压实退化的差异程度, 对所选择的 5 个典型功能区内土壤体积质量和孔隙度进行统计分析和多重比较 (表 2)。从表 2 中可以看出, 在 95% 置信水平下, 城区各功能区土壤的体积质量差异都不显著, 而城郊菜地土壤体积质量除与学校内土壤差异不显著外, 与城区其他功能区土壤都差异显著。在 95% 置信水平下, 从总孔隙度看, 城区各功能区土壤的总孔隙度差异都不显著, 而城郊菜地土壤的总孔隙与城区各功能区土壤差异都显著。从毛管孔隙度看, 只有城郊菜地和公园或道路绿化带差异显著, 而其他类型之间则差异不显著; 从通气孔隙度看, 城郊菜地除与道路绿化带之间差异不显著外, 与其他类型之间都差异显著, 城区各功能区之间, 仅公园与道路绿化带土壤之间差异显著, 而其他类型之间则差异不显著。

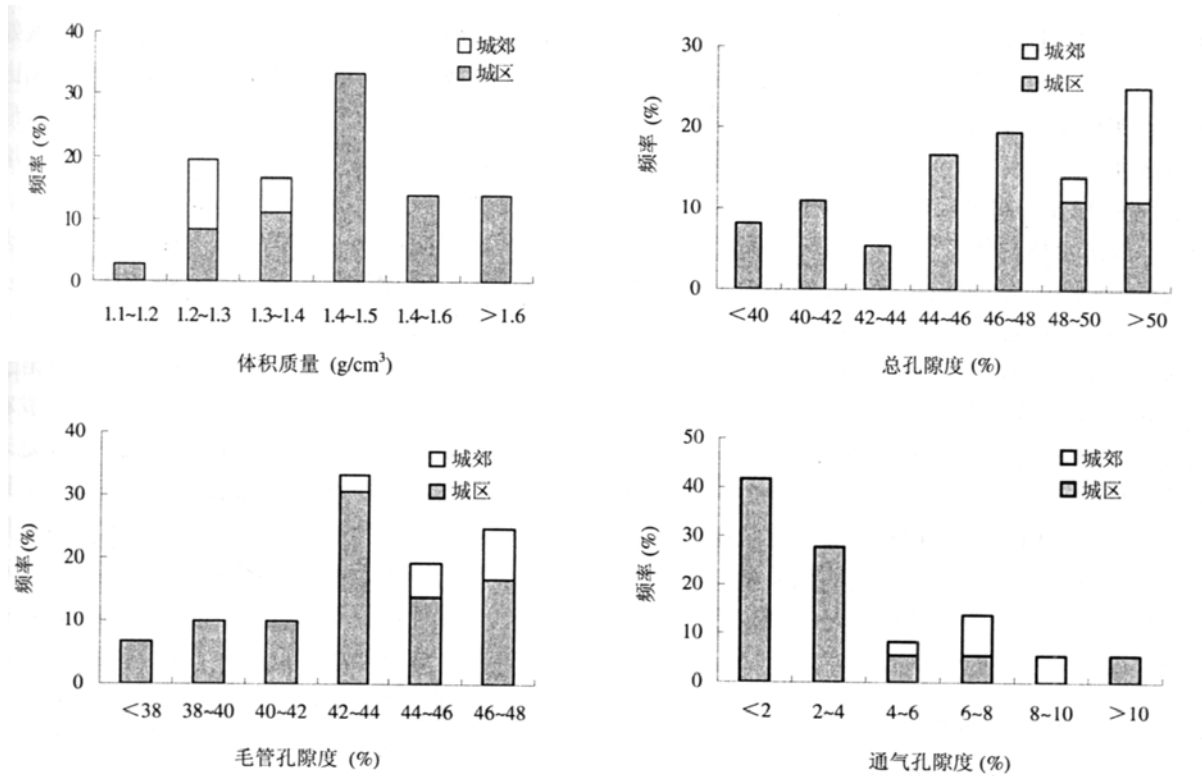


图1 城市土壤体积质量和孔隙度频率分布图

Fig. 1 Frequency distribution of bulk density and porosity of urban soils

表 2 不同功能区土壤体积质量和孔隙度统计分析结果

Table 2 Statistics and analysis of bulk densities and porosities of soils in different function zones

		居民区	公园	学校	道路绿化带	郊区菜地
样品数		6	9	6	9	6
体积质量 (g/cm ³)	最大值	1.54	1.70	1.49	1.65	1.36
	最小值	1.35	1.28	1.35	1.14	1.25
	平均值	1.43 a	1.52 a	1.43 ab	1.43 a	1.29 b
	标准差	0.72	0.14	0.05	0.19	0.04
总孔隙度 (%)	最大值	49.5	51.0	49.0	56.6	53.6
	最小值	43.0	37.9	44.6	39.1	49.7
	平均值	46.7 a	43.8 a	46.6 a	46.9 a	52.3 b
	标准差	2.5	4.5	1.5	6.5	1.4
毛管孔隙度 (%)	最大值	46.7	48.0	46.1	46.4	47.6
	最小值	41.0	37.5	42.1	36.5	43.6
	平均值	44.2 ab	42.0 a	44.5 ab	42.4 a	45.4 b
	标准差	2.2	3.2	1.5	3.3	1.6
通气孔隙度 (%)	最大值	3.8	6.6	4.1	10.7	8.8
	最小值	1.3	0.4	0.8	1.2	5.6
	平均值	2.5 ab	1.8 a	2.1 ab	4.6 bc	6.9 c
	标准差	0.9	2.0	1.3	3.8	1.3

注：同一行中含有相同字母的为差异不显著 (P<0.05)，下同。

综合以上各个体现土壤压实程度指标（体积质量、总孔隙度、毛管孔隙度、通气孔隙度）显著性分析的结果，发现城区土壤与城郊土壤的压实程度存在显著差异。而城区内部只有公园土壤与道路绿化带土壤之

间在通气孔隙度指标上差异显著，其他功能区土壤之间所有压实指标差异都不显著。可见，城区与城郊土壤之间在压实程度上存在很大的差异。

对城区 4 个功能区的 30 个采样点和城郊菜地的 6 个采样点 0 ~ 10 cm 的表层土壤的体积质量和孔隙度分别统计，城区土壤的体积质量 1.14 ~ 1.70 g/cm³，变异范围很大，平均值为 1.46 g/cm³。城郊菜地土壤的体积质量为 1.25 ~ 1.36 g/cm³，平均体积质量 1.29 g/cm³。大多数城区土壤的体积质量 > 1.30 g/cm³，集中在 1.30 ~ 1.60 g/cm³ 之间；而城郊菜地则集中在 1.27 g/cm³ 左右。表 3 中 t 检验的结果表明，城区土壤体积质量与城郊菜地土壤在 99% 置信水平下差异显著。一般农地未压实表层土壤体积质量为 1.30 g/cm³，这说明城区土壤体积质量普遍大于一般农地土壤体积质量，而城郊菜地土壤体积质量与一般农地和自然土壤相近，为未压实土壤。

表 3 城区与城郊土壤体积质量和孔隙度的 t 检验结果

Table 3 The t test of bulk density and porosity of soils in the city and suburbs

	体积质量	总孔隙度	毛管孔隙度	通气孔隙度
t 值	3.03	-3.43	-1.93	-3.76
显著	0.005	0.002	0.062	0.001
(P<0.01)				

注：城区样品 30 个，城郊菜地样品 6 个。

城区土壤的总孔隙度变化范围为 37.9% ~ 56.6%，平均为 45.9%；毛管孔隙度变化范围为 36.5% ~ 48.0%，平均为 43.0%；通气孔隙度变化范围为 0.4% ~ 10.7%，平均为 2.8%。城郊菜地土壤总孔隙度为 49.7% ~ 53.6%，平均值为 52.3%；毛管孔隙度为 43.6% ~ 47.6%，平均为 45.4%；通气孔隙度为 5.6% ~ 8.8%，平均为 6.9%。t 检验的结果表明（表 3），城区土壤的总孔隙度、通气孔隙度与城郊菜地土壤在 P<0.01 水平下差异显著，而毛管孔隙度差异不显著。城郊菜地土壤的孔隙度与一般未压实自然土壤相近，明显大于城区土

壤，而且城区土壤的孔隙度变化范围很大，城郊菜地的变化则较小。与一般农地土壤和自然土壤相比，城区土壤的孔隙度明显减少，通气孔隙度的减少最为严重。很显然，城市环境中由于压实所导致的土壤体积质量增加和孔隙度降低十分普遍。

城市不同功能区内部土壤压实程度的变异也很大（表 2）。这种差异可能是由于一些与功能区本身无关的因素引起的，如植被类型或利用年限等能引起土壤物理性质发生变化的因素。从前面城郊菜地土壤体积分数的分析已知其体积质量和孔隙度与一般农田和自然土壤相近。这样，城郊菜地土壤可认为是未压实的一般土壤，从多重比较的结果看，与城郊菜地土壤差异越显著的土壤，其压实越严重。通过各个压实指标的比较，城区内不同功能区之间土壤的压实程度尽管有一些差异，但是这些差异不显著。因此，在城区内进行城市土壤的压实研究如果简单化地按照功能区进行分类则缺乏足够的分辨能力。换句话说，就压实状况而言，城区内并不存在所谓的功能区之间的差异。

2.3 不同利用年限对土壤压实的影响

本文将利用年限少于 5 年的称为新土，将利用年限超过 20 年的称为老土。表 4 是对新土和老土体积分数和孔隙度进行统计分析的结果。由表 4 可以发现，从体积分数看，新土的最小值、最大值和平均值都大于老土；从孔隙度看，新土的最小值、最大值和平均值都小于老土。并且对新土和老土进行统计检验，结果显示新土与老土之间无论体积分数还是孔隙度在 P<0.05 水平下差异都显著，这说明城市新土的压实程度显著大于老土的压实程度。所以，城市绿地土壤的利用时间越长，土壤的物理性质越好，其压实退化程度越轻。

城市土壤的新土比老土压实严重主要是因为是在城市建设中，建筑机械的运行、人为践踏和雨滴打击地面，城市土壤被严重压实，而在绿地建设中，并没有很好地将压实土壤进行机械修复^[8]。当然，新土有相

表 4 新土和老土体积分数和孔隙度统计分析结果

Table 4 Statistics and analysis of bulk densities and porosities of the new and old soils

	体积分数 (g/cm ³)		总孔隙度 (%)		毛管孔隙度 (%)		通气孔隙度 (%)	
	新土	老土	新土	老土	新土	老土	新土	老土
最小值	1.25	1.15	37.9	41.8	36.5	41.3	0.4	0.4
最大值	1.70	1.58	53.6	56.6	47.6	48.0	8.0	10.7
平均值	1.49a	1.36b	44.9a	49.0b	42.2a	44.7b	2.7a	4.3b
标准差	0.13	0.12	4.7	4.1	3.1	1.8	2.2	3.3

注：新土和老土的样品数各为 18 个。

当一部分是外运土壤，这些客土往往也比较紧实，如果不进行合理的处理使其松散再进行利用，也会带来新铺设绿地土壤的紧实。例如，香港客土的平均总孔隙度为36.6%（24.8% ~ 59.2%），平均通气孔隙度为7.9%（3.9% ~ 11.8%）^[19]。当有植被生长在压实土壤上，并且在无人为践踏的情况下，植物根系的生长和土壤动物的活动，会不断地改善土壤的物理性状，土壤的物理退化就会有所减轻。

2.4 不同植被类型对土壤压实的影响

表5是对不同植被类型下的土壤体积质量和孔隙度统计分析结果。从表5中各种植被类型下土壤体积质量平均值看，树下灌木土壤的最小，与蔬菜地相近，而无植被的裸地和草坪土壤的最大；从孔隙度的平均值看，树下灌木土壤的最高，与蔬菜地相近，而裸地和草坪土壤的最低。

表5中的多重分析结果表明，在95%置信水平下，从土壤体积质量和总孔隙度看，裸地土壤与草坪土壤之间差异不显著，树下灌木与城郊菜地土壤之间差异不显著，但这两类之间以及树下草坪三者之间差异显著。从毛管孔隙度看，裸地土壤和草坪土壤之间无差异，树下草坪土壤、树下灌木土壤和蔬菜地土壤之间无差异，而这两类之间有差异。从通气孔隙度看，裸地土壤、草坪土壤和树下草坪土壤之间无差异，但它们与树下灌木土壤和蔬菜地土壤之间有差异，树下灌木土壤与蔬菜地土壤之间也有差异。由此可见，在各种土壤压实评价指标中，除了裸地土壤和草坪利用下的土壤压实程度之间差异不显著外，其他不同的植被类型下的土壤压实在不同程度上存在差异。所以，植被类型从某种程度上可以影响城市土壤压实退化的程度。

表5 不同植被类型的土壤体积质量和孔隙度统计分析结果

Table 5 Statistics and analysis of bulk densities and porosities of soils under different types of vegetation

		无植被	草坪	树下草坪	树下灌木	蔬菜
样品数		6	15	6	3	6
体积质量 (g/cm ³)	最大值	1.65	1.69	1.45	1.22	1.36
	最小值	1.28	1.34	1.35	1.14	1.25
	平均值	1.52 a	1.51 a	1.40 b	1.19 c	1.29 c
	标准差	0.13	0.10	0.05	0.04	0.04
总孔隙度(%)	最大值	51.0	49.9	49.5	56.6	53.6
	最小值	39.1	37.9	45.5	53.8	49.7
	平均值	43.8 a	44.2 a	47.7 b	54.9 c	52.3 c
	标准差	4.1	3.3	1.9	1.5	1.4
毛管孔隙度(%)	最大值	48.0	46.1	46.7	46.4	47.6
	最小值	36.5	37.5	43.7	44.4	43.6
	平均值	41.9 a	42.1 a	45.2 b	45.6 b	45.4 b
	标准差	3.7	2.5	1.3	1.0	1.6
通气孔隙度(%)	最大值	3.0	6.6	3.3	10.7	8.8
	最小值	0.4	0.4	1.5	7.4	5.6
	平均值	1.9 a	2.1 a	2.4 a	9.4 c	6.9 b
	标准差	1.0	1.7	0.7	1.7	1.3

依前所述，以蔬菜地土壤为无压实土壤，那么城区除了树下灌木土壤无压实外，其他植被类型下的土壤均有不同程度的压实退化现象，草坪和裸地土壤压实最为严重。这说明植被栽植以后，如果仍然有人为践踏，土壤不但得不到改善，而且会越来越紧实。例如明故宫广场的草坪是专门供游人在上面休闲娱乐的，土壤践踏极为严重，表土体积质量达到1.60~1.70 g/cm³，总孔隙度为37.9%~41.4%，通气孔隙度仅0.4%~1.7%。再如道路绿化带裸地土壤的压实程度普遍大

于该功能区内的树下灌木土壤。可见，人为践踏造成的压实也是非常严重和普遍的。居民区和学校的草坪很少有人为践踏，其压实主要是在建筑时造成的机械压实，这里的土壤随着利用时间的延续，温度、水分等气候因子的作用和草坪、树木等植被的生长，土壤动物的活动，土壤状况会有所改善。

道路绿化带的树下灌木土壤与城郊土壤的体积质量和孔隙度相近，属于未压实土壤。这是因为在绿化带里由于灌木的存在，每年有大量的枯枝落叶归还土

壤, 有机质有所增加, 土壤动物也会增多, 又很少有人为践踏, 所以土壤的物理性质经过多年后就有所改善, 土壤体积质量为 $1.14 \sim 1.22 \text{ g/cm}^3$, 平均为 1.19 g/cm^3 , 孔隙状况也明显改善。当然, 灌木有更多的根系, 20 年以上的大树也有庞大的根系, 它们也能够缓慢地松动压实的土壤, 使土壤的压实状况逐渐得到缓解。因此, 植被类型与土壤物理性质的改善也是密切相关的。城郊蔬菜地土壤由于常年翻耕, 表土保持了耕作土壤的性质, 体积质量在 $1.25 \sim 1.36 \text{ g/cm}^3$ 之间, 平均 1.29 g/cm^3 ; 总孔隙度为 $49.7\% \sim 53.6\%$, 通气孔隙度为 $5.6\% \sim 8.8\%$, 表土基本没有压实, 能满足作物生长的要求。

所以, 在绿地建成后人为践踏是形成土壤严重压实最重要的因素。在没有人为践踏的情况下, 新土压实比老土严重是由于在城市建设中机械和人为践踏的作用会引起土壤压实, 而在绿地建设中却往往忽视了对压实土壤的机械松动, 这就形成了城市绿地新土的明显压实状况。对于较老的绿地土壤, 由于多年植被的生长和土壤动物的活动会逐渐改善土壤的物理特性, 使其向良性方向发展。不同的植被类型对土壤物理性质的改善作用也是有差异的。从研究结果看, 树下栽植灌木对土壤压实状况的改善效果是最好的。

3 结论

(1) 城市土壤普遍存在比较严重的压实退化现象, 土壤孔隙度下降, 体积质量明显增加, 绝大多数城区土壤体积质量 $> 1.30 \text{ g/cm}^3$, 最高达到 1.70 g/cm^3 。

(2) 不同功能区、植被类型和利用年限对城市土壤压实退化有不同的影响。城区土壤与城郊土壤的压实程度存在显著差异, 而城区内部只有公园土壤与道路绿化带土壤之间在通气孔隙度指标上存在显著差异, 其他功能区土壤之间所有相应指标差异都不显著。城市绿地土壤的利用时间越长, 土壤的物理性质相对越好, 其压实退化程度越轻。城区除了树下灌木土壤无压实外, 其他植被类型下的土壤均有不同程度的压实退化现象, 草坪和由于践踏形成的无植被土壤压实最为严重。城市中对土壤压实状况改善最好的植被类型是树下栽植灌木。

(3) 目前在城市土壤的研究中, 人们趋向于以功能区为依据进行归类研究。但本研究发现, 在城市土壤的压实研究中, 不能仅按照功能区归类, 因为植被类型和利用年限等的差异, 使同一功能区内部的土壤压实程度变异很大。所以, 关于土壤压实的相关研究, 除了功能区类型以外, 还必须考虑到植被类型和利用年限。

参考文献:

- [1] 廖金凤. 城市化对土壤环境的影响. 生态科学, 2001, 20 (1/2): 91-95
- [2] Klein DH. Mercury and other metals in urban soils. Environ. Sci. Technol., 1972, 6: 560-562
- [3] Khalid BY. Lead contamination of soil in Baghdad, Iraq. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 1998, 27: 634-638
- [4] Zhang MK, Ke ZX. Heavy metals, phosphorus and some other elements in urban soils of Hangzhou City, China. Pedosphere, 2004, 14 (2): 177-185
- [5] 史贵涛, 陈振楼, 许世远, 王利, 李海雯, 张菊. 上海市区公园表层土壤铅含量及其污染评价. 土壤, 2006, 38 (3): 287-291
- [6] Jim CY. Soil compaction at tree-planting sites in urban Hong Kong//Neely D, Watson GW. The Landscape Below Ground II: International Society of Arboriculture. Champaign, Illinois, 1998: 166-178
- [7] Bullock P, Gregory P. Soils in the urban environment. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1991: 1-192
- [8] Jim CY. Soil compaction as a constraint to tree growth in tropical and subtropical urban habitats. Environmental Conservation, 1993, 20 (1): 35-49
- [9] 管东生, 何坤志, 陈玉娟. 广州城市绿地土壤特征及其对树木生长的影响. 环境科学研究, 1998, 11 (4): 51-54
- [10] 卢瑛, 龚子同, 张甘霖. 城市土壤的特性及其管理. 土壤与环境, 2002, 11 (2): 306-309
- [11] 杨金玲, 张甘霖, 赵玉国, 赵文君, 何跃, 阮心玲. 城市土壤压实对土壤水分特征的影响—以南京市为例. 土壤学报, 2006, 43 (1): 33-38
- [12] Zhang SL, Grip H, Lövdahl L. Effect of soil compaction on hydraulic properties of two loess soils in China. Soil and Tillage Research, 2006, 90 (1+2): 117-125
- [13] 项建光, 方海兰, 杨意, 黄懿珍, 张琪, 赵晓艺, 奚有为. 上海典型新建绿地的土壤质量评价. 土壤, 2004, 36 (4): 424-429
- [14] Lapage WF. Recreation and forest site. Journal of Forestry, 1962, 60: 319-321
- [15] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析. 上海: 上海科学技术出版社, 1983: 593
- [16] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法. 北京: 中国农业科技出版社, 1999: 638
- [17] 朱祖祥. 土壤学 (全国高等农业院校试用教材). 北京: 农业出版社, 1992: 261
- [18] 姚贤良, 程云生. 土壤物理学. 北京: 农业出版社, 1986: 519
- [19] Jim CY, Judith YYNG. Soil porosity and associated properties at roadside tree pits in urban Hong Kong // Burghardt W, Dornauf C. First International Conference on Soils of Urban, Industrial, Traffic and Mining Areas. University of Essen, Germany, 2000: 51-56

Effects of Function Zone, Vegetation Type and Land Use Age on Soil Compaction in Urban Nanjing

YANG Jin-ling, ZHANG Gan-lin

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

Abstract: Land use often affects soil compaction. Soils in urban Nanjing were investigated in order to understand the effects of function zone, vegetation type and land use age on soil compaction. Results showed that vegetable garden soil in the suburb wasn't compacted, while soils in the city were comparatively compacted. In the city, there was no significant difference in compaction degree among soils in different function zones except in the index of aeration porosity between soils in park and road greenbelt. Both vegetation type and land use age showed significant effects on compaction degree of urban soils. Suburbs vegetable garden soils were quite close to natural soil in bulk density and porosity, while in the city except those under arbors and shrubs, all soils had been compacted to a varying degrees, especially the soils in lawn and bareland. In terms of effect of land use age, new soils, (5 years since transported), were far more compacted than old soils (over 20 years since transported), because the former got compacted under heavy machines and trampling of people, whereas the latter were loosened a little bit as a result of growth of roots of the vegetation planted, which has increased biological activities and has lessened human trampling. The findings showed that plantation of arbors and shrubs in association is the best way in remedying compacted soils.

Key words: Urban soil, Compaction, Function zone, Vegetation type, Land use age