

城市土壤的形成特征及其保护

章家恩 徐琪

(中国科学院南京土壤研究所 南京 210008)

摘 要

对城市土壤的形成特征、分类、物理性状、养分状况及其循环过程、土壤生物与城市植被、土壤污染等方面作了简要概述,并就城市土壤资源的保护及其合理利用提出了一些建议。

关键词 城市土壤;形成特征;保护;开发利用

城市土壤零星地分布于城市之中,长期以来,由于其面积狭小、经济利用价值微薄或其它方面的原因,而受到人们的忽视,成为一个被人遗忘的角落。城市土壤是经过人类活动的长期干扰或直接“组装”,并在城市特殊的环境背景下发育起来的土壤,它与自然土壤和农业土壤相比,既继承了原有自然土壤的某些特征,又有其独特的成土环境与成土过程,表现出特殊的理化性质、养分循环过程以及土壤生物学特征。城市土壤作为地球土壤圈的一个组成部分,完成着一定的生态、环境和经济功能。在当今城市土壤资源日趋紧缺和自然空间十分狭小、环境日益恶化的形势下,加强对城市土壤的形成特征、开发利用与保护研究具有极其重要的现实意义。这也可为乡村城市化和工业化所引起的土壤环境变化及预测提供一定的理论依据和实践指导作用。

城市土壤研究在国内外起步均较晚。自本世纪80年代,国外的一些学者逐渐将研究兴趣转到城市土壤的研究上,但大多仅局限于城市土壤污染、城市采矿废弃地复垦与改良、花园与运动场土壤以及郊区土壤的研究上,缺乏对城市土壤的基本性质与形成演化规律较为系统的研究和探讨,更缺乏城市土壤的基础数据信息的观测和积累。在我国,有关城市土壤的系统研究就更是凤毛麟角,只是在城市土壤污染方面尚可见到一些报道和研究。

1 城市土壤的概念与基本性质

城市土壤是一类何种性质的土壤目前尚无准确的定义。作者认为,城市土壤是在原有自然土壤的基础上,处于长期的城市地貌、气候、水文与污染的城市环境背景下,经多次直接或间接的人为扰动或组装起来的具高度时空变异性而现实利用价值较低的一类特殊的人为土壤。虽然它出自于自然土壤或半自然土壤,但在成土环境、成土过程、剖面发育形态、及物质组成与养分循环途径等方面均与自然土壤和农业土壤有着较大的区别(表1)。而且,某些城市土壤往往可能完全脱离原有自然土壤的基本属性而变得“面目全非”。

城市土壤具有以下几个方面的基本特征:(1)较大的时间和空间变异性。城市的兴衰发展、土地利用的改变与城市景观的变迁在某种程度上决定着土壤的发育史。城市建筑的兴建与废弃、城市地貌的改变等决定着土壤发育的起始与终结及其方向,使原有的自然土壤产生

表1 城市土壤与邻近的农业土壤或自然土壤之比较

	气候环境	水文状况	植被与土壤生物	物质组成	成土过程	剖面结构特征	养分特征
城市土壤	高温、多雨、少风、低湿干燥、多云、多污染、多放射、少太阳辐射	易形成地表径流,雨水下渗少,通透性差	植物种类与数量单一贫乏、稀疏;土壤生物少	组成多样且多变,沙粒、粘粒、矿物、有机质及人为附加物等	人为成土过程(如搬运、堆积、填充、混合等)为主,自然成土过程为辅	无正常或完整的自然剖面分异特征、结构繁实	养分贫瘠、养分循环速率与效率低,少人工施肥
农业土壤或自然土壤	基本与自然气候带的特征相吻合	具较好的通透性和排水性能	具多样性的上覆植被和土壤生物	组成多样,但较为均一,人为附加物少	自然成土过程、人为熟化过程	具明显的土壤剖面分异特征,结构发育较好	养分较为丰富,养分循环速率与效率相对较高

时间和空间上的变异。(2) 混乱的土壤剖面结构与发育形态。在城市建设过程中,由于挖掘、搬运、堆积、混合和大量废弃物填充,土壤结构与剖面发育层次十分混乱,常使人产生一种“是碎石堆还是土壤”^[1]的疑问。城市土壤剖面结构分异程度低,土层分异不连续,土层缺失,有的甚至发生“土层倒置”现象,即A层在下,B层在上,或古土壤层在上,新土壤在下;另外还可能古土壤的埋藏而呈现出“双层构造”。(3) 丰富的人为附加物。由于人类活动的多样性和广泛性,城市土壤中的外来物极其丰富,如碎石、砖块、矿渣、塑料、尼龙、玻璃、钢铁、布丁、垃圾等,这是城市土壤的一个重要的诊断特征。(4) 变性的土壤物理结构。由于人为践踏和车辆压轧以及对土壤的人工组合等,使土壤结构受到严重毁坏,土壤紧实变性,通透性差。在某些裸露的土壤表面常出现具防水作用的结壳层。(5) 受干扰的养分循环与土壤生物活动。由于城市地表的“固化”以及人为干扰,切断或改变土壤的光、热、水、气的自然传输过程,及土壤作为元素的正常的源或汇的功能,元素循环与转化过程及生物活动受到干扰。(6) 高度的污染特征。严重的土壤污染特别是金属污染是城市土壤的又一重要特征。

2 城市土壤的分布与类型

城市地表多为建筑物、基础设施、道路、水泥和沥青所覆盖,只是在一些空闲地上才可能有土壤出露,因此,在城市中,土壤呈斑块状不连续地散布在公园、花园、运动场、城中岛山、假山、湖堤、河堤、道路两旁、小片岛状农业用地、停车场、垃圾场以及城乡交错带等地域上,这些地域发育着不同类型乃至不同时代的土壤,具有较大的时空变异性,邻近的土壤在发生上可能毫无联系,因此,城市土壤往往呈现出非地带性微域分布。

城市土壤组成和性质的复杂性和多变性,人为干扰作用的多样性,使得城市土壤分类十分困难。目前尚无较为完善的和独立的的城市土壤分类系统。在国外,大多国家在土壤分类中遗漏了城市土壤,有的仅把城市土壤划归为人为土或人为破坏土中的一类土壤。FAO/UNESCO (1988) 在世界土壤图的修订版中才划出了人为土,并细分为四个亚类:深耕人为土(Aric Anthrosols)、堆垫人为土(Cumulic Anthrosols)、肥熟人为土(Fimic Anthrosols)、城市废物堆积人为土(Urbic Anthrosols)^[2]。而且,各种系统并无统一的标准,分类较为混乱。有人按人为活动和填充物类型对人为土壤进行分类^[3]。也有人对废弃地采用由上至下的四级指标分类系统:(1) 地形地貌;(2) 排水状况;(3) 植被状况;(4) 地表物质组成。

J.M.Hollis^[4] (1991) 提出了有关城市土壤分类的 19 个潜在的诊断特性或指标, 包括: 干扰层或替代物质的深度、表土层的厚度、风化层的深度、有机质含量、CaCO₃ 含量、游离铁含量、pH 值、阳离子交换量或盐基饱和度、有害矿物与化学品或气体的含量、可溶盐含量、饱和水导率、空气容量、干容重、剖面有效水、土壤塑性指数和收缩势、土壤滞水的持续时间、硬结与粘结层的深度、土壤基质的性质、植被覆盖。尽管如此, 在各种分类系统中, 城市土壤层次级别常不一致, 且低级分类单元的准确的诊断特征未能得以发展, 显得十分粗略, 因而可操作性与可交流性较差, 不适合城市区域复杂土类的区分。因此, 城市土壤究竟在陆地土壤分类中占据何种位置, 应采用哪些指标与标准建立独立的城市土壤分类系统仍是值得探究的问题。

3 城市土壤物理性状与养分状况

3.1 城市土壤的物理性状

由于人类活动对土壤的长期扰动, 城市土壤多为砂石、垃圾和土的混合物, 有机质含量少。相对于农业土壤来说, 城市土壤颗粒组成中粗粒和砂粒较多, 细粒和粘粒所占比重较小。土壤质地较粗, 多为石质、砂质。在城区中的河堤、湖堤附近发育的湿地上可出现淤泥质或粘质土壤; 在城区或城乡交错带上的农用地上由于采用了一定的耕作与培肥措施, 土壤质地一般较好。另一方面, 由于人为践踏、车辆压轧和雨滴击打等, 城市土壤一般较为紧实, 结构和团聚体多遭受破坏, 容重大, 孔隙度小。尤其是在道路附近、公园和运动场等处, 土壤容重很高。如在美国华盛顿中心的开放公园中 0.3m 的表土层的土壤容重为 1.4—2.3t/m³, 在纽约中心公园的土壤心土层容重为 1.52—1.96t/m³, 其平均值均超过 1.6t/m³^[1], 已限制植物根系的生长。城市土壤的孔隙度很小, 在一些紧实的心土或底土层中孔隙度可降至 20—30%, 有的甚至 < 10%。

不同的城市土地利用方式要求有不同的土壤物理性状。对植物生长来说, 城市土壤不良的物理结构是极为不利的。土壤结构破坏, 土体紧实, 排水与保水性能差, 通气性差, 有益微生物的活动受到抑制, 土壤养分的有效性降低, 植物根系发育受阻乃至死亡, 因而不能满足植物生长对水热气肥的需求。在城市街道上, 行道树的根系多因土壤紧实和底土缺水而横向发育, 其根系伸展面积远远大于树基部的面积。但对城市游乐场地和运动场来说, 要求土壤有较好的排水性能、较大的承载力 (Load-bearing capacity) 和维持 (草本) 植物生长的能力。这些均与土壤的结构、容重、孔隙度等因素有关。

3.2 城市土壤的养分状况

植物生长所需的土壤养分元素常包括常量元素 (N、P、K、Ca、Mg、S) 和微量元素 (Fe、Mn、B、Cu、Zn、Cl、Mo 等) 两大类。从土壤养分含量和储存与植物营养的角度来看, 一般而言, 绝大多数城市土壤有机质和 N、P 的含量及其有效性低, 因而常常成为植物生长的限制因素。土壤中 K、Ca、Mg 的含量对植物生长来说基本上不存在问题; S 和 Fe、Mn、B、Cu、Zn 等元素在城市土壤中含量过高, 对土壤和植物易产生毒害^[1]。

与农业土壤相比, 城市土壤生态系统的养分循环过程单一, 缺少人工的培肥作用, 土壤养分元素主要来源于土壤母质、降雨、废物和少量的生物残体, 而缺乏化肥和有机肥的大量补充; 元素输出主要为植物吸收、淋溶流失和氧化、挥发等, 这种低输入与高输出的土壤养分循环模式必然会导致城市土壤肥力的下降和亏损。同时, 由于城市土壤结构的破坏和土壤

生物活动微弱或抑制,各种土壤养分的有效性也较低。

4 城市土壤生态系统

城市土壤生态系统是由土壤、土壤生物和地上植被三大部分组成。土壤生物在土壤有机质合成、分解、矿化和养分循环以及土壤结构的形成与保持方面均起着至关重要的作用。土壤生物包括土壤微生物、土壤动物和少量的低等植物。由于城市土壤的“固化”、栖息地的孤立、人为干扰与娱乐压力、以及污染的加重,使得土壤生物的种类和数量、生物量远比农业土壤、自然土壤要少;城市土壤有机质和碳素、氮素等营养物质的缺乏、土壤酸化、土壤结构紧实与通气差,限制着大多数土壤微生物和动物如蚯蚓的生存和活动。通常,在城市环境中只有耐酸、嫌气性、自养性和耐污染的微生物方能生存下来,大型土壤动物较为缺乏。

城市植被是城市土壤生态系统的一个重要组分,它与土壤的关系十分密切。城市中残存自然区狭小,且在公园化、乐园化的过程中,森林植被的采伐、林床植物的排除、落叶层的扫除、裸地的踩实^[5],加上土壤的瘠薄化等,导致城市植被种类贫乏,覆盖率低,植物生长发育迟缓、枯死,且多为人工植被。在城市中多见尚处于自然演替的较为低等的植物群落。例如,在养分和水分缺乏的城市废弃地 砾石堆或采矿地上可见一些先锋低等植物如地衣、苔藓着生,在营养缺乏而水分充足的土壤上多见散布状苔藓、杂草生长;在养分和水分充足的土壤上如花园、污泥地上多生长一年生和多年生草本、灌木或湿地植物。除人为干扰影响外,城市植物的种类在一定程度上取决于土壤条件和土壤种子库(如种子、根、块茎)储存及外来种的传播,关于这方面的内容有待深入研究。此外,城市环境污染对植物种类和数量与多样性均有较大影响,因此,在人为栽培时,应选择一些高抗性(耐酸、耐干和耐瘠)和吸收净化能力强的常绿树种,并适当配置一些敏感指示植物,以改善城市与土壤环境、并起到污染监测作用。

5 城市土壤污染

城市是一个重要的污染源,同时也是一个被污染体。城市土壤污染的主要来源是:工业“三废”物质、生活垃圾、交通运输、大气降雨、降尘等。城市土壤污染主要包括重金属、有机物与病原菌污染^[6]。与农业土壤相比,城市土壤基本上无化肥和农药污染,但土壤中污染物特别是金属污染物的浓度往往要高于农业土壤,而且城市土壤的环境容量小,对污染物的净化功能低。这是由于城市土壤多零星分布,面积小而孤立,土壤生态系统较为封闭,物质循环与转化过程单调、缓慢。而且土壤微生物种类和数量少,因而具有对污染物较低的代谢和降解功效及环境载荷能力。

城市土壤污染可对土壤理化性质、土壤生物、土壤环境、植被和人体带来严重危害。城市土壤污染是一个值得深入研究的领域。今后应从植物营养角度和人体健康方面入手,弄清污染物在土壤—植物系统中中和食物链中的迁移、转化与滞留行为与机理,加强对土壤污染的环境承载力、动态监测、预测、生态风险评价及综合治理的先进技术研究。

6 城市土壤的保护与开发利用对策

城市土壤是城市环境的一个重要的组成要素,具有多种功能,其中最重要的是它可以作为城市植被的立地基础和生长介质、建筑物地基、水的源泉和污染物的净化场所,而且它作

为下垫面对城市气候可产生一定的影响,同时它也是生态系统物质和能量循环与转化的必要环节。但长期以来,城市土壤研究及其保护与利用一直未能受到人们的重视,结果导致了城市土壤污染、侵蚀、酸化和硬化、土壤生物和植被退化等一系列的较为严重的环境问题,直接危及到人类自身的健康。因此,加强对城市有限土壤资源的保护和合理地开发利用,对恢复城市绿地空间、改善城市生态环境均具有极为重要的意义。

城市土壤的保护与开发利用包括几个方面的内容:(1)合理规划城市用地,保护和管理土壤资源。应在城市中心、居民区、道路两旁等规划保留适当面积的土壤空间,并充分利用城市零星的空闲地,进行植树种草,加强城市生态绿地建设,建立城市绿地基本保护区,防止城市高度的“钢筋水泥化”。(2)在城市工程建设中,应加强对土壤的挖掘、运移、堆放的管理,充分利用这部分土壤或城市淤泥资源对其它贫瘠土壤进行客土、聚土、改土与培肥。(3)加强城市排灌设施建设,保护植被,防止水土流失。(4)运用一定的生物、生态与工程技术对城市废弃地、工厂周围地区、采矿地、垃圾处理场等严重退化的土壤进行生态恢复与重建。(5)严禁工业“三废”物质和城市生活垃圾的任意排放,发展无废处理技术,实现废物的资源化,加强对土壤环境污染的监测、控制和治理。(6)加强城市土壤特别是垃圾堆积场作为温室气体的源对全球变化的影响和控制研究。

参 考 文 献

- [1] Peter Bullock, et al, Soils in the Urban Environment, Blackwell Scientific Publications, London. 1991, 1-192.
- [2] FAO, Soil Map of the World: Revised Legend, World Soil Resources Report 60, Final Draft, FAO, Rome. 1988.
- [3] Collins, W.G. & Bush, P.W. The definition and classification of derelict land, Journal of the Town Planning Institute. 1969, Vol.55, 111-115.
- [4] Hollis, J.M. The Calculation of Crop-adjusted Soil Available Water Capacity for Wheat and potatoes, 1987, Soil Survey Research Report, 1987, No.1, Silsoe.
- [5] 日本生态学会环境问题专门委员会编(姜恕等译),环境和指示生物,北京,中国环境科学出版社,1989, 258-260页。
- [6] 王翊亭等编,工业环境管理,北京,石油工业出版社,1988, 157-160页。