

重庆市绿地土壤板结机制的调查研究

郭子晗 乔中华 周游*

重庆三峡学院 生物与食品工程学院, 中国·重庆 404120

摘要: 对重庆市主城区 9 处不同类型的绿地板结土壤进行了采样, 对其物理性质、化学因子特性进行测定, 探讨其板结机理, 为解决城市绿地土壤板结问题提供理论依据。结果表明: 与对照组相比, 重庆市主城区绿地土壤有碱化趋势, 有机质含量偏低, 不缺乏全氮全磷, 全钾含量普遍较低, 速效磷含量较为丰富, 速效氮速效钾较为缺乏; 土壤容重较大, 土壤毛细孔隙度和总孔隙度均较低, 非匀质异物含量较高, 土壤存在压实现象。

关键词: 城市土壤; 土壤理化性质; 绿地土壤; 土壤板结

Investigation and Study on Soil Consolidation Mechanism in Green Spaces of Chongqing City

Zihan Guo Zhonghua Qiao You Zhou*

College of Biology and Food Engineering, Chongqing Three Gorges University, Chongqing, 404120, China

Abstract: Samples were taken from 9 different types of green soil compaction in the main urban area of Chongqing, and their physical properties and chemical factor characteristics were measured to explore the compaction mechanism and provide theoretical basis for solving the problem of soil compaction in urban green spaces. The results showed that compared with the control group, the green soil in the main urban area of Chongqing had a trend of alkalization, low organic matter content, no shortage of total nitrogen and phosphorus, generally low total potassium content, abundant available phosphorus content, and relatively deficient available nitrogen and potassium; the soil has a high bulk density, low capillary porosity and total porosity, high content of heterogeneous foreign matter, and compaction phenomenon in the soil.

Keywords: urban soil; soil physical and chemical properties; green soil; soil compaction

0 前言

城市绿地是以土壤为基质、以植被为主体、以人类干扰为特征, 并与微生物和动物群落协同共生的人工生态系统^[1], 可以大致分为三种类型: 绿地土壤、保护地土壤和容器栽植土壤, 其中以绿地土壤是人为干扰、改动最多。与自然土壤和农业土壤相比, 它既继承了自然土壤的某些特性, 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^[2]。

随着城市建筑活动不断进行, 城市绿地土壤面临的挑战日益严峻。除了压实等物理退化过程之外, 还存在有害元素富集、重金属和有机污染等问题。目前对于城市绿地土壤主流的研究集中于土壤特性, 土壤质量分析及评价等方面。既往关于城市绿地土壤的研究多着力和参照于农地土壤研究, 虽然在近些年来, 对城市绿地土壤特性及质量的研究也有很大的进步, 但对城市绿地土壤质量的评价并没有形成一套完整、统一的评价体系^[3]。

重庆市是中国的四个直辖市之一, 其主城区地跨东经 106°22' ~106°37'、北纬 29°26' ~29°37', 具有丰富的地形地貌, 复杂的生态功能, 具有一定的研究意义。因此, 本研究从重庆市主城区 9 个采样点选取比较典型的城市绿地, 对其土壤的物理性质、化学因子特性等进行测定, 并进

行综合分析, 探讨其板结的机理, 为解决城市绿地土壤板结问题以及绿地土壤板结修复提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 采样地信息

采样地点位于重庆市主城区 10 个不同地点, 为不同类型的城市绿地土壤, 各采样点分别为: 渝中区人民广场草坪; 南岸区龙门浩街道行道树基; 江北区鸿恩寺森林公园景观林; 沙坪坝区三峡广场景观绿化带; 九龙坡区石桥铺街道公路隔离带; 巴南区李家沱街道建筑垃圾回填绿化带; 渝北区两路街道居民区绿化带; 大渡口区大渡口公园景观绿化带; 北碚区西南大学校内绿化带。分别记为 S1~S9。选取北碚区缙云山原生林作为对照组。

1.2 采样方法

采样于 2023 年 7 月选取晴朗天气进行。采用五点采样法进行取样^[4], 在每个采样点划定 10m × 10m 的样方, 在样方中随机选取 5 个位点用环刀法采集土样。

1.3 土壤容重测定

在选定的采样地取土样方中, 随机选取 5 个位点, 除去土壤表面的杂质, 将 200cm³ 规格环刀 (高 5.2cm, 半径 3.5cm) 称重后平放于土面, 环刀质量记为 W₁, 将环刀上部垫上木板, 用铁锤轻轻敲击将环刀敲入土中, 待环刀全部进

入土中后,用铁铲将环刀从土中挖出,用锋利的削刀切去环刀两端多余的土,使环刀内的土壤体积与环刀容积相等,随后将带土的环刀置于烘箱中,105℃烘干至恒重,称重,此时质量记为 W_2 。土壤容重的计算公式为:

$$dV=(W_2-W_1)/V$$

式中, dV ——土壤容重, $g \cdot cm^{-3}$;

W_1 ——环刀质量, g ;

W_2 ——烘干后环刀质量 + 干土质量, g ;

V ——环刀容积, $200cm^3$ 。

5 份样品计算后取平均值。

1.4 土壤孔隙度测定

按照 2.3 方法取土。取瓷盘一个,盘中倒放一培养皿,培养皿上放滤纸一张,稍大于培养皿,将环刀连同所取土柱放于其上。向磁盘中加水,并使滤纸边缘接触水面,但勿使水面漫过培养皿。使土柱通过滤纸吸水 12h,待土壤毛管全部充满水分时为止,此时将环刀外的水分擦干,将带土的环刀称重,质量记为 W_1 。称重后将此环刀连同湿土放水中浸泡,水面高度至环刀上沿而不漫过环刀,在环刀上部垫一张滤纸,浸泡时间以环刀上面的滤纸充分湿润为止,此时重新擦干环刀外面的水分称重 W_2 ,然后将环刀连同土样一起放在 105℃的烘箱中烘至恒重 W_3 。计算结果:

$$\text{毛管孔隙度} = [(W_1 - W_3) / \rho_{\text{水}} \cdot V] \times 100\%$$

$$\text{总孔隙度} = [(W_2 - W_3) / \rho_{\text{水}} \cdot V] \times 100\%$$

$$\text{非毛管孔隙度} = \text{总孔隙度} - \text{毛管孔隙度}$$

式中, $\rho_{\text{水}}$ ——水的密度, $1.00g \cdot cm^{-3}$;

V ——环刀容积, $200cm^3$ 。

5 份样品计算后取平均值。

1.5 土壤非匀质异物含量测定

在样方中随机选取 5 个位点,除去土壤表面的杂质,用铁铲挖取约 5kg 土,带回实验室中在 105℃的烘箱中烘至

恒重,此时称重 W_1 ,将烘干后的土样碾碎,过 3mm 筛,将剩下的石砾和杂质异物称重,记为 W_2 。计算结果:

$$\text{非匀质异物含量} = W_2/W_1 \times 100\%$$

1.6 土壤化学性质测定

pH 值采用 pH 分析仪测定,有机物含量采用重铬酸钾外加加热法测定,全氮采用开始蒸馏法测定,全磷采用硫酸-高氯酸消煮法测定,全钾采用 ICP-MS 法测定,速效氮含量采用扩散法测定,速效磷含量采用钼锑抗比色法测定,速效钾含量采用醋酸铵-原子吸收法测定^[5]。

1.7 数据分析

采用 Excel 2003、SPSS 23.0 对实验进行数据处理、统计和方差、相关性分析。

2 结果与分析

2.1 城市绿地土壤物理性质分析

土壤容重、总孔隙度、毛管孔隙度和非匀质异物含量是衡量土壤物理性质的 4 个密切关联的指标。容重数值的大小受土壤的质地、有机质、结构性等土壤性质影响。有研究表明,自然土壤的平均容积约为 $1.3g \cdot cm^{-3}$ ^[6]。重庆市主城区绿地土壤容重平均值为 $1.200 \sim 1.720g \cdot cm^{-3}$,均高于对照组。与前人在广州和纽约的研究结果类似^[7,8],存在容重较大的问题。总孔隙度平均值在 35.954%~44.344%,毛管孔隙度平均值在 27.504%~34.604%,均低于对照水平,吸附和保持水分能力差,总孔隙度均低于 50% 而毛管孔隙度均低于 40%,与前人的研究结果相符,不利于植物生长^[9-11]。重庆市主城区绿地土壤非匀质异物含量在 13.804%~35.940%,而有研究显示城市土壤非匀质异物含量低于 20% 时才能够保证植物的正常生长^[11,12],除 S1、S6、S7 高于标准水平外,其余石砾含量均低于 20% 的标准要求(见表 1)。

表 1 绿地土壤物理性质 ($\bar{x} \pm s$, $n=5$)

编号	土壤容重 ($g \cdot cm^{-3}$)	总孔隙度 (%)	毛管孔隙度 (%)	非匀质异物含量 (%)
S1	1.642±0.012b	36.648±0.266fg	28.128±0.136g	26.572±0.795c
S2	1.720±0.017a	35.954±0.159g	27.504±0.288h	19.654±0.718d
S3	1.200±0.014g	44.344±0.947b	33.236±0.370c	13.804±0.199g
S4	1.422±0.012e	39.108±0.707e	31.952±0.538d	14.846±0.441f
S5	1.454±0.010d	38.384±0.317ef	30.318±0.151e	15.032±0.397ef
S6	1.548±0.007c	42.618±1.327c	34.604±0.335b	35.940±1.190a
S7	1.466±0.008d	37.442±0.196f	29.462±0.762f	28.732±0.690b
S8	1.424±0.010e	36.798±0.330fg	31.930±0.222d	13.920±0.273fg
S9	1.384±0.021f	41.276±0.769d	32.234±0.181d	15.922±0.275e
CK	1.180±0.014h	50.134±1.655a	36.178±0.479a	11.624±0.824h

注: 每组同列具有相同字母代表差异不显著 ($P > 0.05$), 不同的小写字母代表差异显著 ($P < 0.05$), 下同。

2.2 城市绿地土壤化学性质分析

根据全国第二次土壤普查土壤肥力状况分级标准^[13], 重庆市主城区城市绿地土壤各项化学性质指标属于中等偏下水平, 土壤 pH, 全氮, 全磷, 速效磷数值属于平均值, 而有机物, 全钾, 速效氮, 速效磷偏低。

土壤 pH 通过直接影响土壤中养分的存在状态、转化和有效性, 影响土壤肥力。本研究中重庆市绿地土壤 pH 为 6.610~7.556。其中, 除 S6 呈碱性外, 其余组与对照水平接近酸性与中性, 这与北京崇文区与陕西杨凌示范区的土壤酸碱性质相似^[14,15]。S6 组 pH 值最高, 推测可能因为 S6 地区中存在大量建筑施工中的水泥、混凝土、砖块等建筑材料, 掺到土壤中引起的钙释放并引起碱化^[16]。而一般适宜植物生长的土壤为酸性或微酸性, S6 地区土壤 pH 过高, 不适宜植物生长。

土壤有机质主要来源于植物残体或有机肥料。本研究样品有机物含量为 7.714~11.322g·kg⁻¹, 均低于对照, 根据全国第二次土壤普查土壤肥力状况分级标准^[13], 除 S3、S8、S9 为 4 级 (10~20g·kg⁻¹) 水平之外, 其余均为 5 级 (6~10g·kg⁻¹), 属较低水平。S3 中有机物含量最多, 这是由于景观林中植被落叶和根系分泌物等逐渐在土壤中积累, 形成腐殖质并且微生物、蚯蚓等的活动, 促进了有机物的分解转化, 增加了土壤的有机物含量。而 S2 土壤中有机质含

量最低, 是由于城市表层土壤有机质氧化或者侵蚀损失^[17], 行道树基地表因人为为踩踏, 缺乏植被覆盖使有机物分解速度加快, 加上人为清扫, 打破了植物与土壤之间的循环, 导致有机物含量降低^[18,19]。

氮、磷、钾均为植物必需的大量元素, 被认为是植物生长中的重要养分与限制因子。本次研究测得全氮含量为 1.209~1.926g·kg⁻¹, 根据全国第二次土壤普查土壤肥力状况分级标准^[13]S3、S4、S8、S9 属于 2 级 (1.5~2.0g/kg) 为中等偏上, 而其他土壤为 3 级 (1.0~1.5g·kg⁻¹) 中等水平, 全氮含量均较丰富。全磷含量在 0.747~0.813g·kg⁻¹, S3、S8、S9 属于 2 级 (0.8~1.0g·kg⁻¹) 中等偏上, 其他土壤为 3 级 (0.6~0.8g·kg⁻¹) 中等水平, 主城区绿地土壤总体上不缺磷。全钾含量在 1.968~2.449g·kg⁻¹, 为 6 级 (< 5g·kg⁻¹) 即极低含量水平, 这是由于重庆主城区降雨频繁, 钾离子被雨水淋溶到土壤下层导致。

速效养分是土壤中容易被植物吸收利用的养分。本研究中重庆市主城区绿地土壤速效氮含量为 16.863~36.754mg·kg⁻¹, 属于 5、6 级, 处于较低或很低水平。速效磷含量为 28.373~54.895mg·kg⁻¹, 属于 1、2 级, 普遍较高。速效钾含量为 35.488~65.019mg·kg⁻¹, 低于对照水平, 属于 4、5 级, 以低或极低水平为主 (见表 2)。

表 2 绿地土壤化学性质 ($\bar{x} \pm s$, n=5)

化学性质 样品	pH	有机物 (g·kg ⁻¹)	全氮 (g·kg ⁻¹)	全磷 (g·kg ⁻¹)	全钾 (g·kg ⁻¹)	速效氮 (mg·kg ⁻¹)	速效磷 (mg·kg ⁻¹)	速效钾 (mg·kg ⁻¹)
S1	6.610±0.001f	8.312±0.006ef	1.287±0.006i	0.754±0.001g	2.326±0.003f	20.796±0.229i	31.304±0.434i	43.329±0.306h
S2	6.613±0.003f	7.714±0.012g	1.209±0.002j	0.749±0.002h	1.968±0.004i	16.863±0.456j	28.373±0.426j	35.488±0.202j
S3	6.831±0.012c	11.322±0.245b	1.926±0.004b	0.808±0.001c	2.447±0.002b	36.754±0.864b	54.895±0.572b	62.434±0.406c
S4	6.617±0.004f	8.915±0.046d	1.728±0.003d	0.793±0.006d	2.433±0.002d	29.522±0.294e	45.317±0.489d	55.571±0.276e
S5	7.434±0.012b	8.464±0.050e	1.364±0.004g	0.759±0.003f	2.351±0.003e	23.735±0.194g	33.206±0.569h	45.631±0.278g
S6	7.556±0.022a	8.207±0.006f	1.307±0.003h	0.747±0.003h	2.221±0.003h	21.761±0.136h	35.142±0.388g	41.181±0.301i
S7	7.447±0.007b	8.551±0.434e	1.440±0.012f	0.782±0.004e	0.233±0.002g	25.845±0.149f	38.873±0.343f	52.258±0.409f
S8	6.646±0.021e	10.086±0.051c	1.762±0.004c	0.813±0.002b	2.440±0.001c	32.228±0.290d	48.256±0.427c	58.324±0.483d
S9	6.743±0.010d	10.173±0.050c	1.683±0.004e	0.809±0.003c	2.449±0.002b	35.615±0.247c	43.334±0.433e	65.019±0.452b
CK	6.839±0.010c	12.333±0.209a	2.110±0.002a	0.910±0.003a	2.558±0.003a	39.942±0.351a	65.370±0.453a	70.824±0.308a

3 结论

①重庆市主城区部分绿地土壤容重和非匀质异物含量较高, 总孔隙度、毛管孔隙度偏低。

②与对照组相比, 重庆市主城区土壤部分区域出现碱化趋势。土壤养分指标中除全氮、全磷、速效磷含量较丰富外, 有机质、全钾、有效氮、速效钾含量均偏低。

③S2(南岸区龙门浩街道行道树基)土壤总体质量较差, 而 S3(江北区鸿恩寺森林公园景观林)土壤质量要优于其他土壤。

参考文献:

- [1] 李锋,王如松.城市绿地系统的生态服务功能评价、规划与预测研究——以扬州市为例[J].生态学报,2003(9):1929-1936.
- [2] 张甘霖,朱永官,傅伯杰.城市土壤质量演变及其生态环境效应[J].生态学报,2003(3):539-546.
- [3] 陈洪.重庆市主城区城市绿地土壤质量评价研究[D].重庆:西南大学,2013.
- [4] NY/T 1121.1—2006,土壤检测.第1部分:土壤样品的采集、处理和贮存[S].
- [5] NY/T 889—2004,土壤速效钾和缓效钾含量的测定[S].

- [6] 姚贤良.程云生土壤物理学[M].北京:农业出版社,1986.
- [7] 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[J].环境科学研究,1998(4):53-56.
- [8] Bullock P.(ed.) Soil in the Urban Environment[M]. London: Blackwell Scientific Publications,1991.
- [9] 杨金玲,汪景宽,张甘霖.城市土壤的压实退化及其环境效应[J].土壤通报,2004(6):688-694.
- [10] 于法展,尤海梅,李保杰,等.徐州市不同功能城区绿地土壤的理化性质分析[J].水土保持研究,2007(3):85-88.
- [11] 伍海兵,李峰,梁晶.大连市城区绿地土壤质量特征研究[J].浙江农业科学,2021,62(12):2446-2450+2452.
- [12] 刘玉燕,刘敏.乌鲁木齐城市土壤性质及污染研究[J].干旱区研究,2007(1):66-69.
- [13] 全国土壤普查办公室.中国土壤[D].北京:中国农业出版社,1998.
- [14] 魏国仁.杨凌示范区4种绿地土壤性质以及差异研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2021.
- [15] 刘艳.北京市崇文区绿地表层土壤质量研究与评价[D].北京:中国林业科学研究院,2009.
- [16] 刘兴沼,黄旻,黄柳菁.中国部分大中城市居住区园林土壤碱化现状及主要成因[J].西北林学院学报,2019,34(6):202-207.
- [17] Bullock P, Gregory P J. Soils in the Urban Environment[D]. Boston: Wiley-Blackwell,1991
- [18] 李丽雅,丁蕴铮,侯晓丽,等.城市土壤特性与绿化树生长势衰弱关系研究[J].东北师大学报(自然科学版),2006(3):124-127.
- [19] 葛宝明,张华彬.我国城市绿地土壤动物群落的研究进展[J].安徽农业科学,2012,40(11):6554-6555+6558.

作者简介: 郭子晗(1999-),女,中国辽宁抚顺人,硕士,从事资源利用与植物保护、土壤理化性质、土壤板结等研究。