

上海典型新建园林绿化工程土壤质量调查分析

周建强, 方海兰, 郝冠军, 朱丽, 王若男, 王贤超

(上海市园林科学规划研究院, 上海 200232)

【摘要】对2014年上海市11个区新建的23个园林绿化工程土壤质量进行了调查分析。结果显示:大部分土样呈碱性或弱碱性;EC值偏低,盐分潜在毒害可能性小;土壤速效钾、有效硫、有效镁、有效锰和有效铁含量较丰富;除个别样品外,大部分土壤的有机质、有效磷和有效钼含量总体偏低;所有土样均不存在砷、镉、铬、铅、汞和镍含量超标;部分土样的交换性钠、有效锌和有效铜超标,可能与施用这3种元素含量高的有机改良材料有关。虽然施用土壤改良材料能提高土壤质量,但要严格控制土壤改良材料中盐分、铜和锌的含量;应将土壤改良材料质量尽早纳入园林绿化工程监管。

【关键词】园林绿化工程; 土壤质量; 改良材料; 监管

【中图分类号】S151.9

【文献标识码】A

【文章编号】1000-3924(2016)04-071-05

土壤是园林植物赖以生存的物质基础,直接关系到绿地景观质量^[1-52]。园林土壤作为一种特殊的城市土壤,其特性不同于一般的自然土或农田土,常含有建筑渣土、深层土等不利植物生长的成分,加上绿地建成后人为践踏严重,直接导致园林土壤的质量低下、养分贫瘠、保水保肥性能差,甚至有毒、有害物质超标,直接影响绿地的景观效果和城市生态安全^[3-]。受园林绿化工程造价制约,我国绿化建设中一般缺少专门的土壤改良费用,和国外发达国家绿化工程土方造价占整个绿化工程费用50%的比例相差甚远^[5];而传统的绿化建设理念也是注重设计效果、讲究大规格树种引用和绿化景观的一次成型,忽视了地下部分一绿化种植土壤的重要性。园林绿化土壤质量已成为当前限制我国园林绿化持续稳定发展的主要障碍之一,提高绿化土壤质量刻不容缓^[6-7]。

上海在国内率先制定了园林绿化土壤质量标准,并开展了园林绿化工程土壤质量监督管理,为确保上海园林绿化工程建设质量提供了重要技术支撑^[5,8-9]。但受绿化工程造价的限制,上海现行园林绿化工程验收一般只进行pH、EC和有机质3项技术指标的测定,重点工程也只进行pH、EC、有机质、容重、通气孔隙度和石灰含量6项指标的测定^[10]。绿地如果要发挥出设计应有的景观效果,仅仅3-6项常规的土壤质量指标显然不能满足需求。因此,上海绿化工作者借鉴上海迪士尼绿化种植土壤的技术标准,并结合上海乃至中国土壤特征和绿化需求,编制了上海市地方标准—《园林绿化工程种植土壤质量验收规范》(DB31/T769-2013)。该标准涵盖了土壤基本理化指标,大、中、微量营养元素,重金属污染、盐害等潜在毒害元素共20余项技术指标,尤其是养分和重金属评价指标采用的是有效态含量替代全量,能更全面、客观地反映园林绿化土壤质量^[11-12]。为全面摸清上海园林土壤的本底情况,本研究对2014年上海市11个区新建的23个园林绿化工程土壤质量的现状进行调查,采用《园林绿化工程种植土壤质量验收规范》的技术指标进行评价,以期上海绿地土壤科学改良和养护提供技术依据。

1 材料与方法

收稿日期: 2015-11-25

基金项目: 上海辰山植物园科研攻关专项(G102402);上海市农委项目(2011-012)

作者简介: 周建强(1989-),男,本科,助理工程师,主要从事土壤分析工作。

1.1 样品采集

采样方法参照《绿化种植土壤》(CJ/T340—2011)^[13]。依据上海现有的行政区域划分、园林绿化工程的类型、工程的完成情况等,在2014年度已经完成的园林绿化工程中抽取23个。根据绿化区域面积的大小、形状及地形地貌等因素,采用梅花点法或蛇形法采取0—30cm的表层土,每个采样单元设5—8个采样点,充分混匀后四分法保留约2kg左右,合计采样69个。

1.2 分析方法

pH测定参照中华人民共和国林业行业标准《森林土壤pH值的测定》(LY/T1239—1999);EC值测定采用中华人民共和国林业行业标准《森林土壤水溶性盐分分析》(LY/T1251—1999)的电导法;有机质测定参照中华人民共和国林业行业标准《森林土壤有机质的测定及碳氮比的计算》(LY/T1237—1999)^[14]。有效磷、速效钾、有效硫、有效镁、有效锰、有效铁、有效铜、交换性钠、有效砷、有效硼、有效铬、有效铅、有效汞、有效镍、有效锌、有效铜测定参照上海市地方标准《绿化用表土保护和再利用技术规范》(DB31/T661—2012),其中有效磷、速效钾和有效硫测定方法为AB—DTPA浸提—电感耦合等离子体发射光谱法。

2 结果与分析

根据上海市地方标准《园林绿化工程种植土壤质量验收规范》中绿化种植土壤技术指标分类要求,对各土样的技术指标进行分析。

2.1 主控指标

2.1.1 土壤pH

pH值表征土壤的酸碱性,直接影响土壤中养分元素存在的形态及对植物的有效性,也能影响土壤中微生物的数量、组成和活性,进而影响营养元素和微量元素的转化^[15];pH过高或过低都会导致植物酸碱失衡而长势不好^[4]。从表1可以看出,69个土样pH平均值为8.19±0.05,分布在5.10—8.71,有近74%的样品pH符合上海市地方标准《园林绿化工程种植土壤质量验收规范》的技术要求(5.5—8.3)。之所以大部分的样品表现为碱性或弱碱性,主要原因是上海成土母质、地形、气候、地下水等导致的本底土壤为碱性,加上工地上的建筑垃圾特别是砖块、水泥、混凝土等中的钙向土壤中释放,导致土壤碱性进一步加强;而部分土样为酸性,可能与施用了酸性客土或酸性土壤改良材料有关。

表1 土样主控指标含量
Table 1 Master control indexes content of soil samples

指标	均值	范围	标准误	技术要求	合格率
pH	8.19	5.10—8.71	0.05	5.5—8.3	73.91%
EC(mS/cm)	0.236	0.050—0.840	0.020	0.15—1.20	60.87%
有机质/g·kg ⁻¹	26.51	3.29—453.23	9.01	>12	33.33%

2.1.2 EC

EC值表征土壤的盐分含量和可溶性离子的总量,含量过低会导致植物养分不足,而过高则会导致植物组织脱水萎蔫甚至死亡^[15];从表1可看出,69个土样Ec均值为(0.236±0.020)。15/c111,分布在0.050eswe().840ms/c1n,约60%的样品EC符合上海市地方标准《园林绿化工程种植土壤质量验收规范》的技术要求(0.15—1.20ms/cm)。除个别土样EC值较高外,抽查的

大部分绿化工程绿化土壤的 EC 值偏低, 虽然盐分潜在毒害可能性小, 但也显示土壤速效养分含量低, 主要原因是工程土壤大量使用养分贫瘠的深层土, 且土壤改良力度不够。

2.1.3 有机质

有机质是土壤养分的主要来源, 能促进土壤结构形成, 改善土壤物理性质, 提高土壤的保肥能力和缓冲性能^[15]。从表 1 可以看出, 69 个土样有机质均值为 $(26.51 \pm 9.01)\text{g/kg}$, 分布在 $3.29 - 453.239\text{g/kg}$, 只有 33.33% 的样品有机质符合上海市地方标准《园林绿化工程种植土壤质量验收规范》的技术要求 ($>129\text{g/kg}$)。可见, 抽查的园林绿化工程中除部分土样有机质含量较高外, 大部分土壤的有机质偏低, 也是限制上海园林绿化土壤质量的主要因子。究其原因, 也是与工程中大量使用养分贫瘠的深层土或土壤改良力度不够有关; 相比而言, 那些有机质含量高的土样, 甚至个别土样有机质含量 $>4009\text{g/kg}$, 主要是因为土壤中加入泥炭、有机肥、有机基质等有机改良材料。

2.2 养分指标

磷、钾、硫、镁、锰、铁、钼等 7 项营养元素含量详见表 2。

磷是植物所必需的大量元素之一, 69 个土样有效磷均值为 $(13.17 \pm 1.68)\text{mg/kg}$, 分布在 $1.60 - 66.96\text{mg/kg}$, 有 49.28% 的样品有效磷含量符合上海市地方标准《园林绿化工程种植土壤质量验收规范》的技术要求 ($8 - 30\text{mg/kg}$)。除部分土样有效磷含量较高外, 近 1/2 的样品有效磷含量低于 8mg/kg , 可见抽查的绿化工程种植土壤有效磷偏低, 原因也是与使用深层土壤及土壤改良力度不够有关。

钾是植物所必需的大量元素之一, 69 个土样有效钾均值为 $(168.3 \pm 10.7)\text{mg/kg}$, 分布在 $36.8 - 575.1\text{mg/kg}$, 有 81.16% 的样品有效钾符合上海市地方标准《园林绿化工程种植土壤质量验收规范》的技术要求 ($60 - 300\text{mg/kg}$)。可见, 抽查的绿化工程种植土壤有效钾基本能够满足要求, 这与上海主要为冲积土壤的成土因素有关^[16]。

硫是植物生长所需的第四大营养元素, 69 个土样有效硫均值为 $(139.7 \pm 14.6)\text{mg/kg}$, 分布在 $10.9 - 659.9\text{mg/kg}$; 有 89.86% 的样品有效硫符合上海市地方标准《园林绿化工程种植土壤质量验收规范》的技术要求 ($25 - 500\text{mg/kg}$)。可见, 抽查的绿化工程种植土壤有效硫基本能够满足要求, 但有个别样品含量超标, 可能与有机改良材料中过多使用硫磺等含硫高的物质有关。

镁是植物所必需的微量元素, 69 个土样有效镁均值为 $(199.4 \pm 10.1)\text{mg/kg}$, 分布在 $23.6 - 436.2\text{mg/kg}$, 有 85.51% 的样品有效镁符合上海市地方标准《园林绿化工程种植土壤质量验收规范》的技术要求 ($50 - 280\text{mg/kg}$)。可见, 抽查的绿化工程种植土壤有效镁基本能够满足要求。

锰是植物所必需的微量元素, 69 个土样的有效锰均值为 $(6.37 \pm 0.41)\text{mg/kg}$, 分布在 $0.69 - 16.17\text{mg/kg}$, 所有样品的有效锰均符合上海市地方标准《园林绿化工程种植土壤质量验收规范》的技术要求 ($0.6 - 25\text{mg/kg}$)。可见, 抽查的绿化工程种植土壤有效锰满足要求。

铁是植物所必需的微量元素, 69 个土样有效铁均值为 $(69.1 \pm 4.5)\text{mg/kg}$, 分布在 $27.1 - 204.7\text{mg/kg}$, 所有样品的有效铁均符合上海市地方标准《园林绿化工程种植土壤质量验收规范》的技术要求 ($4 - 350\text{mg/kg}$): 虽然抽查的绿化工程种植土壤的有效铁符合标准要求, 但上海绿地中植物容易发生缺铁现象, 可能与土壤高 pH 降低了铁的活性有关。

钼也是植物必需的微量元素, 69 个土样有效钼均值为 $(0.020 \pm 0.005)\text{mg/kg}$; 分布在 $0 - 0.160\text{mg/kg}$, 仅有 17.39% 的样品有效钼符合上海市地方标准《园林绿化工程种植土壤质量验收规范》的技术要求 ($0.04 - 2\text{mg/kg}$)。可见, 抽查的绿化工程

种植土壤的有效钼严重缺乏。

2.3 障碍因子指标

EC 值是表征土壤盐分的指标之一，土壤的总盐分不高但一种或几种离子含量过高也会影响植物的生长，钠是土壤最常见的、容易对植物产生盐害毒害的元素之一^[4]。69 个土样的交换性钠均值为(109.1 ± 15.0)mg/kg，分布在 6.4—76.0mg/kg；有 85.51%的样品有效钠符合上海市地方标准《园林绿化工程种植土壤质量验收规范》的技术要求 (<120mg/kg)；但部分样品交换性钠含量高达限值的 5 倍以上，这几个钠超标的样品的有机质含量也高，可能与施用了含盐量超标的有机改良材料直接相关。

表 2 土样养分指标含量

Table 2 Nutrient content of soil samples

mg·kg⁻¹

指标	均值	范围	标准误	技术要求	合格率
磷	13.17	1.60—66.96	1.68	8—60	49.28%
钾	168.3	36.8—575.1	10.7	60—300	81.16%
硫	139.7	10.9—659.9	14.6	25—500	89.86%
镁	199.4	23.6—436.2	10.1	50—280	85.51%
锰	6.37	0.69—16.17	0.41	0.6—25	100%
铁	69.1	27.1—204.7	4.5	4—350	100%
钼	0.020	0—0.160	0.005	0.04—2	17.39%

69 个土样有效砷均值为 (0.122 ± 0.010)mg/kg，分布在 0 — 0.340mg/kg，所有样品的有效砷均符合上海市地方标准《园林绿化工程种植土壤质量验收规范》的技术要求 (<1.8mg/kg)。可见，抽查的绿化工程种植土壤中不存在砷污染。

69 个土样有效镉均值为 (0.034 ± 0.002)mg/kg，分布在 0.010 — 0.100mg/kg，所有样品的有效镉均符合上海市地方标准《园林绿化工程种植土壤质量验收规范》的技术要求 (<1.2mg/kg)；可见，抽查的绿化工程种植土壤中不存在镉污染。

69 个土样有效铬均值为 (0.050 ± 0.006)mg/kg，分布在 0.010—380mg/kg，所有样品的有效铬均符合上海市地方标准《园林绿化工程种植土壤质量验收规范》的技术要求 (<10mg/kg)。可见，抽查的绿化工程绿化土壤中不存在铬污染。

69 个土样有效铅均值为 (3.03 ± 0.18)mg/kg，分布在 0.93 — 8.28mg/kg，所有样品的有效铅均符合上海市地方标准《园林绿化工程种植土壤质量验收规范》的技术要求 (<30mg/kg)。可见，抽查的绿化工程种植土壤中不存在铅污染。

69 个土样有效汞均值为 (0.120 ± 0.013)mg/kg，分布在 0 — 0.550mg/kg，所有样品的有效汞均符合上海市地方标准《园林绿化工程种植土壤质量验收规范》的技术要求 (<1mg/kg)。可见，抽查的绿化工程种植土壤中不存在汞污染。

69 个土样有效镍均值为 (0.202 ± 0.013)mg/kg，分布在 0.060 — 0.580mg/kg，所有样品的有效镍均符合上海市地方标准《园林绿化工程种植土壤质量验收规范》的技术要求 (<5mg/kg)；可见，抽查的绿化工程种植土壤中不存在镍污染。

69 个土样有效锌均值为 (2.51 ± 0.22)mg/kg，分布在 0.36 — 8.72mg/kg，有 95.65%的样品有效锌符合上海市地方标准《园林绿化工程种植土壤质量验收规范》的技术要求 (<8mg/kg)；可见，抽查的绿化工程中有少量土壤存在锌污染，但污染程度较轻。同样，几个超标的样品的有机质含量也高，可能与施用了含锌量高的有机改良材料直接相关。

69 个土样有效铜均值为 (3.84 ± 0.16)mg/kg，分布在 0.93 — 8.54mg/kg，有 94.20%的样品有效铜符合上海市地方标准《园林绿化工程种植土壤质量验收规范》的技术要求 (<6mg/kg)；可见，抽查的绿化工程中有少量土壤存在铜污染，但污染的程度

较轻。同样，超标的样品的有机质含量也高，可能与施用了铜含量高的有机改良材料直接相关。

]

表 3 土样障碍因子指标含量
Table 3 Obstacle factor indexes content of soil samples

指标	均值	范围	标准误	技术要求(Ⅰ级)	合格率
交换性钠	109.1	6.4—676.0	15.0	<120	85.51%
有效砷	0.122	0—0.340	0.010	<1.8	100%
有效镉	0.034	0.010—0.100	0.002	<1.2	100%
有效铬	0.050	0.010—0.380	0.006	<10	100%
有效铅	3.03	0.93—8.28	0.18	<30	100%
有效汞	0.120	0—0.550	0.013	<1	100%
有效镍	0.202	0.060—0.580	0.013	<5	100%
有效锌	2.51	0.36—8.72	0.22	<8	95.65%
有效铜	3.84	0.93—8.54	0.16	<6	94.20%

3 结论

对 2014 年上海新建的园林绿化工程土壤调查显示，受成土因素的影响，大部分土样呈碱性或弱碱性，而部分土壤由于施用了改良材料，土壤呈酸性；EC 值总体偏低，存在盐分潜在毒害小；土壤速效钾、有效硫、有效镁、有效锰和有效铁含量较丰富；除部分土壤外，土壤有机质、有效磷和有效钼含量均偏低；土壤砷、镉、铬、铅、汞和镍含量均不超标；但部分土样的交换性钠、有效锌和有效铜超标，可能与施用有机改良材料直接相关。

对比 2014 年上海市园林绿化工程土壤的质量总体情况也可以看出，土壤施用改良材料能提高土壤质量，但也易引起土壤盐分、铜、锌含量超标，因此在土壤改良中要严格控制改良材料的品质，防止施用含量超标的改良材料导致土壤污染。尤其铜、锌本身也是城市土壤中容易累积超标的重金属，因此更应该注重对进入土壤中改良材料中铜、锌含量的监控^[17]决并应尽早将土壤改良材料质量纳入绿化工程监管^[9]。受专业限制，传统园林绿化土壤评价指标研究较少，不利于园林植物充分发挥其应有的景观效果，本次调查只是初步尝试，对于一些景观要求较高的园林绿化工程应尽早采纳指标齐全的评价体系。在对土壤有机质、大量营养元素研究基础上，应加强园林土壤中微量营养元素和养分平衡以及与植物景观相关性的深入研究，为更科学的绿地土壤质量评价和养护以及进一步提高绿地景观效果提供技术依据^[18]。

参考文献:

[1] 张菊芳,方海兰,项建光,等.加强园林土壤质量管理确保上海园林绿化建设质量水平[J].上海标准化,2002(6):53—54.

[2] 陈祥,包兵,张晓艳,等.园林土壤质量管理现状分析及其对策探讨[J].农技服务,2008,25(3):32—33.

[3] 李小芹.园林土壤质量管理探讨[J].中国农业信息,2014(2):88.

[4] 方海兰,梁晶,郝冠军,等.城市土壤生态功能与有机废弃物土地利用[M].上海:上海科技出版社,2014.

[5] 方海兰,管群飞,朱振清.以绿化土壤标准体系为支撑,有效提升城市绿化质量[J].中国园林,2014,30(1):122—124.

-
- [6] 丁林. 园林土壤质量管理中的问题和措施分析[J]. 中国科技博览, 2009 (23) : 1 09 .
- [7] 方海兰. 园林土壤质量管理的探讨: 以上海为例[J]. 中国园林, 2000 , 16 (6) : 86 — 87 .
- [8] 陈动. 上海园林绿化工程质量监督管理的探索 … [Z]. 建设工程质量国际论坛, 2009 : 55 — 58 .
- [9] 徐忠, 朱振清, 方海兰. 园林绿化工程见证取样制度运行探讨[J]. 工程质量, 20 14 , 32 (8) : 22 — 25 .
- [11] 管群飞, 方海兰, 沈烈英, 等. DB31 / T 769 — 2013 园林绿化工程种植土壤质量验收规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013 .
- [12] 方海兰, 梁晶, 沈烈英, 等. DB31 / T 661 — 2012 绿化用表土保护和再利用技术规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012 .
- [13] 方海兰, 贾虎, 尹伯仁, 等. CJ / T 340 — 2011 绿化种植土壤[S]. 北京: 中国标准出版社, 201 1 .
- [14] 张万儒. 森林土壤分析方法[M]. 北京: 中国标准出版社, 1999 .
- [15] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000 .
- [16] 方海兰, 陈玲, 黄郭珍, 等. 上海新建绿地的土壤质量现状和对策[J]. 林业科学, 2007 , 43 (增刊 1) : 89 — 94 .
- [17] FANG HL , DONGY , GUB , et al . Distrihution of Heavy Metals and Arsenic in Greenbelt Roadside 50115 of Pudong New District in Shanghai[J]. 5011 and Sediment Contamination An International Journal , 2009 , 18 (6) : 702
- [18] KONIJNENDIJK CC , NILSSONK , RANDRUP TB , et al . Urban Forests and Trees[M]. Germany : Springer — Verlag , 2005 .