

杭州湖滨景区古樟树不同立地土壤性状分析

戚元春¹, 王小德¹, 肖昆仑², 吴家森³, 钱小平², 丁水龙²

(1. 浙江农林大学 园林学院, 浙江 临安 311300; 2. 杭州市园林文物局 湖滨管理处, 浙江 杭州 310002;
3. 浙江农林大学 林业与生物技术学院, 浙江 临安 311300)

摘要: 针对湖滨景区立地环境地下水位高, 人为干扰大等特点, 对古樟树 *Cinnamomum camphora* 树冠投影下的土壤进行理化性质及养分的测定。结果表明: 古樟树生长地土壤 pH 6.57 ~ 7.58, 略偏碱性; 土壤容重为 0.75 ~ 1.28 g·cm⁻³, 土质较为疏松; 土壤有机质为 16.1 ~ 78.8 g·kg⁻¹, 养分属于中等偏上水平。土壤的全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷、速效钾之间呈显著正相关 ($P < 0.05$), 与交换性钙、交换性镁呈负相关, 与微量元素之间的相关性不显著。三潭绿地的土壤性状优于环湖绿地、草坪、树池中的土壤性状, 更利于古樟树的生长; 用陶粒、树皮作为覆盖的树池, 其土壤性状优于用草皮覆盖的树池土壤, 但生长于树池中的古樟树人为干扰系数大, 变异系数大于用草皮覆盖的树池。其中, pH 值偏高可能对古樟树的生长造成一定的影响。因此, 优先选择树皮、木片等有机覆盖物覆盖树池, 避免在树冠投影线范围内铺设草皮和播草籽, 减少景区改造后混杂在土壤中的水泥、石灰、砖块等碱性物质, 有利于平衡土壤酸碱度, 提高土壤的通气、保水和保肥性。图 5 表 1 参 18

关键词: 土壤学; 樟树; 土壤性状; 不同立地环境; 杭州湖滨景区

中图分类号: S714 文献标志码: A 文章编号: 2095-0756(2011)02-0319-07

Soil properties of ancient *Cinnamomum camphora* at different sites in the lakeside scenic area of Hangzhou

QI Yuan-chun¹, WANG Xiao-de¹, XIAO Kun-lun², WU Jia-sen³, QIAN Xiao-ping², DING Shui-long²

(1. School of Landscape Architecture, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 2. Hubin Administrative Office of Hangzhou West Lake Scenic Area, Hangzhou Landscape and Cultural Relics Bureau, Hangzhou 310002, Zhejiang, China; 3. School of Forestry and Biotechnology, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

Abstract: Soil physical and chemical properties as well as nutrient contents under ancient *Cinnamomum camphora* crown projections were studied at the lakeside scenic area of Hangzhou, where a high water table and strong human disturbance were found, using a correlation analysis. Results showed that soil pH was partially alkaline varying from 6.57 to 7.58; soil bulk density was loose varying from 0.75 to 1.28 g·cm⁻³; organic matter content varied from 16.1 to 78.8 g·kg⁻¹; and overall the soil nutrient levels were above average. A strong positive correlation ($P < 0.05$) among soil total N, total P, total K, hydrolysable N, and available P were found. Additionally, a negative correlation was found between soil exchangeable Ca and exchangeable Mg ($P < 0.05$), but there was no correlation among different microelements. Soil properties in the green space of the Three Pools Mirroring the Moon Scenic Area were superior to the green space, lawn, and tree ponds at Round Lake which was more beneficial to the growth of ancient *C. camphora* trees. In tree ponds, soil properties with ceramic and bark mulch were superior to turf grass or seeded grass as mulch; however, the human activities that readily disturbed ancient *C. camphora* growing in tree ponds meant that the coefficient of variation with ceramic and bark mulch was higher than with grass mulch. The higher pH would be harmful to the growth of *Cinnamomum camphora*. Therefore, the balance of soil pH, aeration, water and fertilizer conserva-

收稿日期: 2010-05-30; 修回日期: 2010-09-21

作者简介: 戚元春, 从事园林植物应用与效益评估研究。E-mail: yc500@foxmail.com。通信作者: 王小德, 教授, 博士, 从事园林植物引种与应用、植物造景和生态园林等研究。E-mail: wxd65@zafu.edu.cn

tion will be improved by covering the tree pool with organic mulch such as bark and wood chips, avoiding laying sod and seeding within the projection region of the crown, and reducing the alkaline substances such as soil cement, lime and bricks mixed in the soil after the transformation in the scenic spots. [Ch, 5 fig. 1 tab. 18 ref.]

Key words: soil science; *Cinnamomum camphora*; soil properties; different natural stand conditions; lakeside scenic area of Hangzhou

樟树 *Cinnamomum camphora* 是杭州市市树, 在杭州市的古树名木中占有较大比例。湖滨景区是杭州西湖风景区的“门厅”和“地标”, 是品鉴滨湖阴晴雨雾的诗情玉带, 更是古木遗存、古迹丰蕴的文化宝地。自 2000 年杭州市政府启动西湖综合保护工程以来, 景区沿线景观得到了良好的修复和整治, 通过新建西湖隧道、实施路面改造、开挖沟通水系^[1]等一系列措施, 实现湖滨景区湖城合璧的风貌特色。但这一改造措施也使得景区内古樟的自然生境受到不同程度的影响, 主要包括施工时挖去古樟地表部分土层, 地面改造采用不透水硬铺装、建筑拆除后遗留下砖块、水泥等建筑垃圾等干扰因素, 造成部分古樟生长势呈逐年下降的趋势。因此, 对湖滨景区古樟树冠投影下土壤理化性质和肥力状况进行研究, 剖析土壤性状对古樟生长状况的影响, 有针对性地提出古樟的救治复壮措施, 从而提升滨湖景区的绿化养护水平。

1 材料与方法

1.1 研究地概况

试验点位于西湖湖滨景区的望湖楼、少年宫广场、圣塘闸、湖滨公园、大华饭店、钱王祠绿地及湖心三潭映月绿地。根据西湖从海湾到泻湖演进的历史进程, 湖东因沙淤成堤形成冲击平原, 进而形成最初的湖滨^[2-3], 成土母质为泥沙沉积物。景区内现有百年以上古樟 34 株, 其中, 树龄在 500 a 以上的有 2 株, 300 ~ 499 a 的有 10 株, 且多生长于临湖的树池、公园绿地和草坪中, 部分古樟与建筑相邻。因湖滨地面改造及西湖隧道建设, 处于救治状态的古樟 1 株, 古樟现有生长环境发生重大改变的有 1 株。园区绿化管理以日常维护为主, 隔 3 个月对古樟施 1 次缓效颗粒肥(N : P₂O₅ : K₂O = 1 : 1 : 1)(2.0 kg·株⁻¹), 冬季统一撒豆饼肥(3.0 kg·株⁻¹)。

1.2 采样及分析方法

于 2009 年 11 月对景区内古樟树冠投影下土壤进行取样。采用对角线取样法^[4]: 即在树冠投影内均匀取 12 个样点(树冠投影边缘 6 个, 树冠投影边缘向内 1/3 处再取 6 个), 采样深度 0 ~ 30 cm, 共采集样地 33 个。同时, 用环刀取表层土作土壤容重的测定, 土壤孔隙度根据土壤密度和容重计算得出。

土壤样品采回风干后, 去杂过筛, 并将样品混匀后用四分法留取适量作 pH 值、有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷、速效钾、交换性钙、交换性镁和微量元素的分析。土壤 pH 值测定采用电位法, 有机质测定采用硫酸重铬酸钾外加热法, 全磷、全钾测定采用酸溶法, 碱解氮测定采用碱性扩散法, 速效磷测定采用 Brayetall 945 法, 速效钾测定采用火焰光度法, 交换性钙、交换性镁测定采用偏硼酸锂熔融-多道直读光谱法(ICP)法, 有效铁、有效锰、有效铜、有效锌、有效钼和有效硼的测定采用电感耦合等离子体发射光谱法(ICP-AES)^[4-6]。

2 结果与分析

2.1 不同立地环境下土壤理化性质及养分差异分析

湖滨景区位于城市与风景区交界处, 主要分为环湖公园和湖心三潭景区 2 个主要区块。按古樟树受环境变迁及人为活动影响的程度不同, 古樟立地环境可分为湖心三潭绿地, 环湖公园绿地, 草坪, 树池(陶粒、树皮覆盖), 树池(草皮覆盖)等 5 种。其中, 绿地特指地表被乔灌草或灌草层覆盖的具有复层群落结构的人工林地。三潭绿地因处于湖心, 地下水位高于环湖公园。

2.1.1 土壤容重和孔隙度 疏松或有团粒结构的土壤容重小, 紧实板结的土壤容重大。土壤中空隙的数量越多, 水分和空气的容量就越大^[6-7], 土壤的透水通气能力就越好。测试样地结果显示: 土壤容重为

0.75 ~ 1.28 g·cm⁻³，孔隙度为 51.86% ~ 71.81%，表明样土总体疏松多孔，而人为施加有机肥的管理措施可使容重减少。不同立地环境下，土壤容重及孔隙度差异见图 1。三潭绿地、环湖绿地和树池(陶粒、树皮覆盖)中的土壤容重小于环湖草坪和环湖树池(草皮覆盖)，并达到显著性水平($P < 0.05$)，孔隙度则相反。不同地表覆盖物，对土壤的物理性质会造成一定的影响。用草坪草覆盖地表，容易形成密集而有弹性的根茎层草皮，固结表土，结成网状草皮，从而减少土壤空气与大气之间的交换^[8]，对树木的生长造成水分和养分的竞争^[9]。用陶粒、树皮等无机或有机物覆盖表土能够防止土壤表面板结，改善土壤性状，缓解降雨、冲刷对土壤表层的侵蚀，提高水分在土壤中的吸收和渗透，从而对树木的生长起到良好的促进作用。因此，用陶粒、树皮覆盖的树池，其土壤物理性状优于用草皮覆盖的树池。但树池(陶粒、树皮覆盖)中的土壤受覆盖物种类和覆盖厚度影响，其变异系数大于单纯用草皮覆盖的树池。

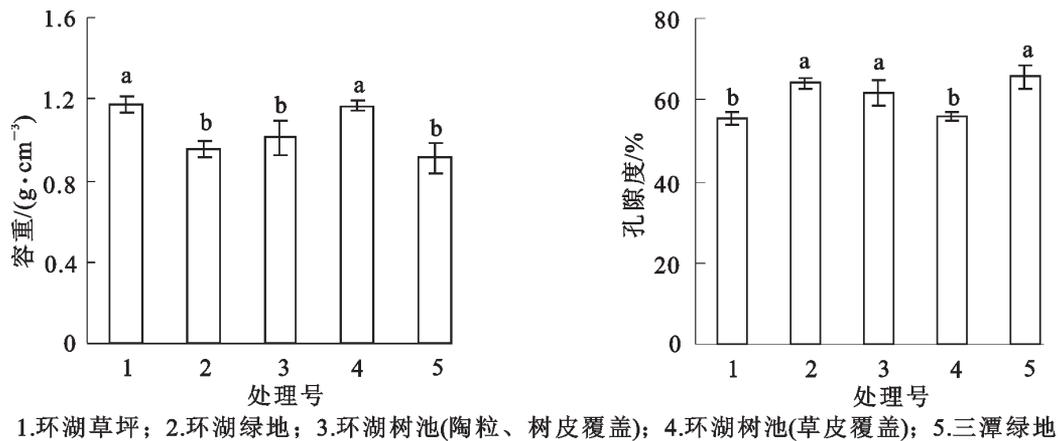


图 1 不同立地环境下土壤容重和孔隙度比较

Figure 1 Comparison of soil bulk density and porosity in different natural stands conditions

2.1.2 土壤 pH 值特性 土壤酸碱度是土壤的重要化学性质，直接影响土壤微生物区系的分布、活性以及土壤养分元素的释放、固定和迁移等^[6-7]。樟树对土壤酸碱度要求为 pH 5.5 ~ 6.5 至中性砂质壤土、轻沙壤土或冲击壤土，忌石灰质、盐碱土或瘠薄干燥的土壤^[10]。根据土壤酸碱度分级：测试样地内土壤 pH 值偏弱碱性，不同立地条件下土壤 pH 均值均在 7.0 以上，变异系数较小(图 2)。其中，草坪土的 pH 值最高，部分土样高达 pH 7.5，此类土壤已处于碱性土壤范围，不利于樟树的生长。根据结果分析，造成湖滨景区土壤偏碱化的原因主要有以下几个方面：①每年冬季管理处定期对景区内树木基干涂掺有硫磺粉的石灰水，以杀灭藏匿于树皮中的幼虫或虫卵，并起到对树木保暖、杀菌的功效。风干脱落的石灰深入土壤中，容易中和土壤酸性，使土壤偏碱化。②湖滨景区设有少年宫、圣塘闸、涌金门等出水口，地下水位高。根据张志兵等^[11]对西湖水质的监测，设于湖滨景区 2 个样点的水质酸碱度分别为 pH 7.00

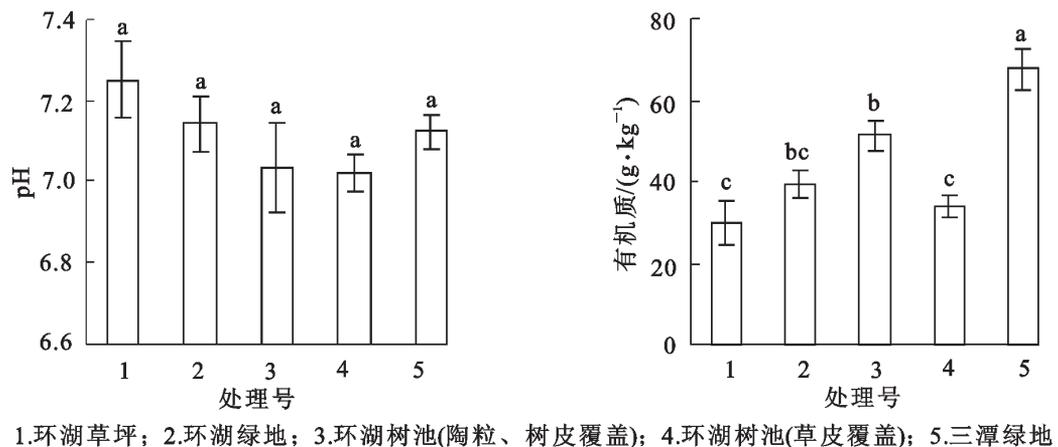


图 2 不同立地环境下土壤 pH 值和有机质比较

Figure 2 Comparison of soil pH values and organic matters in different natural stands conditions

~ 9.18 和 pH 7.38 ~ 8.95, 水质偏碱。滨湖景区以抽取西湖水作为公园绿地的浇灌用水, 因此, 西湖水质的酸碱度对滨湖土壤酸碱度也会造成一定的影响。③不同地面覆盖物对树池内的土壤酸碱度会造成一定的影响。湖滨景区内用树皮、木片用作树池覆盖的古樟 650 号, 其土壤酸碱度(pH 6.70)明显低于用卵石覆盖和用草皮覆盖的树池内的土壤。这与木片等有机物质在分解过程中会产生各种有机酸等物质, 致使 pH 值下降^[12]有关。土壤 pH 值的变化主要出现在有机覆盖物下的土壤表面^[13], 而树池内的土壤取样主要集中在浅土层, 与分析结果相符。④湖滨景区处于湖城接壤处, 经过景区改造后, 土壤中常常混有建筑废弃物、水泥、砖块和其他碱性混合物及大量含碳酸盐的灰尘沉降, 这都可能引起土壤趋于碱化^[14-15]。

2.1.3 土壤有机质与养分状况 土壤有机质是指存在于土壤中的所有含碳的有机化合物, 一般占土壤总量的 1% ~ 20%。土壤有机质质量分数的多少, 基本上可以反映土壤肥力水平的高低。在一定范围内, 有机质质量分数与土壤肥力水平呈正相关^[6-7]。在所测的 33 个样本中, 有机质最高达 $78.8 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 最低为 $16.1 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。其中, 有机质为 $20 \sim 60 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的样本数最多, 占总样本数的 87.9%, 说明景区内大部分土壤有机质质量分数处于中上水平; 低于 $20 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的有 1 个样本, 为草坪土。不同立地环境下, 绿地中土壤有机质最高, 草坪中的有机质最低(图 2)。有覆盖物的树池有机质质量分数大于单纯用草皮作为覆盖物的树池, 这与陈玉娟^[16]研究的不同覆盖方式对土壤有机质的影响相一致: 单独覆盖有机物 > 单独覆盖草皮, 用树皮松针作为覆盖物可增加有机质的质量分数。根据环湖草坪、绿地、树池等 4 种立地类型的土样均值($37.65 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$)与三潭绿地的土样均值($67.73 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$)相比较(图 2)得出, 三潭绿地中的土壤有机质质量分数明显高于环湖公园, 并达到极显著水平($P < 0.01$)。这可能由于三潭景区的成土主要由湖底淤泥堆积而成, 西湖淤泥的显著特点是沉积物中的营养物质量分数非常高^[17], 表层和软泥层直接影响到西湖的水质, 底泥则是影响湖水富营养化的关键, 由此造成三潭景区的有机质质量分数总体高于环湖公园。

2.1.4 土壤养分及其供肥性能 土壤中的养分全量一般分为速效养分和迟效养分。通常各种速效养分的质量分数反映了植物能直接吸收利用的养分数量, 是衡量土壤供肥能力的重要指标^[6-7]。土壤中的养分质量分数受土温、酸碱度、含水量和光照等环境影响, 差异较为显著, 而速效养分质量分数受供应数量、供应速度及供应时间长短和植物生理特点是否协调等因素, 其差异性更为显著, 表现为速效养分的变异系数大于全量养分。测试样地内土壤全氮质量分数多介于 $1.00 \sim 2.50 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 占总样本数的 87.9%; 低于 $1.00 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的样本有 1 个, 为草坪土; 高于 $2.50 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的有 3 个样本, 均位于三潭景区。土壤中全氮质量分数的消长与土壤有机质质量分数的变化一致, 主要取决于各地区有机质的积累和分解作用的相对强度^[6], 因此造成了三潭景区的全氮质量分数高于环湖公园。碱解氮质量分数为 $96.30 \sim 437.50 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 供应较高, 变异系数大。全磷及速效磷质量分数普遍较高。速效磷质量分数为 $20.00 \sim 80.00 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的样本占总样本数的 93.9%, 大于 $80.00 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的古樟生长于树池(陶粒、树皮覆盖)中, 这可能与该样本 pH 值较低、有机质较高有关; 速效磷质量分数最低的古樟生长于草坪中, 其有机质质量分数也较低。土壤全钾量反映了土壤钾素的潜在供应能力。钾的输入主要有大气沉降和矿物风化释放^[6-7], 变异系数较全氮、全磷、碱解氮和速效磷小。不同立地环境下, 土壤全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷和速效钾质量分数比较见图 3 ~ 5。其中, 三潭绿地的全氮、全磷质量分数极显著高于环湖公园的 4 种立地类型($P < 0.01$), 碱解氮质量分数显著高于环湖公园的 4 种立地类型($P < 0.05$), 速效磷质量分数与环湖草坪和有树池(草皮覆盖)有显著差异($P < 0.05$), 这与三潭景区的土壤有机质质量分数高有一定的相关性。草坪内全钾质量分数与三潭绿地有极显著差异($P < 0.01$), 与树池有显著性差异($P < 0.05$), 速效钾质量分数与三潭绿地和树池(草皮覆盖)有极显著差异($P < 0.01$), 与环湖绿地和树池(陶粒、树皮覆盖)有显著性差异($P < 0.05$)。草坪中土壤全氮、全钾、碱解氮、速效钾的变异系数均大于绿地、三潭绿地以及用陶粒树皮和草皮覆盖的树池, 说明草坪中土壤的养分稳定性差, 对钾元素的固定和供应能力低, 对古樟的生长会造成一定的影响。西湖作为城区湿地, 其土壤中的磷质量分数明显高于城市边缘地区的湿地及城区居民区土壤, 具有更强的磷富集^[18], 这也会对景区内土壤的全磷质量分数构成一定的影响。

2.2 营养元素之间的相关性分析

对湖滨景区土壤营养元素进行相关性分析(表 1)结果表明: 全氮、全磷、全钾、碱解氮和速效磷之间呈极显著正相关($P < 0.01$), 它们之间有增效作用; 全钾与交换性镁呈显著负相关($P < 0.05$), 它们之间有拮抗作用; 速效钾与全氮、全钾和碱解氮呈显著正相关($P < 0.05$); 有效硼与有效铁、有效镍呈极

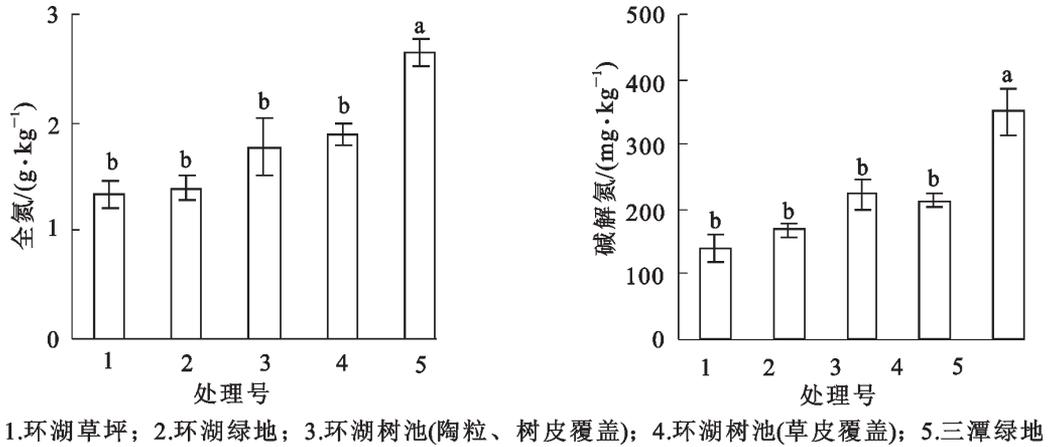


图 3 不同立地环境下土壤全氮和碱解氮比较

Figure 3 Comparison of soil total N and hydrolysable N in different natural stands conditions

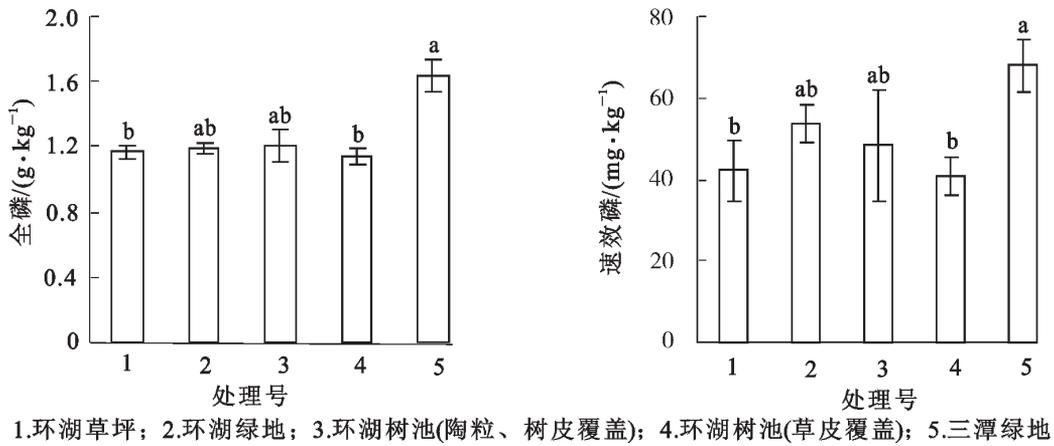


图 4 不同立地环境下土壤全磷速效磷比较

Figure 4 Comparison of soil total P and available P in different natural stands conditions

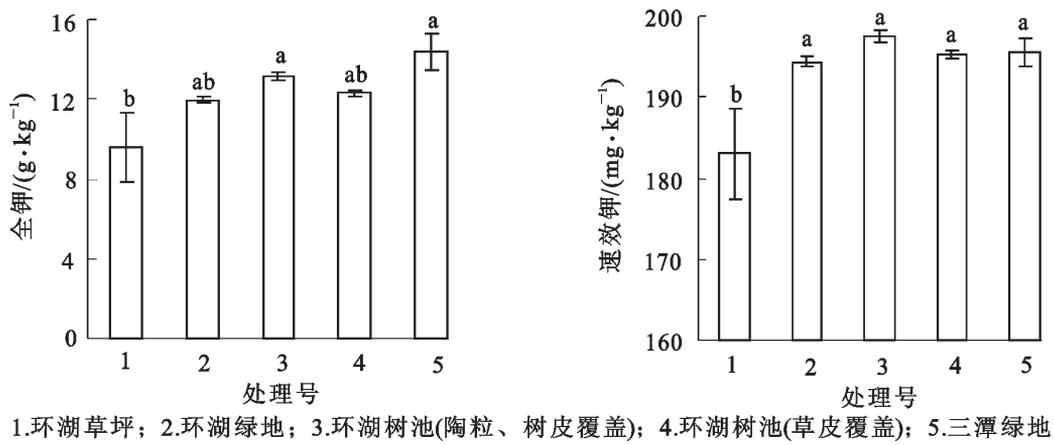


图 5 不同立地环境下土壤全钾和速效钾比较

Figure 5 Comparison of soil total K and available K in different natural stands conditions

显著正相关 ($P < 0.01$), 有效铜与有效镍呈极显著正相关 ($P < 0.01$), 与有效锌呈显著正相关 ($P < 0.05$); 交换性钙、交换性镁和有效钼与大部分元素呈负相关或不相关, 有效锰与大部分元素不相关。

3 结论与建议

湖滨景区因其特殊的地理位置和水域特点, 土壤酸碱度和有机质质量分数受西湖水质的影响较大,

表1 湖滨景区土壤营养元素相关性分析

Table 1 Correlation analysis among soil nutrition elements in the lakeside scenic area

	全氮	全磷	全钾	碱解氮	速效磷	速效钾	有效硼	交换性钙	有效铜	有效铁	交换性镁	交换性锰	有效铝	有效镍
全磷	0.899**													
全钾	0.825**	0.903**												
碱解氮	0.949**	0.953**	0.914**											
速效磷	0.794**	0.805**	0.622*	0.721**										
速效钾	0.527	0.534	0.670*	0.571*	0.254									
有效硼	0.509	0.394	0.259	0.376	0.429	0.466								
交换性钙	-0.309	-0.098	0.001	-0.185	-0.386	0.242	-0.509							
有效铜	0.278	0.061	-0.071	0.090	0.031	0.308	0.470	0.056						
有效铁	0.548	0.458	0.307	0.423	0.471	0.423	0.985**	-0.510	0.440					
交换性镁	-0.331	-0.537	-0.646*	-0.523	-0.292	-0.487	0.272	-0.426	0.309	0.297				
有效锰	0.092	0.261	0.195	0.092	0.215	0.287	0.238	0.336	-0.054	0.212	-0.370			
有效铝	-0.234	-0.248	-0.012	-0.139	-0.509	0.292	-0.318	0.521	-0.123	-0.334	-0.191	0.046		
有效镍	0.348	0.181	0.110	0.185	0.152	0.465	0.913**	-0.306	0.687**	0.895**	0.411	0.154	-0.154	
有效锌	-0.045	-0.225	-0.077	-0.155	-0.273	0.410	-0.037	0.486	0.555*	-0.139	-0.144	0.246	0.314	0.214

说明：*表示 $P < 0.05$ 的显著性差异，**表示 $P < 0.01$ 的显著性差异。

土壤中的营养元素受施肥习惯、客土来源等影响，微量元素的变异系数大于大量元素和中量元素。土壤中全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷和速效钾之间存在着显著相关性，对提高土壤肥力有增效作用，但与微量元素之间的相关性不显著，与交换性钙、交换性镁的相关性不显著或有拮抗作用，在不同立地环境下会对古樟的生长势造成一定的影响。

不同立地环境下，古樟树冠投影下土壤的容重、孔隙度、有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷和速效钾均有不同程度的显著性差异，但微量元素的差异不显著。樟树土壤要求肥沃湿润、土层深厚，因此土质疏松，有机质质量分数高，供肥性能好，人为干扰相对较小的三潭景区，对古樟的生长最为有利。草坪土壤的容重大、孔隙度小，有机质、全钾、碱解氮和速效钾质量分数低，稳定性差，总体供肥性能低，对古樟的生长最为不利。

树池内不同覆盖物对土壤的理化性质和化学性质会造成一定的影响，并直接影响到古樟的生长状况。用陶粒、树皮作覆盖的树池，有机质、全磷、全钾、速效磷和速效钾的质量分数均大于用草皮覆盖的树池，容重却低于树池（草皮覆盖）。但总体而言，生长于树池中的古樟由于多处于人流较集中的步行道、庭院内，人为干扰系数大过生长于绿地和草坪中的古樟，所以生长状况受环境影响较明显，个体差异较大。

基于以上分析结果，建议在对古樟的救治复壮和日常养护中，注意以下几点：①优先选择树皮、木片等有机覆盖物覆盖树池，并根据树池内土壤性质及覆盖物颗粒碎片大小，选择合适的铺设厚度，从而减少冬季树干涂白后石灰粉末的下渗，有利于降低树池内土壤的酸碱度。②对于生长于草坪的古樟，铺设草皮和播草籽的范围尽量选在树冠投影线外，以避免草坪草的网状根系抑制古樟侧根的生长，有效提高土壤的通气、保水和保肥性。③加强土壤管理，尽可能清除景区改造后混杂在土壤中的水泥、石灰、砖块和混凝土等碱性物质，减少城市废弃物垃圾对土壤性状的不良影响。

参考文献：

- [1] 中共杭州市委党史研究室，杭州西湖风景名胜区管委会. 西湖岁月[M]. 杭州：杭州出版社，2008.
- [2] 杭州市园林文物管理局. 西湖风景园林(1949-1989)[M]. 上海：上海科学技术出版社，1990.
- [3] 陈文锦. 发现西湖：论西湖的世界遗产价值[M]. 杭州：浙江古籍出版社，2007.

- [4] 林大仪. 土壤学实验指导[M]. 北京: 中国林业出版社, 2004.
- [5] 中国标准出版社第二编辑部. 环境监测方法标准汇编土壤环境与固体废物[S]. 2 版. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [6] 林大仪. 土壤学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2002.
- [7] 孙向阳. 土壤学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2005.
- [8] 王焕新. 改善古树立地土壤环境的复壮法效果分析[D]. 长春: 东北师范大学, 2006.
WANG Huanxin. *Evaluate the Effect of Perforate Stuffing Restoring* [D]. Changchun: Northeast Normal University, 2006.
- [9] 王成, 鄢光发, 彭镇华. 有机覆盖物在城市林业建设中的应用价值[J]. 应用生态学报, 2005, **16** (11): 2213 – 2217.
WANG Cheng, QIE Guangfa, PENG Zhenhua. Application value of organic ground surface mulch in urban forestry construction [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2005, **16** (11): 2213 – 2217.
- [10] 江西省林业厅造林处. 香樟栽培[M]. 北京: 中国林业出版社, 1991.
- [11] 张志兵, 施心路, 刘桂杰, 等. 杭州西湖浮游藻类变化规律与水质的关系[J]. 生态学报, 2009, **29** (6): 2980 – 2988.
ZHANG Zhibing, SHI Xinlu, LIU Guijie, *et al.* The relationship between planktonic algae changes and the water quality the West Lake, Hangzhou, China [J]. *Acta Ecol Sin*, 2009, **29** (6): 2980 – 2988.
- [12] LINDS C S. Impact of mulches on landscape plants and the environment: a review [J]. *J Environ Hortic*, 2007, **25** (4): 239 – 249.
- [13] 黄利斌, 李荣锦, 王成. 国外城市有机地表覆盖物应用研究概况[J]. 林业科技开发, 2008, **22** (6): 1 – 8.
HUANG Libin, LI Rongjin, WANG Cheng. Foreign cities of organic ground surface mulch application profile [J]. *China For Sci Technol*, 2008, **22** (6): 1 – 8.
- [14] 王良睦, 王文卿, 林鹏. 城市土壤与城市绿化[J]. 城市环境与城市生态, 2003, **16** (6): 180 – 181.
WANG Liangmu, WANG Wenqing, LIN Peng. Urban soil and its relationship to landscape planting [J]. *Urban Environ Urban Ecol*, 2003, **16** (6): 180 – 181.
- [15] 卢瑛, 甘海华, 史正军, 等. 深圳城市绿地土壤肥力质量评价及管理对策[J]. 水土保持学报, 2005, **19** (1): 153 – 156.
LU Ying, GAN Haihua, SHI Zhengjun, *et al.* Soil fertility quality assessment and managing measures for urban green space in Shenzhen City [J]. *J Soil Water Conserv*, 2005, **19** (1): 153 – 156.
- [16] 陈玉娟. 有机覆盖物对城市绿地土壤的影响[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2009.
CHEN Yujuan. *Effects of Organic Mulch on the Soil of Urban Green Space* [D]. Beijing: The Chinese Academy of Forestry, 2009.
- [17] 吴芝瑛, 虞左明, 盛海燕, 等. 杭州西湖底泥疏浚工程的生态效应[J]. 湖泊科学, 2008, **20** (3): 277 – 284.
WU Zhiying, YU Zuoming, SHENG Haiyan, *et al.* Ecological effects of the dredging in the West Lake, Hangzhou [J]. *J Lake Sci*, 2008, **20** (3): 277 – 284.
- [18] 章明奎, 周翠. 杭州城市及其边缘区湿地磷化学特征的研究[J]. 生态环境, 2005, **14** (3): 301 – 304.
ZHANG Mingkui, ZHOU Cui. Characterization of phosphorus chemistry in wetlands in Hangzhou City and its edge areas [J]. *Ecol Environ*, 2005, **14** (3): 301 – 304.