



李发琴,张孝男,王京梅,等.生物炭对公园土壤改良效果评估[J].黑龙江农业科学,2024(3):81-86.

生物炭对公园土壤改良效果评估

李发琴^{1,2},张孝男^{2,3},王京梅⁴,王 达⁵,戴子云²,刘嘉伟¹

(1. 西南林业大学 园林园艺学院,云南 昆明 650224; 2. 北京市园林科学研究院 绿地生态功能评价与调控技术北京市重点实验室,北京 100102; 3. 北京农学院 园林学院,北京 102206; 4. 北京市西城区广阳谷城市森林公园,北京 110104; 5. 北京市首发天人生态景观有限公司,北京 102600)

摘要:城市绿地土壤质量是影响绿地植被景观的重要因素,而生物炭具有优良的土壤改良应用潜力。通过田间试验,以北京市西城区广阳谷城市森林公园为研究区域,探索施用生物炭对城市绿地土壤质量改良的效果以及对植物生长影响。结果表明,(1)施用生物炭处理的蒙古栎和银白槭叶片的长、宽每月均能生长 3%~5%。而不施用生物炭处理的蒙古栎和银白槭的叶片的长、宽每月只能生长 1%~2%。其中银白槭的复壮效果更明显。(2)试验组蒙古栎和银白槭的光合速率与对照组相比,提高 0.88%~13.38%。施用生物炭的蒙古栎净光合速率表现为双峰型动态变化,而银白槭为单峰型变化。蒙古栎试验组净光合速率与对照组差异不显著,而银白槭试验组的净光合速率从 7 月 10 日开始与对照组相比差异显著。(3)施加生物炭的土壤有机质含量提升 6.04%,pH 下降 2.47%,电导率下降 6.77%,氮磷钾等营养元素分别增长 28.48%、10.05%和 3.10%。综上,施用生物炭可改良城市绿地土壤质量,并对植物有复壮效果。

关键词:生物炭;土壤改良;城市绿地;植物生长

城市绿地土壤是城市生态系统的重要组成部分,能够净化环境,决定着城市的生态环境质量、园林植物的生长发育状况以及绿地生态景观。由于人们对城市绿地土壤不断翻动、碾压和践踏,导致绿地与农田或自然土壤,在土壤容重、孔隙度、养分及 pH 等土壤理化性质方面存在一定差异,且不同类型绿地之间差异性不同^[1]。城市绿地建设过程中,根据园林植物生物学特性选择适宜园林植物生长的土壤环境。在许多地区,绿地土壤质量已成为园林景观质量提升的瓶颈,提高土壤质量、改良城市土壤理化特性是城市绿化可持续发展的的重要途径。

城市绿地土壤是城市生态系统的重要组成部分,对城市的可持续发展具有重要意义^[2-5]。与自然土壤不同,城市绿化土壤受各种人为活动的强烈影响^[6]。北京城市公园土壤具有物理性质差、pH 高、养分有效性低的特点,且部分土壤存在一定程度的重金属富集^[7-9]。土壤孔隙度小,雨水渗透能力较差,植物难以吸收土壤中的营养物质。城市绿地土壤理化性质退化,不利于营造城市绿地景观。近年来国内外越来越多的学者研究生物

炭,并将其运用到改良土壤方面^[10-11]。

生物炭是一种作为土壤改良剂的木炭,其制备过程需要少氧及高温环境。生物炭表面具有丰富的羟基、烯烃、有机氧官能团和孔隙结构,从而在生物炭裂解过程中会导致生物炭性质及组成上的变化,且生物炭在本质上是具有高度芳香化的固体颗粒,具有良好独特的生物、物理、化学性质和养分调节能力,决定了其用途的适宜性以及环境中的迁移和转化。生物炭添加到土壤中可以降低土壤容重,增加土壤有机碳含量,增加土壤有效性营养元素的含量,减少养分损失提高肥力,改变土壤理化性质及促进植物生长。研究证明生物炭是一种良好的土壤添加剂,能够改善土壤质量和土壤容重,不仅能够吸持更多的水分^[12-14],还能吸附土壤中的金属物质^[15]。在土壤中施入一定的生物炭量,可以有效改善土壤孔隙状况和微生物活性,增加土壤孔隙度,减少养分的流失、提高土壤肥力,促进植物的生长^[16]及减少温室气体的排放^[17]。为此,本研究基于室外试验,研究施用生物炭对城市绿地土壤质量改良效果及对植物生长的影响,旨在为城市绿地土壤改良提供指导意义。

收稿日期:2023-09-01

基金项目:北京市科技计划(Z181100009818023)。

第一作者:李发琴(1996—),女,硕士研究生,从事风景园林规划设计研究。E-mail:3449029824@qq.com。

通信作者:戴子云(1985—),男,博士,高级工程师。从事园林生态研究。E-mail:daiziyun1985@163.com。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2020年在北京市西城区广阳谷城市森林公园内进行,研究区域气候类型为暖温带半湿润大陆性季风气候,夏季高温多雨,冬季寒冷干燥,春秋短促。年均温为11~13℃,年均降雨量600 mm,降水季节分配不均匀,80%的降水集中在6月—8月,属偏缺水的半湿润半干旱地区。该地区土壤类型为棕壤。

1.2 方法

1.2.1 小区试验 在公园内选择土壤板结严重区域,作为小区试验样地,样地大小为10 m×10 m,一次性表施生物炭5 t·hm⁻²,3次重复。对比施用前和施用1年后土壤质量变化,评估生物炭改良效果。

1.2.2 树木复壮试验 以公园内长势较弱的蒙古栎和银白槭为试验对象,各树种随机选择10株并用标签扎带标上记号,随机选择5株作为试验组(施生物炭),另5株作为对照组(不施生物炭),每株树上选中生长良好的叶子并挂上牌子。于当年5月上旬施用生物炭后每隔15 d在晴天、少云的天气利用LI-6800便携式光合作用全自动测定系统对叶片光合作用进行监测,遇阴雨天顺延。测量时使用二氧化碳钢瓶控制稳定的二氧化碳浓度为400 μmol·mol⁻¹,测定前对叶片进行充分光诱导。同时每月15日对所选树木叶片的长度、宽度进行测量,采用游标卡尺在同一位置测3次取平均值。

1.2.3 土壤采集与分析测试 生物炭施用前及施用1年后,采集表层0~20 cm土层样品,其中试验小区采集6份,树木复壮每株1份共20份,合计26份。所有样品风干后过2 mm筛,根据中国林业行业标准LY/T 12101275—1999《森林土

壤分析方法》,测定土壤pH、有机质含量、土壤肥力等指标^[18]。采用环刀法测定土壤容重、总孔隙度及土壤毛管孔隙度;电位法测定土壤pH;重铬酸钾水合加热法测定土壤有机质含量(SOC);凯氏定氮法测定土壤全氮(TN);钼锑抗比色紫外分光光度法测定全磷含量;酸溶-火焰光度计测定全钾含量;每份样品各项理化指标重复测定3次。

1.2.4 数据分析 采用Excel 2010进行基本数据处理,采用SPSS 20.0软件进行相关性和差异性分析。

2 结果与分析

2.1 生物炭对植物叶片生长指标的影响

由表1可知,蒙古栎对照组(CK)和试验组(SS)叶片的长度分别由16.09 cm和16.16 cm生长到17.61 cm和18.51 cm,宽度则由10.58 cm和10.39 cm生长到11.17 cm和11.95 cm。银白槭对照组(CK)和试验组(SS)叶片的长度分别由9.72 cm和9.97 cm生长到10.65 cm和12.05 cm,宽度则由8.20 cm和8.17 cm生长到8.76 cm和9.95 cm。蒙古栎对照组叶长和叶宽生长量分别为9.4%和5.6%,试验组叶长和叶宽生长量分别为14.5%和15.0%。银白槭对照组叶长和叶宽生长量分别为9.6%和6.8%,试验组叶长和叶宽生长量分别为20.9%和21.8%。施用生物炭处理的蒙古栎和银白槭叶片长、宽每月均能生长3%~5%。而不施用生物炭处理的蒙古栎和银白槭的叶片长、宽每月只能生长1%~2%。

蒙古栎和银白槭叶片长、宽度差异显著性分析可知,7月15日开始蒙古栎和银白槭试验组与对照组的长、宽度生长变化差异性显著,由此可见施用生物炭处理对蒙古栎和银白槭的叶片生长带来了有利影响,与蒙古栎相比,银白槭的复壮效果更加明显。

表 1 生物炭对蒙古栎和银白槭叶片生长的影响 单位:cm

指标	品种	处理	5月15日	6月15日	7月15日	8月15日	9月15日
叶长	蒙古栎	CK	16.09±2.44 a	16.58±1.58 a	17.13±1.30 a	17.41±2.10 a	17.61±3.16 a
		SS	16.16±2.11 a	16.88±1.97 a	17.83±1.90 b	18.10±2.84 b	18.51±1.18 b
	银白槭	CK	9.72±1.02 a	10.03±1.06 a	10.34±1.39 a	10.50±2.53 a	10.65±2.41 a
		SS	9.97±0.94 a	10.47±2.13 a	10.93±2.18 b	11.69±1.93 b	12.05±2.07 b
叶宽	蒙古栎	CK	10.58±1.50 a	10.73±2.25 a	10.85±1.06 a	11.00±1.91 a	11.17±1.97 a
		SS	10.39±1.19 a	11.34±2.18 a	11.63±1.54 b	11.81±1.91 b	11.95±2.20 b
	银白槭	CK	8.20±0.83 a	8.29±1.07 a	8.37±2.24 a	8.53±2.06 a	8.76±2.01 a
		SS	8.17±0.90 a	8.50±2.10 a	9.20±2.47 b	9.55±2.04 b	9.95±0.83 b

注:同列不同小写字母表示同一植物对照组和试验组之间在P<0.05水平差异显著。

2.2 生物炭对植物净光合速率的影响

由图 1 可知,在施用生物炭后,蒙古栎净光合速率呈先升高后降低再升高再降低的双峰型动态变化,而银白槭则先持续升高到达峰值后再降低的单峰型变化。其中,蒙古栎的净光合量在测量周期内以 6 月 25 日、7 月 10 日和 8 月 10 日表现最高,而银白槭在 9 月 10 日最高。

对照组和试验组对比可以看出,蒙古栎虽然

试验组净光合速率比对照组表现好,但差异不显著。而银白槭试验组的净光合速率从 7 月 10 日开始已经显著高于对照组,从 7 月 10 日至 9 月 25 日试验组净光合速率分别比对照组高 3.10%、6.25%、7.00%、11.70%、13.38%和 9.69%。表明在进行生物炭复壮修复后,银白槭在生理上表现出良好的变化。

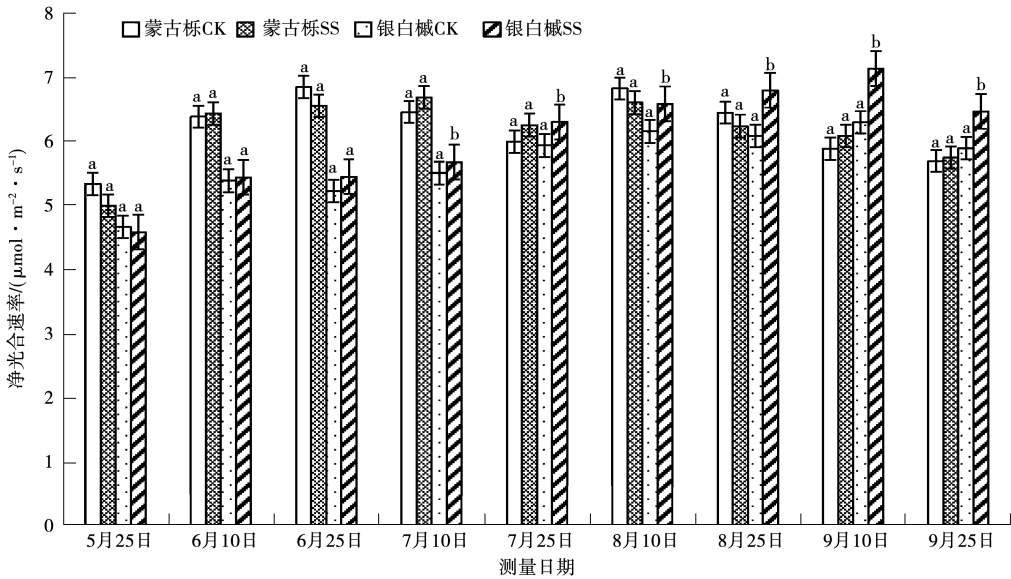


图 1 生物炭对蒙古栎和银白槭净光合速率的影响

注:不同小写字母表示同一植物生物炭处理与对照之间在 $P<0.05$ 水平差异显著。下同。

2.3 生物炭对土壤理化性质的影响

由图 2 可知,施加生物炭前试验区域土壤 pH 普遍在 8.72~8.90 之间,均值为 8.78,属于中重碱性土壤;土壤电导率普遍在 210~276 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ 之间,均值为 236.23 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$;土壤有机质含量整体范围在 3%~5%之间,均值为 4.14%,低于常规植物土壤有机质标准含量(5%)。土壤有效氮、有效磷和有效钾含量均值分别为 268.21、37.71 和 440 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (图 2)。结合《全国第二次土壤普查养分分级标准表》和《北京市土壤养分指标规则》^[19]得知,土壤有效氮和有效钾都达到了土壤养分的一级标准,但有效磷平均含量却属于低级指标,说明有机质含量偏低影响了土壤有效磷含量,并降低了土壤贮磷供应能力,植物根系活动和吸收营养元素受到影响。

由图 2 可知,改良 1 年后测定显示各区域的土壤 pH 普遍在 8.6 左右,土壤酸碱度有所改善,

便于植物生长。蒙古栎施加生物炭后土壤有机质含量提升 9.73%,pH 下降 1.93%,电导率下降 11.31%,有效氮、有效磷、有效钾营养元素分别增长 9.23%、16.28%和 8.35%。银白槭施加生物炭的 pH 和电导率分别下降 1.71%和 10.24%,有机质含量提升 13.37%,与蒙古栎试验组相比,增长更为明显。土壤中的有效氮、有效磷、有效钾含量分别提升 14.15%、20.71%和 5.84%。

试验小区 pH 和电导率分别下降 2.47%和 6.77%,土壤中的有机质含量增加 6.04%,有效氮、有效磷、有效钾含量分别增长 28.48%、10.05%和 3.10%。说明生物炭的添加提高了土壤肥力,为植物光合能力的提高提供了养分基础,能间接增强植物吸收土壤中养分的效率,促进植物生长。表明施用生物炭,对北京市西城区广阳谷城市森林公园土壤改良效果较好。

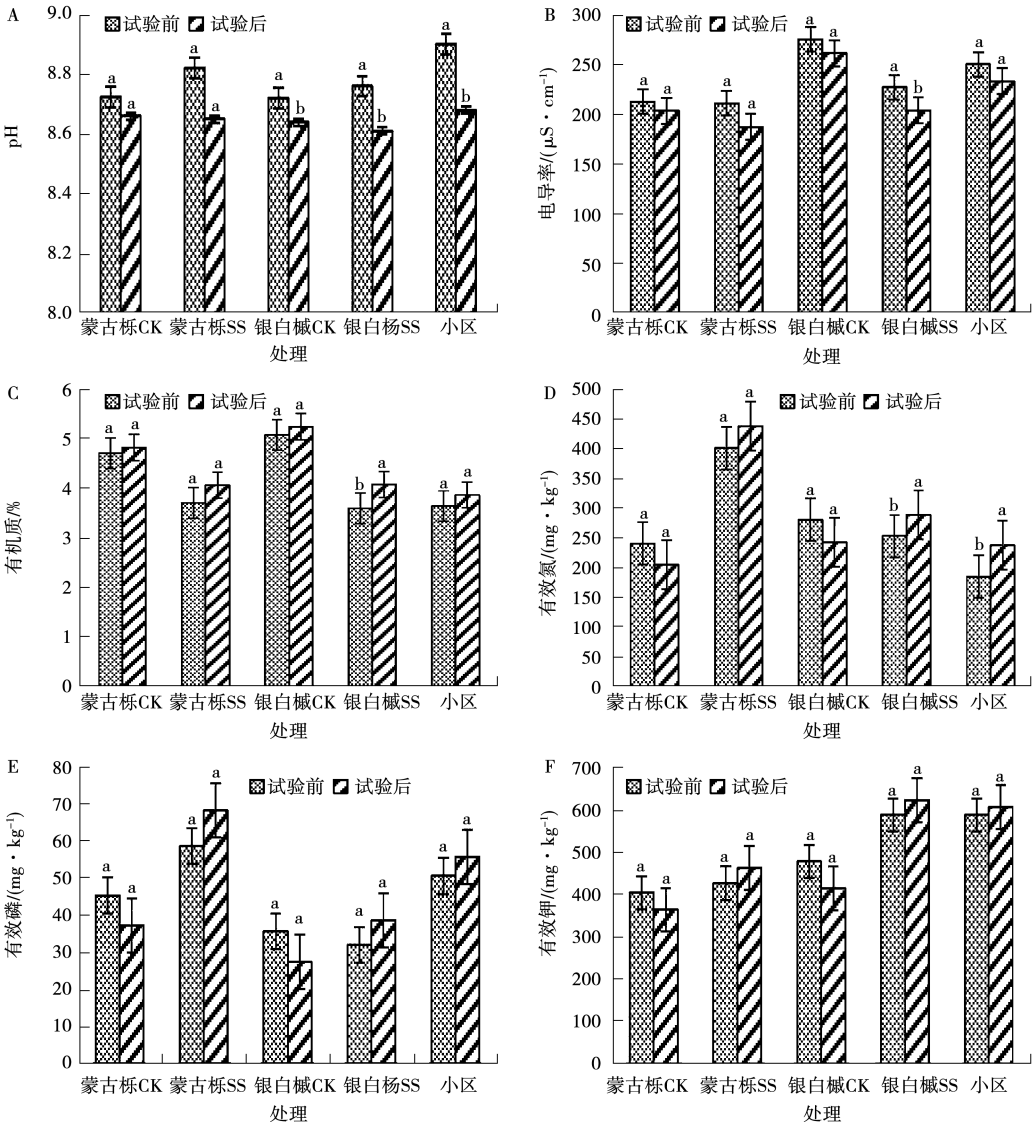


图 2 生物炭对土壤理化性质的影响

3 讨论

3.1 施用生物炭对土壤理化性质的影响

张文等^[19]在进行花生壳基生物炭对生菜镉吸收的研究中发现,施用生物炭能够改善酸性土壤 pH,并能与对照组相比达到显著性差异,但对碱性土壤改良未能达到统计显著水平。本研究表明,施加生物炭后北京市西城区广阳谷城市森林公园的土壤 pH 均下降 2.47%,对偏碱性绿地土壤效果良好,为喜酸性树种蒙古栎和银白桦创造适宜的生长环境,促进植物的生长发育。才吉卓玛^[20]等研究生物炭对不同类型土壤中磷有效性的影响中发现生物炭自身含有较高的磷元素,放入土壤后电导率显著增加,有效磷含量增

多,并且磷元素的生物转化率有所提高,试验组中土壤有效成分氮、磷和钾含量增长均值为 17.29%、15.68%、5.76%,说明生物炭对绿地土壤的肥力改良有较好效果。

3.2 生物炭促进植物生长

相关研究表明,施用生物炭后的蒙古栎和银白桦植物叶片生长速度与对照组相比提高 2.85%~4.77%,生物炭多孔性结构可以有效改善土壤孔隙状况和微生物活性,添加到土壤中增加土壤孔隙度,增大土壤中的有机质含量,提高土壤肥力^[18,21],对植物叶绿素含量、根系活力、光合效率、生物量等均有显著的促进作用^[22]。银白桦试验组与对照组相比,试验组与对照组的生长变化差异性结

果显示银白槭>蒙古栎,表明生物炭对植物生长的促进作用,取决于土壤肥力、土壤性质性质、植物种类、生物炭特性及施用量等因素^[23]。生物炭对植物地上部的影响,很大程度是通过根系与土壤交互作用^[24],施加生物炭能提高植株内钾含量,调节植物根系渗透压,增加株高及叶面的钾浓度^[25-26],钾能促进木质素和纤维素的合成,促使植物茎秆粗壮。生物炭为植物保水抗旱能力的提高创造条件,当土壤中水分充足时,生物炭释放大量的溶出性有机物和无机盐促进植物生长,还能减少温室气体的排放^[16]。

3.3 生物炭提高植物光合速率

土壤有机质含量与植物光合作用呈现正相关,施加生物炭增加土壤碳汇、提升土壤中的有机质含量,促进蒙古栎和银白槭植物生长速度和光合作用^[27-28]。本研究发现,试验组蒙古栎和银白槭的光合速率与对照相比,提高 0.88%~13.38%。生物炭富含 N、P、K、Cu、Zn 等植物体叶绿素合成所必需的中微量元素^[29],可提高叶片中的叶绿素含量 a 和叶绿素含量 b 及总叶绿素(a+b)的含量,促进植物对养分的吸收和利用,为提高植物光合生理能力提供了重要的代谢物质基础^[30]。K 是植物体进行光合作用的必要元素,生物炭对 K 的增促调控有效避免 K 匮乏的负效应;P 影响植物光合速率和干物质积累,生物炭对土壤 P 具备促控作用,为提高植物光合能力提供了养分基础和条件^[31]。蒙古栎虽然有试验组净光合速率比对照组表现好,但差异不显著;而银白槭试验组的净光合速率从 7 月 10 日开始已经表现出较对照组的显著差异。

4 结论

生物炭施肥前广阳谷城市公园土壤盐渍化较严重,表现在土壤 pH 偏高、土壤电导率高、有机质含量高以及速效磷含量偏低等现象。施加生物炭的土壤有机质含量提升 6.04%,pH 下降 2.47%,电导率下降 6.77%,有效氮、有效磷、有效钾含量分别增长 28.48%、10.05%和 3.10%。施用生物炭短时间显著提高了广阳谷城市森林公园绿地的植物叶片大小,试验组蒙古栎和银白槭叶面长、宽度生长指标均比对照组表现优异,其中银白槭叶片测量指标差异显著,施加生物炭能够提高蒙古栎和银白槭的叶片净光合速率。银白槭在生理上表现出生长良好的变化,有效提高了银白槭的光合能力,而

施用生物炭对蒙古栎具体复壮效果还需要进行长期观察。综上所述,施用生物炭可改良城市绿地土壤且对植物有复壮效果,极大改善了广阳谷城市森林公园绿地的土壤质量并且能够长期持续改善城市绿地的土壤理化性质,并提高植物叶片光合吸收能力。

参考文献:

- [1] 邹明珠,王艳春,刘燕.北京城市绿地土壤研究现状及问题[J].中国土壤与肥料,2012(3):1-6.
- [2] 包兵,丁武泉,吴丹.重庆市城区园林土壤质量现状研究[J].环境科学与技术,2008,31(12):51-52,156.
- [3] 时连辉,韩国华,张志国,等.秸秆腐解物覆盖对园林土壤理化性质的影响[J].农业工程学报,2010,26(1):113-117.
- [4] 刘兴诏,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.
- [5] 张俊涛,李铤,冼卓慧,等.广州南沙区不同类型绿地土壤质量评价与特征分析[J].江西农业学报,2020,32(9):85-90.
- [6] 马想,张浪,黄绍敏,等.上海城市绿地土壤研究现状及问题[J].江苏农业科学,2021,49(8):61-68.
- [7] 伍海兵.城市绿地土壤物理性质特征及其改良研究[D].南京:南京农业大学,2013.
- [8] 黄青.合肥城市绿地土壤特性研究[D].合肥:安徽农业大学,2009.
- [9] 邱敬,高人,杨玉盛,等.土壤黑碳的研究进展[J].亚热带资源与环境学报,2009,4(1):88-94.
- [10] SHRESTHA G, TRAINA S, SWANSTON C. Black carbon's properties and role in the environment: a comprehensive review[J]. Sustainability, 2010, 2(1):294-320.
- [11] 赵军.生物质炭基氮肥对土壤微生物量碳氮、土壤酶及作物产量的影响研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2016.
- [12] 王红兰,唐翔宇,张维,等.施用生物炭对紫色土坡耕地耕层土壤水力学性质的影响[J].农业工程学报,2015,31(4):107-112.
- [13] 齐瑞鹏,张磊,颜永毫,等.定容重条件下生物炭对半干旱区土壤水分入渗特征的影响[J].应用生态学报,2014,25(8):2281-2288.
- [14] KRAMER R W, KUJAWINSKI E B, HAHTCHER P G. Identification of black carbon derived structures in a volcanic ash soil humic acid by Fourier transform ion cyclotron resonance mass spectrometry[J]. Environmental Science & Technology, 2004, 38(12):3387-3395.
- [15] 王丽丽.不同生物炭对铅锌矿尾矿重金属污染土壤修复效果的研究[D].杭州:浙江大学,2015.
- [16] 孔丝纺,姚兴成,张江勇,等.生物质炭的特性及其应用的研究进展[J].生态环境学报,2015,24(4):716-723.
- [17] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3版.北京:中国农业出版社,2000.
- [18] LIU J, SCHULZ H, BRANDL S, et al. Short-term effect of biochar and compost on soil fertility and water status of a

- Dystric Cambisol in NE Germany under field conditions [J]. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 2012, 175 (5): 698-707.
- [19] 张文,符传良,吉清妹,等.花生壳基生物炭对生菜镉吸收和土壤 pH 的影响[J]. *安徽农学通报*, 2016, 22(6): 78-81.
- [20] 才吉卓玛.生物炭对不同类型土壤中磷有效性的影响研究[D].北京:中国农业科学院, 2013.
- [21] LEHMANN J, SILVA J P, STEINER C, et al. Nutrient availability and leaching in an archacological anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments [J]. *Plant and Soil*, 2003, 249: 343-357.
- [22] 胡瑞文,刘勇军,荆永锋,等.深耕条件下生物炭对烤烟根系活力、叶片 SPAD 值及土壤微生物数量的动态影响[J]. *江西农业大学学报*, 2018, 40(6): 1223-1230.
- [23] 朱自洋,段文焱,陈芳媛,等.干旱土壤中生物炭对黑麦草生长的促进机制[J]. *水土保持学报*, 2022, 36(1): 352-359.
- [24] PRENDERGASTT-MILLER M T, DUVAL M, SOHI S P. Biochar-root interactions are mediated by biochar nutrient content and impacts on soil nutrient availability [J]. *European Journal of Soil Science*, 2014, 65(1): 173-185.
- [25] FARRAR M B, WALLACE H M, XU C Y, et al. Biochar co-applied with organic amendments increased soil-plant potassium and root biomass but not crop yield [J]. *Journal of Soils and Sediments*, 2021, 21(2): 784-798.
- [26] VAUGHN S F, KENAR J A, THOMPSON A R, et al. Comparison of biochars dericed form wood pellets and pelletized wheat straw as replacements for peat in potting substrates [J]. *Industrial Crops and Products*, 2013, 51(6): 437-443.
- [27] LAL R. Carbon sequestration in dryland ecosystems [J]. *Environmental Management*, 2004, 33(4): 528-544.
- [28] ZHOU X Y, ZHANG C Y, GUO G F. Effects of climate change on forest soil organic carbon storage: a review [J]. *YingYongSheng TaiXueBao*, 2010, 21(7): 1867-1874.
- [29] 陈温福,张伟明,孟军.生物炭与农业环境研究回顾与展望 [J]. *农业环境科学学报*, 2014, 33(5): 821-828.
- [30] GLASER B, LEHR V I. Biochar effects on phosphorus availability in agricultural soils: a meta-analysis [J]. *Scientific Reports*, 2019, 9: 9338.
- [31] JIN J, LAURICELLA D, ARMSTRONG R, et al. Phosphorus application and elevated CO₂ enhance drought tolerance in field pea grown in a phosphorus-deficient vertisol [J]. *Annals of Botany*, 2015, 116(6): 975-985.

Evaluation of Effect of Biochar Application on Park Soil Improvement

LI Faqin^{1,2}, ZHANG Xiaonan^{2,3}, WANG Jingmei⁴, WANG Da⁵, DAI Ziyun², LIU Jiawei¹

(1. College of Landscape Architecture and Horticulture, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China; 2. Beijing Key Laboratory of Ecological Function Assessment and Regulation Technology of Green Space, Beijing Institute of Landscape Architecture, Beijing 100102, China; 3. School of Landscape Architecture, Beijing Agricultural College, Beijing 102206, China; 4. Guangyang Valley Urban Forest Park, Xicheng District, Beijing 110104, China; 5. Beijing Shouzhu Tianren Ecological Landscape Co., Ltd., Beijing 102600, China)

Abstract: Soil quality of urban green space is an important factor affecting the vegetation landscape of green space, and biochar is known to have excellent potential for soil improvement application. The effects of biochar application on soil quality improvement and plant growth in urban green space were explored, through field experiments in Guangyang Valley Urban Forest Park in Xicheng District, Beijing. The results showed that, (1) The length and width of the leaves of quercus mongolica and acer saccharinum treated with biochar could grow by 3%—5% per month, which was only 1%—2% without biochar treatment. The rejuvenation effect of acer saccharinum was more significant. (2) The photosynthetic rates of quercus mongolica and acer saccharinum in the test group increased by 0.88% to 13.38% respectively compared with the control. The net photosynthetic rate of quercus mongolica applied with biochar showed a bimodal dynamic change, while that of acer saccharinum was a unimodal change. The difference between the net photosynthetic rate of the quercus mongolica test group and the control group was not significant, while the difference of acer saccharinum was significant from July 10th. (3) The organic matter content of soil with biochar applied was enhanced by 6.04%, pH decreased by 2.47%, conductivity decreased by 6.77%, and nutrients such as nitrogen, phosphorus, and potassium increased by 28.48%, 10.05% and 3.10%, respectively. In conclusion, the application of biochar can improve the soil quality of green space and rejuvenat plants.

Keywords: biochar; soil amendment; urban green space; plant growth