

# 绿化植物废弃物堆肥对城市绿地土壤的改良效果<sup>①</sup>

顾兵<sup>1</sup>, 吕子文<sup>2</sup>, 方海兰<sup>2\*</sup>, 李桥<sup>3</sup>, 郝冠军<sup>2</sup>

(1 南京农业大学资源与环境科学学院, 南京 210095;

2 上海市园林科学研究所, 上海 200232; 3 上海市静安区绿化管理局, 上海 200042)

**摘要:** 针对城市中普遍存在的绿地土壤退化和有机废弃物处理处置难的现状, 选择典型城市土壤进行绿化植物废弃物堆肥不同用量的绿地现场土壤改良实验。结果表明: 绿化植物废弃物堆肥能提高土壤持水能力; 降低土壤的酸碱度; 增加土壤有机质、总N、总P、有效P、生物量C、N和微生物总量; 堆肥对土壤全K的含量总体影响不大, 但速效K的含量却成倍增加; 说明绿化植物废弃物能改善土壤理化性质, 提高土壤肥力, 且随着堆肥用量的增加, 对土壤的改良作用也越显著; 鉴于绿化植物废弃物高C/N, 其用量宜控制在 13240 kg/hm<sup>2</sup>以内。绿化植物废弃物堆肥就地利用即能改良城市退化土壤, 又减少城市废弃物流量, 有利于提高城市生态环境质量。

**关键词:** 绿化植物废弃物; 堆肥; 城市土壤; 改良

**中图分类号:** S158; S714

土壤退化是世界性的难题, 而增施有机肥对改善土壤肥力, 提高土壤质量有显著的效果, 如我国农业上普遍推广应用的秸秆还田就取得了较好的经济和社会效益<sup>[1-3]</sup>。在城市中, 由于人为干扰严重, 城市土壤普遍存在紧实、通气孔隙差、有机质含量低和土壤肥力差等现象, 城市土壤质量已成为阻碍植物生长和城市生态质量提高的重要限制因子<sup>[4-5]</sup>。在国外城市土壤已走出单纯使用自然土年代, 而是利用有机废弃物改良土壤, 其中绿化植物废弃物是相对清洁且应用较多的土壤改良材料, 对提高城市土壤肥力, 改善土壤物理结构, 涵养水分, 维持土壤温度, 减少城市土壤粉尘飞扬、杂草丛生、土壤侵蚀和地表径流等都有重要作用<sup>[6]</sup>。在我国, 对农田土壤肥力提高和退化抑制的研究较深入<sup>[7-8]</sup>, 而对城市土壤的研究还基本停留在一般的土壤调查, 缺少对城市退化土壤改良的系统研究, 事实上城市有机废弃物在我国城市绿地上应用很少正是造成我国城市土壤普遍退化的重要原因<sup>[9-10]</sup>。本文选择具有典型意义的城市土壤——上海华山路绿地土壤以及城市绿化养护过程中产生的典型城市有机废弃物——绿化植物废弃物, 结合华山路绿地兴建过程中种植土方的改良进行绿化植物废弃物堆肥不同用量的土壤改良应用试验, 研究典型城市有机废弃物对城市绿

地退化土壤的肥力恢复作用, 为促进城市节能减排, 提高城市土壤质量、维护城市生态环境建设提供技术依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地点

试验地点位于上海市静安区华山路, 华山路一带为商业区, 交通繁忙, 人为干扰严重。实验地点面积为 200 m<sup>2</sup>, 植被主要为草皮和各种观赏树木。

### 1.2 实验材料

绿化植物废弃物堆肥产品主要取材于上海市静安区行道树修剪的枝条, 经粉碎机粉碎成 1~3 mm 粒径后堆肥 6 个月, 各项指标显示已经腐熟。土壤为典型的建筑废弃地下面的深层土壤, 属于已经严重退化的深层生土, 理化性质差。其主要理化性状见表 1。

### 1.3 实验方法

华山路绿地土方工程完工后植物种植前, 将土方平分面积为面积相等的试验区, 每一个实验区的面积约为 50 m<sup>2</sup>。共设 4 个处理: 处理 1 不施加堆肥作为对照; 处理 2 绿化植物废弃物施用量为 6570 kg/hm<sup>2</sup>; 处理 3 绿化植物废弃物施用量为 9850 kg/hm<sup>2</sup>; 处理 4 绿化植物废弃物施用量为 13240 kg/hm。将绿化植物废弃物腐

①基金项目: 上海市建设委员会专项 (ZX050205) 资助。

\* 通讯作者 (fhl\_1969@126.com)

作者简介: 顾兵 (1982—), 男, 安徽六安人, 硕士研究生, 主要从事城市固体废弃物的资源化处理处置的研究。E-mail: gubinggubing@163.com

表 1 供试材料的主要理化性质  
Table 1 Main physical and chemical properties of tested material

原料	pH	有机质 (g/kg)	全 N (g/kg)	全 P (g/kg)	全 K (g/kg)
绿化植物废弃物堆肥产品	7.50	233	11.0	1.68	8.25
深层土壤	8.55	5.32	2.74	0.69	34.7

熟堆肥产品与约 20 cm 的深层土土方均匀混合，然后种植高羊茅草皮 (*Festuca arundinacea*) 以及矮牵牛花 (*Petunia*)、四季海棠 (*Begonia Semperflorens Link et Otto*) 和杜鹃 (*Rhododendron*) 等比较一致的园林植物，试验时间为 2007 年 1 月到 2007 年 8 月。

1.4 样品采集

样品的采集：每个试验区按多点采样后混合，采样深度为 20 cm。采得的样品分为两部分，一部分鲜样直接测定含水量和微生物生物量 C、N，如果时间来不及，则放入 4℃ 冰箱冷藏，最多不超过 48 h；另一部分样品风干后磨样过筛、分析。

1.5 分析方法

土壤含水量、pH、有机质、全 N、全 P、全 K、速效 P 和速效 K，具体试验操作依照《森林土壤分析方法》的步骤<sup>[11]</sup>。

微生物体 C、N 采用氯仿熏蒸直接浸提法<sup>[12-13]</sup>：称取 6 份 20 g 新鲜土样于 100 ml 三角瓶中，并放入能抽气的真空干燥器内，再放入一只盛有无醇氯仿的小烧杯，抽真空黑暗灭菌 24 h，然后加入 0.5 mol/L 的 K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (土：液 = 1：4) 于灭菌后的土样中，振荡 30 min，过滤。同时，不灭菌的土样也用 K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 溶液浸提、振荡和过滤。吸取滤液 8 ml，定量加入重铬酸钾溶液消煮测定微生物量 C，用半微量凯氏法测量微生物量 N。土壤微生物量 C (BC) = EC/0.38，其中 EC 为灭菌土样用 0.5 mol/L K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 提取的总 C 与不灭菌土样用 0.5 mol/L K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 提取的总 C 之差，单位以 mg/kg 干土表示。土壤微生物量 N (BN) = EN/0.45，其中 EN 为灭菌土样用 0.5 mol/L K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 提取的总 N 与不灭菌土样用 0.5 mol/L K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 提取的总 N 之差，单位以 mg/kg 干土表示。

微生物总量：采用平板计数法计算。

1.6 数据分析

数据采用 Excel 2003 和 SPSS 13.0 数据分析软件分析。

2 结果与分析

2.1 绿化植物废弃物堆肥对绿地土壤持水能力的影响

由于城市几乎被房屋、道路等不透水的硬地面所

覆盖，因此绿地土壤是连接城市地下水的主要载体，尤其在干旱季节通过土壤蒸发及其上生长植物的蒸腾作用直接向空气中提供水分，增强空气的湿度，对调节局部小气候起到重要作用。因此在城市中，绿地土壤不仅提供植物生长所需的水分，也是生态环境的重要调节者<sup>[14]</sup>。

图 1 为华山路绿地使用绿化植物废弃物后土壤含水量的变化。从图 1 中可看出：城市土壤施加绿化植物废弃物后土壤的含水量增加；并随绿化植物废弃物含量的增加相应增加，处理 2、处理 3 和处理 4 分别比对照增加 67%、88% 和 164%；且处理 4 的水分含量比较稳定，季节变化不明显，而对照随季节的变化非常明显。一般认为草地土壤水分含量 > 157 g/kg 为水分充足，低于该值表明已轻度缺水，低于 132 g/kg 为中度缺水，低于 93 g/kg 为严重缺水<sup>[15]</sup>。比较图 1 可以发现，只要施加了绿化植物废弃物堆肥（处理 2、处理 3 和处理 4）其土壤含水量均能满足草坪生长需要，而对照处理在冬季和春季基本能满足草坪生长的含水量要求，但在夏季尤其是高温的 8 月份土壤含水量严重下降，不能满足植物草坪生长所需。由于植物蒸腾和土壤的蒸发，城市中不得不对园林绿化土壤进行灌溉以满足植物生长所需，其中草坪耗水量大，加剧了城市水资源的匮乏<sup>[16]</sup>。而绿化植物废弃物堆肥能使土壤保持较高的含水量，增加城市退化土壤持水能力，对降低城市绿化耗水，促进城市节能减排有重要意义。

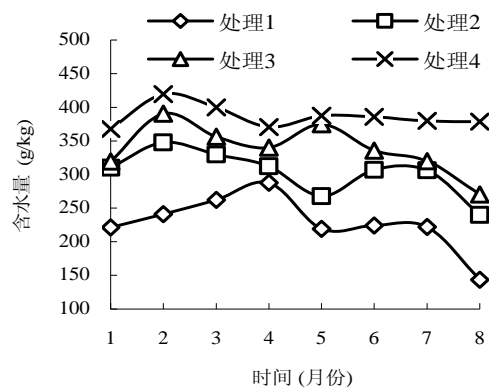


图 1 绿化植物废弃物堆肥不同用量对土壤含水量的影响  
Fig. 1 Effect of application amount of green plant waste compost on soil humidity

## 2.2 绿化植物废弃物堆肥对绿地土壤 pH 的影响

土壤酸碱性直接影响土壤营养元素的形态及对植物的有效性以及微生物的数量、组成和活性。园林植物适宜生长的 pH 一般为 6.5 ~ 7.5 之间。高 pH 是城市绿地土壤的共性<sup>[17-19]</sup>，也是限制城市园林植物生长的主要障碍因子。

从图 2 可以看出，华山路绿地在植物种植前 pH 值非常高，达到了 8.55，不适宜植物生长。施加绿化植物废弃物堆肥后 pH 降低明显，特别是处理 4 降低最快，经过两个月以后就已经达到稳定水平，这说明绿化植物废弃物堆肥能够降低城市绿化土壤的 pH 值，适合用来改良 pH 较高的城市土壤。而对照处理的 pH 开始是降低的，可能是生土在植物种植后其根系能够分泌酸性物质，从而降低土壤的碱度，但之后作用不明显。而绿化植物废弃物堆肥降低城市碱化土壤 pH 的原因可能有两点：①绿化植物废弃物堆肥中各种腐解酸能够与土壤中的碱性物质发生中和反应，致使土壤的 pH 降低；②由于堆肥的加入可以起到保持水分和提高微生物活性的功能，从而使土壤的 pH 降低。

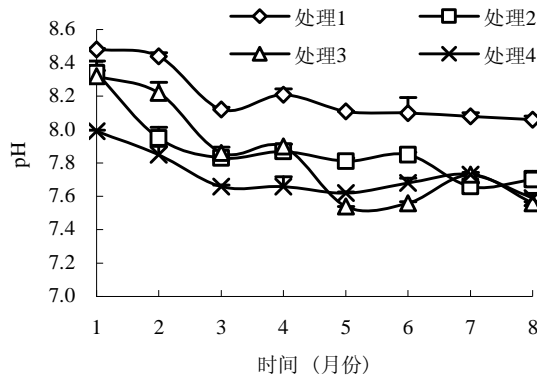


图 2 绿化植物废弃物堆肥不同用量对土壤 pH 的影响

Fig. 2 Effect of application amount of green plant waste compost on soil pH

## 2.3 绿化植物废弃物堆肥对土壤肥力的影响

### 2.3.1 绿化植物废弃物对土壤有机质的影响

有机质是植物生长必需物质，城市土壤退化的一个重要标志就是有机质含量普遍降低<sup>[20]</sup>。图 3 为不同处理的有机质含量变化图，从图 3 中可发现有有机质的变化规律基本上都是先增加后减少，然后再增加和减少。这是因为当绿化植物废弃物堆肥添加到土壤中后，由于绿化植物废弃物堆肥本身的有机质含量很高（表 1），使得土壤有机质的含量升高，当施加堆肥 3 个月时，由于施加堆肥后土壤微生物数量增加，活性增强，有机质经过矿化作用变成  $\text{CO}_2\text{-C}$  等无机形态，从而使得

有机质的含量减少，3 个月以后，由于资源的限制，微生物数量达到稳定，使得有机质又得以累积。处理 2、处理 3 和处理 4 土壤有机质分别比对照处理增加 22.6、31.6 和 37.3 g/kg，为对照处理的 3.05、3.88 和 4.40 倍，说明绿化植物废弃物堆肥能够显著提高城市土壤的有机质含量，这和其他人关于秸秆还田可以提高土壤的固碳潜力的研究结果是一致的<sup>[21-22]</sup>。而对照处理的有机质含量一直较低，但植物种植后有机质含量有增加趋势，可能实验用的土壤主要来源于建筑废弃地下面的深层土，没有生物活性，而植物种植后由于植物活动特别是根系分泌物增加了土壤有机质含量，这也反映了植物对土壤的自然改良过程，和降低土壤 pH 的作用基本一致。

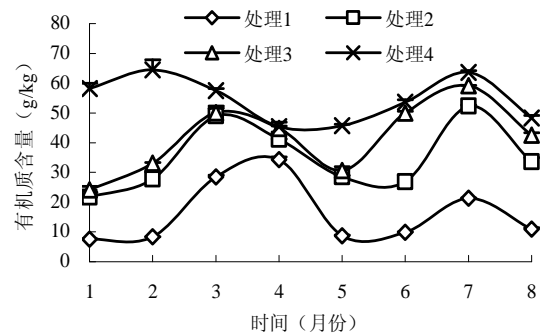


图 3 绿化植物废弃物堆肥不同用量对土壤有机质含量的影响

Fig. 3 Effect of application amount of green plant waste compost on soil organic matter content

### 2.3.2 绿化植物废弃物对土壤全 N 的影响

N 是植物必需的第一大量元素，图 4 为施加堆肥后土壤中 N 含量的变化。相对于对照处理，施加堆肥处理的 N 含量都有明显的增加，处理 2、处理 3 和处理 4 分别增加了 70.5%、131.6% 和 121.6%，其中处理 3 增加最多。在堆肥施用 3 个月土壤中的全 N 含量有所减少，可能微生物需要一部分土壤中的 N 素来维持自身的 C、N 平衡，但微生物达到稳定状态后，土壤中含 N 量又有所增加。4 组处理的含 N 量变化规律相似，说明施加堆肥处理与对照处理的自然改良过程相似，只是施加堆肥处理加快了对生土的改良过程。同时处理 3 和处理 4 的含 N 量要明显高于处理 2，而处理 3 和处理 4 的含 N 量之间相差不大，可能是绿化植物废弃物本身 C/N 比高，由于微生物作用使得其 N 素供应不足造成。为避免造成土壤本身的 C、N 不平衡，因此绿化植物废弃物的用量不是越多越好。几个处理长期监测的 C/N 平均结果也显示，处理 1 为 15.9，处理 2 为 18.6，处理 3 为 19.5，处理 4 为 25.4，其中处理 4 的 C/N 已超出 25，因此建

议绿化植物废弃物的用量应控制在 13240 kg/hm<sup>2</sup> 以内。

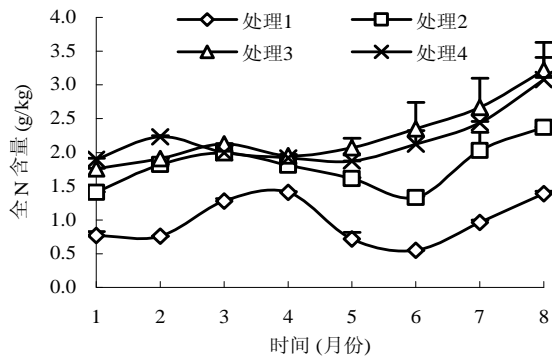


图 4 绿化植物废弃物堆肥不同用量对土壤 N 含量的影响  
Fig. 4 Effect of application amount of green plant waste compost on soil total nitrogen content

**2.3.3 绿化植物废弃物对土壤P的影响** 从图 5 可以看出,施用绿化植物废弃物堆肥后,土壤P含量有很大提高,处理 2、处理 3 和处理 4 分别比对照处理 1 增加了 16.4%、33.3% 和 30.6%。施用 4 个月以后,P 的含量有一个明显的降低。该季节正好是上海的梅雨季节,土壤严重渍水,有研究表明在中性和碱性土壤中,有机物在分解过程中产生的二氧化碳,特别是在渍水条件下产生的有机酸,可提高土壤P素的有效性<sup>[23]</sup>;同时有可能随着pH降低,微生物活性大,将部分P转化成易于被植物吸收的形态;由于有效P含量明显增加,提高植物对土壤中P的吸收,从而导致土壤中P含量的降低。

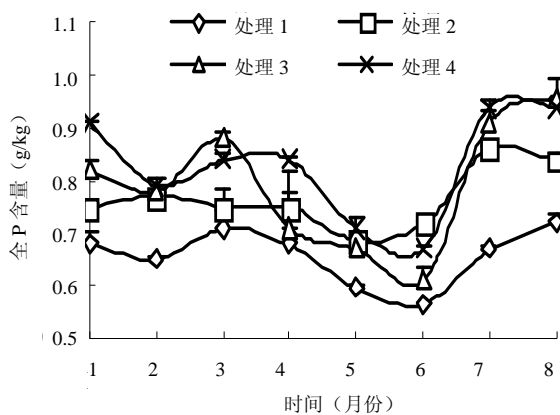


图 5 绿化植物废弃物堆肥不同用量对土壤全 P 的影响  
Fig. 5 Effect of application amount of green plant waste compost on soil total phosphorus content

土壤中的P大部分都是迟效性的,植物的生长对P的利用率比较低,一般都在 10% ~ 15%,基本上都达不到 20%,有效P的含量直接影响着植物的生长<sup>[24-25]</sup>。

图 6 为施加堆肥后各处理土壤有效P含量的动态变化。从图 6 中可以发现施加堆肥后 3 个月内,土壤有效P含量增加,但差别不显著,在 90 天时,处理 1、处理 2、处理 3 和处理 4 各处理的有效P含量分别为 21.8、23.9、24.0 和 25.9 mg/kg, 但 90 天以后直至试验 210 天结束时,处理 3 和处理 4 的有效P的含量显著增加,分别增加了 35.4% 和 59.7%,而对照处理和处理 2 变化不大,说明绿化植物废弃物进入土壤后能将自身P转换成易被植物吸收的有效P。

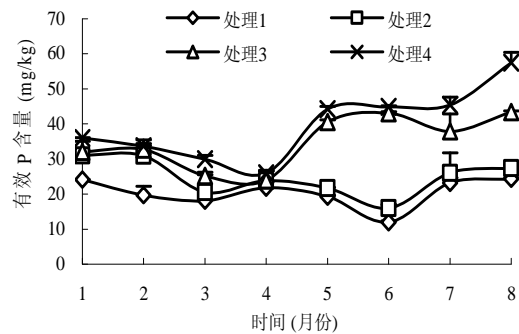


图 6 绿化植物废弃物堆肥不同用量对土壤有效 P 的影响  
Fig. 6 Effect of application amount of green plant waste compost on soil available phosphorus content

**2.3.4 绿化植物废弃物对土壤K的影响** 从图 7 可以看出施加绿化植物废弃物堆肥后,土壤含K量都有所减少,而且不同处理间全K的含量变化并不明显。原因可能有两点:①土壤中的K化学活性较强,不易被土壤吸附和固定,从而造成K素的流失;②上海土壤本身含K丰富,而绿化植物废弃物堆肥K的含量相对较低,因此施加绿化植物废弃物堆肥对土壤K含量的影响不明显<sup>[18]</sup>。

图 8 为不同堆肥用量对土壤速效 K 含量的影响,从图 8 中可看出施加绿化植物废弃物后土壤中速效 K 含量显著增加,且不同处理随着时间的变化情况也不同。其中处理 1 土壤有效 K 含量随时间变化不明显,由于植物对 K 的吸收,其含量反而降低了 41.1%,而处理 2、处理 3 和处理 4 土壤速效 K 的含量分别为对照处理 1 的 2.36、2.49 和 2.63 倍。虽然绿化植物废弃物对土壤全 K 含量影响不大,但却显著提高速效 K 的含量,说明绿化植物废弃物显著增加了土壤中 K 的活性。

**2.4 绿化植物废弃物堆肥对绿化土壤中微生物的影响**

土壤微生物是土壤有机质和土壤养分(C、N、P、K等)转化和循环的动力,它参与土壤有机物的分解、腐殖质的形成、养分转化和循环的各个生化过程,土壤微生物C、N是敏感反映土壤肥力的活指标<sup>[26]</sup>。表 2

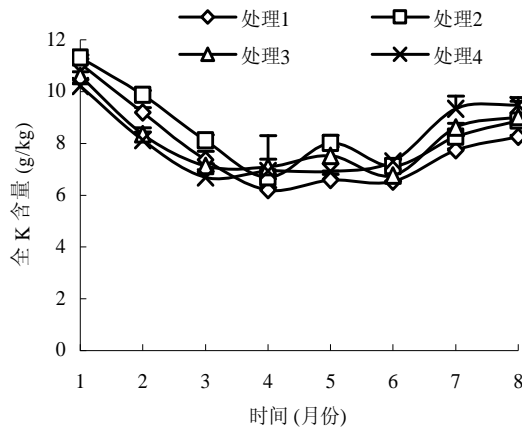


图 7 绿色植物废弃物堆肥不同用量对土壤全 K 含量的影响  
Fig.7 Effects of application amount of green plant waste compost on soil total potassium content

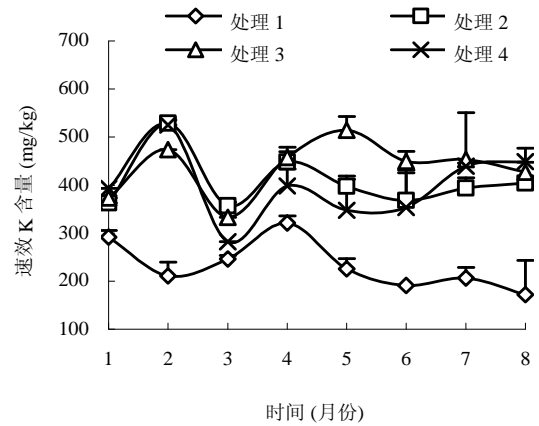


图 8 绿色植物废弃物堆肥不同用量对土壤速效 K 含量的影响  
Fig. 8 Effect of application amount of green plant waste compost on soil available potassium content

为华山路绿地土壤的微生物生物量C、N的含量变化，从表 2 可以看出施加绿化植物废弃物堆肥后，土壤微生物生物量C明显高于对照处理 1，施用量越大，微生物生物量C的增加越多，与对照处理 1 相比，处理 2、处理 3 和处理 4 分别增加了 88.9、112 和 381 mg/kg，

为对照处理 1 的 1.96、2.21 和 5.13 倍，均达到差异显著水平 ( $p < 0.05$ )，说明绿化植物废弃物堆肥对提高土壤微生物生物量C的效果非常显著，这与他人研究的关于秸秆等有机废弃物还田后将其中C源同化为微生物量C的研究结果一致<sup>[1,27-30]</sup>。

表 2 绿化植物废弃物堆肥不同用量对土壤微生物生物量 C、N 的影响 (mg/kg)

Table 2 Effects of application amount of green plant waste compost on soil microbial biomass C and N contents

微生物量	处理	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月
微生物量 C	处理 1	41.4 c	125 b	137 d	330 c	178 c	134 ab	86.2 c	77.7 c
	处理 2	172 b	167 b	281 c	465 bc	336 b	167 ab	269 ab	182 b
	处理 3	124 b	224 b	405 a	514 b	406 b	378 ab	356 a	205 b
	处理 4	207 a	623 a	494 a	705 a	687 a	481.8 a	462 a	427 a
微生物量 N	处理 1	11.1	28.8	32.6	49.8 b	43.0 b	67.6 b	41.9 c	22.8 c
	处理 2	8.53	34.2	54.2	109 a	68.5 b	59.9 b	159 a	57.2 b
	处理 3	15.0	60.1	44.2	121 a	34.4 bc	100 a	110 b	47.3 b
	处理 4	9.80	39.2	45.5	132 a	217 a	151 a	171 a	142 a

注：表中同列数字不同小写字母表示差异达到显著水平 ( $p < 0.05$ )。

施用绿化植物废弃物堆肥 90 天后，土壤中微生物生物量C均达到了最大值，这和秸秆还田的变化规律不一样，秸秆还田 45 天就达到了最大值<sup>[3]</sup>。原因可能有两点：①绿化植物废弃物木质素含量相对高，更难分解；②采样分析时间是 1 月 1 次，有可能微生物生物量C在第 4 次采样前达到最大值而没有测得。达到最大值后，对照处理的微生物生物量C快速下降，而不同堆肥用量的土壤虽然也有下降，但是下降不如对照处理的迅速，从最大值到试验结束，处理 2、处理 3 和处

理 4 和对照处理 1 分别下降了 61%、60%、33% 和 72%，对照处理 1 的降幅最大，而施加绿化植物废弃物堆肥量越多，降幅也越小，说明施加绿化植物废弃物堆肥后，堆肥可以持续地为土壤微生物提供C源，使土壤保持较高的肥力，堆肥用量越大，保持土壤肥力的能力越强。

从表 2 中同样可知，绿化植物废弃物堆肥明显促进土壤中微生物生物量 N 的增加，用量越多增加效果越明显。同时处理 2 在 90 天后就达到最大值，而处理

4 直到 180 天才达到最大值,可能是由于堆肥中的含 C 量大,微生物利用的 C 源较缓慢,微生物生物量 N 相对于微生物生物量 C 变化滞后所致。同时与对照处理比较,3 个施加堆肥处理的微生物生物量 C、N 含量的差异都达到了显著水平 ( $p < 0.05$ ),说明绿化植物废弃物堆肥能改善土壤中微生物的含量和微生物活性,且用量越多,改善效果越明显。

表 3 为绿化植物废弃物堆肥使用后,4 个不同处理土壤微生物数量和种类的变化。从表 4 中可发现,随着

绿化植物废弃物堆肥用量的增加,微生物数量呈增加的趋势,其中处理 4 的微生物总数最多,而处理 1 的微生物数量最少,这种变化趋势和微生物生物量 C、N 变化趋势一致,土壤微生物数量 ( $y$ ) 和土壤微生物生物量 C 的回归方程为:  $y = 18.538x - 46.716$ ,  $R^2 = 0.9908$ ,  $0.01 < p < 0.05$ ; 与微生物生物量 N 的回归方程是:  $y = 5.7856x - 21.393$ ,  $R^2 = 0.9688$ ,  $0.01 < p < 0.05$ , 均达到显著水平,正是由于微生物对土壤中有机质的分解转化作用,才造成了微生物生物量 C、N 含量的增加。

表 3 绿化植物废弃物堆肥不同用量对土壤微生物数量的影响

Table 3 Effect of application amount of green plant waste compost on soil microbial quantity

处理	细菌 ( $10^7$ )	放线菌 ( $10^6$ )	真菌 ( $10^4$ )	总数 ( $10^6$ )	微生物生物量 C (mg/kg)	微生物生物量 N (mg/kg)
处理 1	0.5	1.5	3.5	6.54	92.1	22.8
处理 2	1.0	3.0	2.0	13.0	181	57.2
处理 3	1.2	2.2	2.1	14.2	204	47.3
处理 4	2.5	2.5	3.7	27.5	473	142

### 3 小结

绿化植物废弃物堆肥对改善城市退化土壤肥力,提高土壤质量有重要作用:①增加土壤含水量,提高土壤持水能力,降低城市绿化耗水,缓解城市淡水资源不足的压力;②降低碱化城市土壤的 pH;③提高土壤有机质含量;④土壤的总 P、速效 P 含量明显增加,对全 K 含量影响虽然不大,但显著促进 K 的活性,速效 K 含量显著增加;⑤提高土壤微生物活性,土壤微生物生物量 C、N 显著增加。

设置的几个绿化植物废弃物堆肥处理中,用量越多,对土壤改良作用越明显;由于绿化植物废弃物本身 C/N 高,为避免造成土壤 C 和 N 不平衡,而使得土壤处于缺 N 状态,综合考虑绿化植物废弃物不同用量对土壤的改良效果,建议其用量宜控制在  $13240 \text{ kg/hm}^2$  以内。

绿化植物废弃物是城市绿化中自然产生的有机废弃物,针对我国普遍存在的城市土壤质量退化以及有机废弃物处理处置难的现状,将绿化植物废弃物等城市有机废弃物利用于绿地不但对城市退化土壤肥力恢复和质量的提高有重要作用,而且将城市废弃物就地消纳,对促进城市节能减排,改善城市生态环境质量有重要作用。

#### 参考文献:

[1] 张电学,韩志卿,李东坡,刘微,高书国,侯东军,常连生.不

同促腐条件下秸秆还田对土壤微生物量碳氮磷动态变化的影响.应用生态学报,2005,16(10):1903-1908

[2] 武志杰,张海军,许广山,张玉华,刘春萍.玉米秸秆还田培肥土壤的效果.应用生态学报,2002,13(5):539-542

[3] 吴景贵,王明辉,姜亦梅,吴江温,善菊.玉米植株残体培肥土壤的研究.土壤学报,2006,43(2):300-305

[4] 王紫雯,张向荣.新型雨水排放系统—健全城市水文生态系统的新领域.给水排水,2003,29(5):17-20

[5] Sieker H, Klein M. Best management practices for stormwater-runoff with alternative methods in a large urban catchment in Berlin, Germany. Water Science and Technology, 1998, 38(10): 91-97

[6] 吕子文,方海兰,黄彩莉.美国园林植物废弃物的处置及对我国的启示.中国园林,2007,23(8):90-92

[7] 孙星,刘勤,王德建,张斌.长期秸秆还田对土壤肥力质量的影响.土壤,2007,39(5):782-786

[8] 盛下放,钱永禄,刘丽.不同处理有机肥对蔬菜品质和土壤肥力的影响.农业环境科学学报,2006,25(1):77-80

[9] 方海兰.园林土壤质量管理的探讨—以上海为例.中国园林,2000,16(6):85-87

[10] 张庆费,辛雅芬.城市枯枝落叶的生态功能与利用.上海建设,2005(2):40-41

[11] 国家林业局.森林土壤分析方法(中华人民共和国和国林业行业标准).北京:中国标准出版社,2000

[12] Vance ED, Brookes PC, Jenkinson DS. An extraction method for measuring soil biomass C. Soil Biol. Biochem., 1987, 19:

- 703-707
- [13] Inubushi K, Brookes PC, Jenkinson DS. Soil microbial biomass C, N and ninhydrin-N in aerobic and anerobic soils measured by the fumigation-extraction method. *Soil Biol. Biochem.*, 1991, 23: 737-741
- [14] 王如松. 城市生态服务功能. 北京: 气象出版社, 2004
- [15] 王瑞辉, 马履一, 奚如春, 樊敏, 李丽萍. 北京 4 种常见园林植物的水分分级管理. *林业科学*, 2007, 43(9): 18-22
- [16] 王海艺, 韩烈保. 草坪节水技术. *北方园艺*, 2006(2): 105-105
- [17] Jim CY. Soil characteristics and management in an urban park in Hong Kong. *Environmental Management*, 1998, 22(5): 683-695
- [18] 方海兰, 陈玲, 黄懿珍, 张琪, 奚有为, 赵晓艺. 上海新建绿地的土壤质量现状和对策. *林业科学*, 2007, 43 (增刊): 89-94
- [19] 欧阳育林. 城市土壤与园林绿化. *热带林业*, 2004, 32(1): 31-34
- [20] 卢瑛, 甘海华, 史正军, 刘振良. 深圳城市绿地土壤肥力质量评价及管理对策. *水土保持学报*, 2005, 19(1): 153-156
- [21] Gupta VVSR. Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. Wisconsin USA: Soil Sci. Soc. Am. Inc., 1994: 193-200
- [22] 韩冰, 王效科, 逯非, 段晓男, 欧阳志云. 中国农田土壤生态系统固碳现状和潜力. *生态学报*, 2008, 28(2): 612-619
- [23] 耿玉辉, 吴景贵, 李万辉, 姜岩. 作物残体培肥土壤的研究进展. *吉林农业大学学报*, 2000, 22(2): 76-79
- [24] Tisdale SL, Nelson WL, Beaton JD 著. 金继运, 刘荣乐, 等译. 土壤肥力与肥料. 北京: 中国农业科技出版社, 1998: 163-211
- [25] 李庆速, 朱兆良, 于天仁. 中国农业持续发展中的肥料问题, 南昌: 江西科学技术出版社, 1998: 112-119
- [26] 何振立. 土壤微生物量的测定方法现状和展望. *土壤学进展*, 1994, 22(4): 36-43
- [27] 徐阳春, 沈其荣, 冉炜. 长期免耕于施用有机肥对土壤微生物生物量碳、氮、磷的影响. *土壤学报*, 2002, 39(1): 89-96
- [28] 梁巍, 岳进, 吴颀, 史奕, 黄国宏, 梁战备. 微生物量碳、土壤呼吸的季节性变化与黑土稻田甲烷排放. *应用生态学报*, 2003, 14(12): 2278-2280
- [29] 时正元. 利用作物秸秆的有效氮研究农田中的氮的循环. *土壤*, 1993, 12(6): 281-285
- [30] 王志明, 朱培立, 黄东迈, 刘海琴. 水旱轮作条件下土壤有机碳的分解及土壤微生物量碳的周转特征. *江苏农业学报*, 2003, 19(1): 33-36

## Effects of Green Plant Waste Compost on Soil Remediation in Urban Greenbelts

GU Bing<sup>1</sup>, LV Zi-Wen<sup>2</sup>, FANG Hai-Lan<sup>2</sup>, LI Qiao<sup>3</sup>, HAO Guan-jun<sup>2</sup>

(1 College of Resources and Environmental Science, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China;

2 Shanghai Institute of Landscape and Gardening, Shanghai 200232, China;

3 Greening Bureau of Jing'an District in Shanghai, Shanghai 200042, China)

**Abstract:** For the fact of the degradation of urban greenbelt soils and the difficulty in disposal of organic waste in the city, we have remedied the quality of some typical urban soils by using different amounts of green plant waste compost, a typical product of urban greening waste. The results showed that the compost could improve soil quality by enhancing water conservation, reducing soil pH value, increasing the contents of organic matter, total nitrogen, total and soluble phosphorus, microbial biomass C and N and the population of total microorganism. Although the compost had little effect on the total potassium content of soils, it significantly increased the content of rapidly available potassium by two fold. It proved that the compost could remediate soil physiochemical characteristics and improve the soil quality, and the efficiency of soil remediation increased with the increase of the compost amount used. In general, utilization of green plant waste compost has obvious impact in restoring urban degraded soils and in reducing the amount of urban waste, and it is useful for improving the urban ecological quality.

**Key words:** Green plant waste, Compost, Urban soil, Remediation