

湿垃圾堆肥产品施用方式对园林植物生长性状的影响

Effect of the Application Mode of Household Food Waste Compost Products on the Growth Characteristics of Garden Plants

伍海兵 张青青 李跃忠 张浪 梁晶*
WU Haibing ZHANG Qingqing LI Yuezhong ZHANG Lang LIANG Jing*

文章编号: 1000-0283 (2020) 06-019-06
DOI: 10.12193/j.laing.2020.06.019.004
中图分类号: TU986
文献标识码: A
收稿日期: 2020-04-24
修回日期: 2020-05-05

摘要

为了探究湿垃圾堆肥产品施用方式对植物生长性状的影响,本研究将湿垃圾好氧堆肥产品以撒施、沟施的方式施用到上海市闵行区外环线紫薇、小叶女贞树旁,并设置对照组,观察施用前、施用3个月、5个月后紫薇、小叶女贞的叶绿素含量、叶面积、叶片鲜重、叶片干重、胸径等生长性状指标,最终评价出最优的施肥方式。研究表明:施用湿垃圾好氧堆肥产品后紫薇、小叶女贞的叶绿素含量、叶面积、叶片鲜重、叶片干重、胸径的增量均高于对照。相比撒施,采用沟施方式施用湿垃圾堆肥产品的紫薇、小叶女贞的叶绿素含量、叶面积、叶片鲜重、叶片干重、胸径增加较显著 $P < 0.05$,更有利于植物的生长。该研究验证了湿垃圾堆肥产品具有提升植物生长的能力,同时为湿垃圾堆肥产品高效利用提供科学合理的施用方式。

关键词

湿垃圾好氧堆肥产品;紫薇;小叶女贞;撒施;沟施

伍海兵

1986年生/男/安徽芜湖人/硕士/上海市园林科学规划研究院、上海城市困难立地绿化工程技术研究中心、城市困难立地生态园林国家林业局重点实验室工程师/研究方向为城市土壤质量评价、修复及有机废弃物再利用研究(上海200232)

张青青

1992年生/女/山西运城人/硕士/上海市园林科学规划研究院、上海城市困难立地绿化工程技术研究中心、城市困难立地生态园林国家林业局重点实验室助理工程师/研究方向为城市土壤质量评价与改良修复(上海200232)

梁晶

1981年生/女/山西长治人/博士/上海市园林科学规划研究院土壤研究所所长,上海城市困难立地绿化工程技术研究中心、城市困难立地生态园林国家林业局重点实验室高级工程师/研究方向为城市土壤质量评价、修复及有机废弃物再利用(上海200232)

Abstract

In order to explore the influence of the application mode of household food waste compost products on plant growth characteristics, the study applied the waste compost products to *Lagerstroemia indica* and the *Ligustrum quihoui* in the outer ring forest belt of Minhang, Shanghai by spreading and furrowing, set up a control group, the chlorophyll content, leaf area, fresh weight, dry weight, and DBH of *Lagerstroemia indica* and *Ligustrum quihoui* were observed before application, 3 and 5 months after use, finally, evaluated the optimal fertilization method. The results showed that the increment of chlorophyll content, leaf area, fresh weight, dry weight, and DBH of *Lagerstroemia indica* and *Ligustrum quihoui* were higher than those of the control $P < 0.05$. The chlorophyll content, leaf area, fresh weight, dry weight, and DBH of *Lagerstroemia indica* and *Ligustrum quihoui* treated by furrow increased significantly, which was more conducive to the growth of plants. The study verified that food waste compost products could improve plant growth and provide a scientific and reasonable application mode for the efficient use of food waste compost products.

Key words

household food waste compost products; *Lagerstroemia indica*; *Ligustrum quihoui*; spreading application; furrow application

*通信作者 (Author for correspondence)
E-mail: liangjing336@163.com

2017年,中国国家发展改革委、住房城乡建设部共同发布了《生活垃圾分类制度实施方案》,为中国的垃圾分类制度的实施制定了路线图。2019年1月31日上海市人大表决通过了《上海市生活垃圾管理条例》,明确提出在公共绿地、公益林优先使用湿垃圾资源化利用产品。近些年来,科学家一直致力于



1. 上海绿地植物群落
2. 紫薇
3. 小叶女贞

将湿垃圾进行好氧堆肥或者厌氧发酵以提升土壤质量^[1-3]。研究表明：湿垃圾好氧堆肥产品可以增加土壤的团聚体数量，提高土壤的有机碳含量，降低容重，对养分贫瘠、易呈碱性的城市土壤有良好的改善作用^[4-7]。同时，科研人员也注重湿垃圾堆肥产品对园林绿化植物生长影响的研究^[8]，但现有的关于湿垃圾对园林绿化植物生长影响的研究，多以添加量为主^[9]，如上海市园林科学规划研究院的多项研究发现湿垃圾堆肥产品添加量为10%~20%有利于园林植物的生长。而对湿垃圾堆肥产品施用方式对园林绿化植物生长的影响关注较少。施肥作为园林植物养护管理的重要环节，采用科学合理的施肥方式，才能使肥料高效利用，更有利于植物的生长及景观效果(图1)。

本研究以紫薇、小叶女贞为研究对象，将湿垃圾堆肥产品以撒施、沟施的方式施用到紫薇、小叶女贞旁，并设置对照组，观察施用前、施用后3个月、5个月的紫薇、小叶女贞的叶绿素含量、叶面积、鲜重、干重、胸径(蓬径)等生长性状指标，最终评价出最优的施肥方式，为湿垃圾产品在绿林中

合理的资源化利用提供数据支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料

2013年6月，在上海市闵行区外环线外侧靠近报春路的外环绿带内布设试验，将试验地划分为3个小区，每个小区的面积为200 m²。其中，1个小区在树行间开沟深、宽各30 cm，按5 000 kg/亩将湿垃圾堆肥产品施入沟内，并覆土；1个小区采用撒施的方式按5 000 kg/亩将湿垃圾好氧堆肥产品均匀撒入试验地表面；1个小区不施湿垃圾堆肥产品作为对照，开展为期5个月的湿垃圾堆肥产品施肥方式对树木生长的影响试验。试验地内供试树木为紫薇、小叶女贞。

紫薇(*Lagerstroemia indica* L.)是千屈菜科紫薇属落叶灌木或小乔木，树姿优美，树干光滑洁净，花色艳丽；花期长，是观花、观干、观根的盆景良材；合理的施肥方式可以改善紫薇的生长状况，增加观赏时间(图2)。

小叶女贞 (*Ligustrum quihoui* Carr.) 是木犀科女贞属小灌木, 因其主枝叶紧密、圆整为庭院中常栽植观赏植物, 是园林绿化的重要绿篱材料, 亦可作桂花、丁香等树的砧木; 抗多种有毒气体, 是优良的抗污染树种; 叶小、常绿, 且耐修剪, 生长迅速, 是制作盆景的优良树种 (图3)。

湿垃圾堆肥产品由湿垃圾原料+15%木屑+10%黑碳素堆肥而成。其有机碳含量为290.09 g/kg, 全氮含量为21.0 g/kg, 全磷含量为6.24 g/kg, 全盐量为46.1 g/kg, pH值为7.22, EC值为3.59 mS/cm。

1.2 测定方法

于施肥前、施肥后3个月、5个月测各处理的叶绿素含量、叶面积、叶片鲜重和干重, 并测其胸径或蓬径。主要操作为: (1) 叶绿素含量测定: 每试验地标记10株标准株, 采集紫薇、小叶女贞中上部东西南北四个方向上健壮枝条中段 (2/3部位) 叶片, 共计50片。取其中15片叶用叶绿素仪现场测定叶绿素相对含量, 每片叶取上、中、下三个部位读数; (2) 叶面积测定: 将测完叶绿素含量的样本带回实验室后测叶面积; (3) 叶片的生物量测定: 将带回的50片叶测定鲜重, 后在60℃烘箱内烘干测其干重; (4) 胸径和蓬径采用卷尺测定。

1.3 数据分析

采用SAS 9.0对施用湿垃圾堆肥产品3个月和5个月的紫薇、小叶女贞的叶绿素相对含量、叶面积、鲜重、干重、胸径等指标增量进行显著性分析, 并用Origin 8.5作图。

2 结果与分析

2.1 叶绿素相对含量

植物叶片中叶绿素通过光合作用将二氧化碳转变为碳水化合物, 以供植物的生长发育, 其含量高低直接反映了植物的营养和生长状况^[9]。湿垃圾堆肥产品施用前, 不同处理的紫薇叶绿素相对含量无显著差异 ($P > 0.05$)。湿垃圾堆肥产品施用后3个月, 撒施处理和沟施处理的紫薇叶绿素相对含量增量分别为4.70%、6.04%, 对照区叶绿素相对含量的增量为2.56%。湿垃圾堆肥产品施用后5个月, 撒施处理和沟施处理的紫薇叶绿素相对含量增量分别为8.64%、10.53%, 对照区叶绿素相对含量的增量为4.71%。无论在施用后3个月还是5个月, 撒施处理和沟施处理的紫薇叶绿素相对含量增量均显著高于对照 ($P < 0.05$)。其中, 沟施处理的紫薇叶绿素相对含量增量显著高于撒施处理 ($P < 0.05$) (表1)。

湿垃圾堆肥产品施用前, 不同处理的小叶女贞叶绿素相对含量无显著差异 ($P > 0.05$)。湿垃圾堆肥产品施用后3个月, 撒施处理和沟施处理的小叶女贞叶绿素相对含量增量分别为1.32%、2.40%, 对照区叶绿素相对含量的增量为0.29%。湿垃圾堆肥产品施用后5个月, 撒施处理和沟施处理的小叶女贞叶绿素相对含量增量分别为2.77%、5.50%, 对照区叶绿素相对含量的增量为0.89%。无论在施用后3个月还是5个月, 撒施处理和沟施处理的小叶女贞叶绿素相对含量增量均显著高于对照 ($P < 0.05$)。其中, 沟施处理的小叶女贞叶绿素相对含量增量显著高于撒施处理 ($P < 0.05$) (表2)。

表1 施用湿垃圾堆肥产品后紫薇叶绿素含量变化

处理	叶绿素相对含量 (%)		
	施用前	施用后3个月增量	施用后5个月增量
CK	56.02 ± 4.99a	2.56 ± 0.80a	4.71 ± 1.14a
撒施	57.40 ± 4.08a	4.70 ± 0.90b	8.64 ± 0.87b
沟施	53.96 ± 4.03a	6.04 ± 1.33c	10.53 ± 1.27c

注: 小写字母代表不同处理的叶绿素含量的差异显著性 ($P < 0.05$), 下同。

表2 施用湿垃圾堆肥产品后小叶女贞叶绿素含量变化

处理	叶绿素相对含量 (%)		
	施用前	施用后3个月增量	施用后5个月增量
CK	45.83 ± 2.01a	0.29 ± 0.16a	0.89 ± 0.26a
撒施	47.51 ± 3.45a	1.32 ± 0.64b	2.77 ± 1.03b
沟施	44.03 ± 3.90a	2.40 ± 0.59c	5.50 ± 0.98c

2.2 叶面积

叶片是植物进行光合作用最主要的器官，叶面积的大小决定了植物光合作用速率的大小^[11]。湿垃圾堆肥产品施用前，不同处理的紫薇叶面积无显著差异 ($P > 0.05$)。湿垃圾堆肥产品施用后3个月，撒施处理和沟施处理的紫薇叶面积增量分别为 156.8 mm^2 、 225.0 mm^2 ，而对照增量较小，为 94.2 mm^2 。湿垃圾堆肥产品施用后5个月，撒施处理和沟施处理的紫薇叶面积增量分别为 210.5 mm^2 、 297.1 mm^2 ，而对照增量为 122.6 mm^2 。施用后3个月和5个月，施肥处理的紫薇叶面积增量显著高于对照 ($P < 0.05$)。其中，沟施处理紫薇叶面积增量显著高于撒施处理 ($P < 0.05$) (表3)。

湿垃圾堆肥产品施用前，不同处理的小叶女贞叶面积无显著差异 ($P > 0.05$)。湿垃圾堆肥产品施用后3个月，撒施处理和沟施处理的小叶女贞叶面积增量分别为 32.0 mm^2 、 81.8 mm^2 ，而对照增量较小，为 7.3 mm^2 。湿垃圾堆肥产品施用后5个月，撒施处理和沟施处理的小叶女贞叶面积增量分别为 48.8 mm^2 、 117.3 mm^2 ，而对照增量为 10.1 mm^2 。施用后3个月和5个月，施肥处理的小叶女贞叶面积增量显著高于对照 ($P < 0.05$)。其中，沟施处理小叶女贞叶面积增量显著高于撒施处理 ($P < 0.05$) (表4)。

2.3 叶片鲜重和干重

植物生物量能够表征植物的生长状态和自然环境的变化，对生态系统结构和功能的维持起着至关重要的作用^[12]。

湿垃圾堆肥产品施用前，不同处理的紫薇叶片鲜重无显著差异 ($P > 0.05$)。施用湿垃圾堆肥产品3个月，撒施处理和沟施处理的紫薇叶片鲜重增量均高于对照，但与对照的紫薇叶片鲜重增量无显著差异 ($P > 0.05$)。其中，撒施处理和沟施处理的紫薇叶片鲜重增量无显著差异 ($P > 0.05$)。施肥5个月后，撒施、沟施处理的紫薇鲜重增量较大，分别为 1.58 g 和 1.33 g ，而对照区只有 0.37 g 。施肥处理的叶片鲜重增量显著高于对照 ($P < 0.05$)，但撒施处理和沟施处理的紫薇叶片鲜重增量仍无显著差异 ($P > 0.05$) (表5)。

湿垃圾堆肥产品施用前，不同处理的紫薇叶片干重无显著差异 ($P > 0.05$)。施用湿垃圾堆肥产品3个月和5个月后，施肥处理中紫薇叶片干重增量显著高于对照 ($P < 0.05$)，但沟施处理和撒施处理的叶片干重无显著差异 ($P > 0.05$) (表6)。

湿垃圾施用前，不同处理的小叶女贞的叶片鲜重存在显著差异。其中撒施处理小区的小叶女贞叶片鲜重显著低于沟施处理小区 ($P < 0.05$)。施用湿垃圾堆肥产品3个月，撒施处理小叶女贞叶片鲜重增量显著高于对照 ($P < 0.05$)，但沟施处理与对照的小叶女贞叶片鲜重增量无显著差异 ($P > 0.05$)。施肥5个月后，撒施、沟施处理的小叶女贞叶片鲜重增量显著高于对照 ($P < 0.05$)，但此时撒施处理和沟施处理的小叶女贞叶片鲜重增量无显著差异 ($P > 0.05$) (表5)。

湿垃圾施用前，撒施处理小区的小叶女贞叶片干重显著低于CK和沟施处理小区 ($P < 0.05$)。施用湿垃圾堆肥产品3个月和5个月后，施肥处理中小叶女贞叶片干重增量显著高于对

表3 施用湿垃圾堆肥产品后紫薇叶面积变化

处理	叶面积 (mm^2)		
	施用前	施用后3个月增量	施用后5个月增量
CK	$965.4 \pm 228.6a$	$94.2 \pm 30.9a$	$122.6 \pm 32.8a$
撒施	$800.2 \pm 146.8a$	$156.8 \pm 58.1b$	$210.5 \pm 62.9b$
沟施	$808.6 \pm 172.8a$	$225.0 \pm 97.8c$	$297.1 \pm 91.5c$

表4 施用湿垃圾堆肥产品后小叶女贞叶面积变化

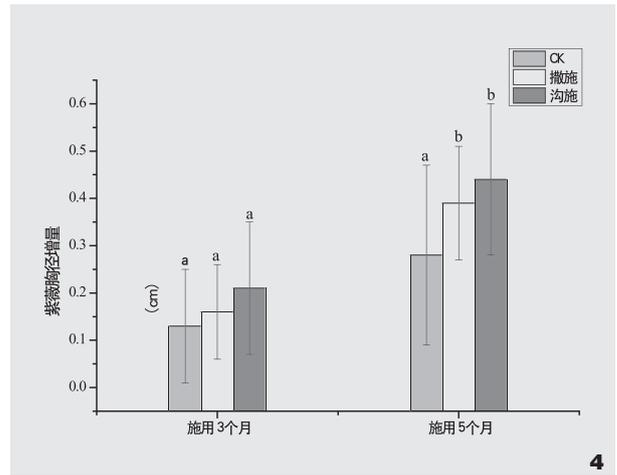
处理	叶面积 (mm^2)		
	施用前	施用后3个月增量	施用后5个月增量
CK	$312.9 \pm 48.0a$	$7.3 \pm 4.0a$	$10.1 \pm 3.4a$
撒施	$347.5 \pm 24.1a$	$32.0 \pm 10.0b$	$48.8 \pm 11.0b$
沟施	$324.3 \pm 36.7a$	$81.8 \pm 15.2c$	$117.3 \pm 23.3c$

照 ($P < 0.05$), 但沟施处理和撒施处理的叶片干重无显著差异 ($P > 0.05$) (表6)。

2.4 胸径

胸径是树干粗度的衡量指标, 也是衡量树木生长速度和长势优劣的指标^[13]。湿垃圾施用后3个月, 对照、撒施、沟施处理的紫薇胸径增量分别为0.13 cm、0.16 cm、0.21 cm, 撒施处理和沟施处理比对照略有增加, 但无显著性差异 ($P > 0.05$)。施肥5个月后, 对照、撒施、沟施处理紫薇胸径增量分别为0.28 cm、0.39 cm、0.44 cm, 撒施、沟施增量显著高于对照增量 ($P < 0.05$) (图4)。

湿垃圾施用后3个月, CK、撒施、沟施小叶女贞蓬径增量分别为8.7 cm、15.5 cm、17.0 cm, 施肥5个月后, 蓬径增量分别为18.3 cm、30.3 cm、36.8 cm, 撒施、沟施增量均显著大于对照增量 ($P < 0.05$)。施肥后3个月和5个月, 撒施、沟施处理的胸径增幅接近, 均无显著性差异 (表7)。



4. 施用湿垃圾堆肥产品后紫薇胸径变化

3 结论

通过研究发现, 施用湿垃圾好氧堆肥产品后紫薇、小叶

女贞的叶绿素含量、叶面积、叶片鲜重、叶片干重、胸径均增加。这是因为湿垃圾堆肥产品中富含丰富的有机质, N、P、K 营养元素, 以及中、微量元素, 这些养分可以快速被植物吸收

表5 施用湿垃圾堆肥产品后紫薇、小叶女贞叶片鲜重变化

植物类型	处理	鲜重 (g)		
		施用前	施用后3个月增量	施用后5个月增量
紫薇	CK	2.39 ± 0.53a	0.22 ± 0.10a	0.37 ± 0.14a
	撒施	2.42 ± 0.58a	0.25 ± 0.12a	1.58 ± 0.62b
	沟施	2.84 ± 0.88a	0.33 ± 0.11ab	1.33 ± 0.19b
小叶女贞	CK	0.80 ± 0.18ab	0.41 ± 0.16a	0.76 ± 0.21a
	撒施	0.59 ± 0.08a	0.61 ± 0.23b	1.26 ± 0.63b
	沟施	1.02 ± 0.28bc	0.36 ± 0.15a	1.29 ± 0.54b

表6 施用湿垃圾堆肥产品后紫薇、小叶女贞叶片干重变化

植物类型	处理	干重 (g)		
		施用前	施用后3个月增量	施用后5个月增量
紫薇	CK	0.99 ± 0.28a	0.14 ± 0.04a	0.25 ± 0.05a
	撒施	0.82 ± 0.24a	0.31 ± 0.08b	0.57 ± 0.06b
	沟施	0.99 ± 0.39a	0.31 ± 0.08b	0.58 ± 0.09b
小叶女贞	CK	0.34 ± 0.05b	0.08 ± 0.03a	0.12 ± 0.04a
	撒施	0.20 ± 0.03a	0.21 ± 0.03b	0.34 ± 0.07b
	沟施	0.30 ± 0.10b	0.24 ± 0.04b	0.39 ± 0.04b

表7 施用湿垃圾堆肥产品后小叶女贞蓬径变化

处理	蓬径增量 (cm)	
	施用后3个月	施用后5个月
CK	8.7 ± 2.3a	18.3 ± 3.8a
撒施	15.5 ± 7.2b	30.3 ± 10.3b
沟施	17.0 ± 6.3b	36.8 ± 12.5b

所利用^[14-15]。相比撒施处理，沟施处理的紫薇、小叶女贞的叶绿素含量、叶面积、鲜重、干重、胸径增加较显著，这同陈景业^[16]对毛竹林进行不同方式施肥的研究结果相一致。这是因为撒施是将湿垃圾堆肥产品施于表土层，使湿垃圾堆肥产品有相当一部分被紫薇、小叶女贞旁分布的杂草灌木消耗掉，且湿垃圾堆肥产品暴露于地表也容易造成养分流失，因此施肥效果较差。沟施属于开沟深施，基本上避开了其他杂草灌木的争肥，复土后又不易造成湿垃圾堆肥产品的流失，可以直接被植物根系吸收利用，进而对植物叶片、枝干等产生影响。总体而言，湿垃圾作为营养丰富、原料易得的改良材料，可以提高紫薇、小叶女贞的生长性状，且采用沟施处理更有利于紫薇、小叶女贞的生长。■

参考文献

[1] 张婷婷. 餐厨垃圾不同模式堆肥化处理效果及产品应用研究[D]. 山东: 山东农业大学, 2016.
 [2] Pagano L, Iovieno P, Zaccardelli M, et al. Soil organic matter dynamic as affected by municipal food waste compost fertilization in southern Italy[C]. Italy: 5th International Congress of the European Society for Soil Conservation "Soils changing in a changing World: the soils of tomorrow", Palermo, 2007-2008.7.
 [3] 沈洪艳, 李敏, 杨金迪, 等. 餐厨垃圾和绿化废弃物混合堆肥的试用[J]. 环境工程学报, 2014, 8(7): 2997-3004.

[4] 贾璇, 赵冰, 任连海, 等. 施用餐厨垃圾调理剂对果园土壤有机碳组分的影响[J]. 环境科学研究, 2019, 32(03): 127-134.
 [5] 王越, 刘东明, 侯佳奇, 等. 餐厨垃圾制备的外源有机碳对土壤团聚体的影响[J]. 环境科学研究, 32(01): 172-179.
 [6] Reynolds W D, Drury C F, Tan C S, et al. Temporal Effects of Food Waste Compost on Soil Physical Quality and Productivity[J]. Canadian Journal of Soil Science, 2015, 95(3): 251-268.
 [7] Lee J J, Park R D, Kim Y W, et al. Effect of food waste compost on microbial population, soil enzyme activity and lettuce growth[J]. Bioresource technology, 2004, 93(1):21-28.
 [8] 罗珈柠. 餐厨垃圾堆肥对园林植物生长的影响及其机理研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2014.
 [9] 张春英, 罗玉兰, 田冀, 等. 厨余垃圾堆肥对鸡冠花及土壤性质的影响[J]. 中国农学通报, 2015, 31(10): 129-133.
 [10] 柯姻妮, 贺立静, 苏志尧. 南方4种木本植物相对叶绿素指标及其分布[J]. 中南林业科技大学学报, 2010, 30(8): 82-86.
 [11] 曾爱平, 刘洪见, 徐晓薇, 等. 不同光照条件对水生植物生长的影响[J]. 浙江农业科学, 2009 (1): 98-100.
 [12] 李婷, 邓强, 袁志友, 等. 黄土高原纬度梯度下草本植物生物量的变化及其氮、磷化学计量学特征[J]. 植物营养与肥料学报, 2015(3): 199-207.
 [13] 买尔当·克依木, 玉米提·哈力克, BETZ Florian. 输水影响下胡杨胸径生长量时空变化[J]. 福建林学院学报, 2016, 36(2): 148-154.
 [14] Yang L, Li F, Chu H. Effects of Food Waste Compost on Soil Microbial Populations, Tomato Yield, and Tomato Quality[J]. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 2014, 45(8): 1049-1058.
 [15] 毕珠洁, 邵俊, 陈奕, 等. 上海市湿垃圾原料特性研究[J]. 环境卫生工程, 2016, 24(4): 5-7.
 [16] 陈景业. 毛竹林不同施肥方式效果比较[J]. 林业勘察设计, 2007(2): 108-111.