

园林废弃物堆肥替代泥炭用于天竺葵和金盏菊栽培

魏 乐, 李素艳, 李 燕, 龚小强, 孙向阳

(北京林业大学 林学院, 北京 100083)

摘要: 为探索园林废弃物堆肥替代泥炭用于天竺葵 *Pelargonium zonale* 和金盏菊 *Calendula officinalis* 栽培基质的可能性, 将改良后的园林废弃物堆肥分别以 0%, 25%, 50%, 75% 和 100% 的比例替代泥炭进行试验。将天竺葵和金盏菊的种子分别播种在不同基质中进行育苗研究, 当幼苗生长 35 d 后进行测定。将幼苗分别移栽到不同基质中, 栽培 6 个月后进行测定。结果表明: 随园林废弃物比例的增加, 基质的容重增加, 总孔隙度、通气孔隙度和持水孔隙度呈下降趋势。园林废弃物比例的增加提高了基质 pH 值、电导率值、大量元素和微量元素质量分数。育苗试验显示: 天竺葵幼苗在园林废弃物处理中的生长量显著 ($P<0.05$) 低于对照组, 即使在 25% 的低比例下也会对幼苗产生不良影响。金盏菊幼苗在添加 25% 和 50% 的园林废弃物处理中的生长量与对照组一致。盆栽试验显示: 添加园林废弃物显著 ($P<0.05$) 增加了天竺葵和金盏菊的地上部分干质量、株高、茎直径和叶面积以及金盏菊的根干质量和花蕾数。园林废弃物堆肥可以部分代替泥炭作为金盏菊育苗基质及天竺葵和金盏菊的栽培基质。表 5 参 15

关键词: 园艺学; 园林废弃物堆肥; 泥炭; 天竺葵; 金盏菊

中图分类号: S725.71

文献标志码: A

文章编号: 2095-0756(2016)05-0849-06

Growth of *Pelargonium zonale* and *Calendula officinalis* when utilizing green waste compost as a peat substitute

WEI Le, LI Suyan, LI Yan, GONG Xiaoqiang, SUN Xiangyang

(College of Forestry, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: To examine the possibility of using green waste compost (GWC) as a growing substrate component for geranium (*Pelargonium zonale*) and calendula (*Calendula officinalis*), five growing substrates were prepared by mixing modified GWC and peat at the volume rates of 0% and 100% (control), 25% and 75%, 50% and 50%, 75% and 25%, and 100% and 0%. In the first experiment, geranium and calendula seeds were sowed in each substrate and seedlings were quantified after 35 days of cultivation. The experiment was conducted as completely random block design with 4 replicates. In the second experiment, geranium and calendula seedlings were grown in each medium and were quantified after six months of cultivation. The experiment was also conducted as completely random block design but with 20 replicates. At the end of the experiment, 9 plants in the same size were randomly selected from each treatment. Results showed that an increase of the GWC percentage in the growing substrate resulted in an increase ($P<0.05$) in bulk density but an decreasing trend in total pore space, aeration porosity, and water-holding porosity. In addition, the increased ratio of GWC in the growing substrates induced an increase ($P<0.05$) in pH and electrical conductivity values as well as the contents of macro-and micro-elements. In the first experiment, *Geranium* seedlings grown in the 100% peat compost-based substrate had lower quality than seedlings grown in the control medium (100% peat); even a low proportion of 25% GWC caused damage to the seedlings. *Calendula* seedlings grown in substrates containing 25%–50% GWC displayed equal quality to the control medium (100% peat). The second experiment showed

收稿日期: 2015-10-19; 修回日期: 2016-01-06

基金项目: 国家林业公益性行业科研专项(201504205)

作者简介: 魏乐, 从事固体废弃物资源化再利用研究。E-mail: weile@bjfu.edu.cn。通信作者: 李素艳, 副教授, 博士, 从事固体废弃物资源化再利用研究。E-mail: lisuyan@bjfu.edu.cn

that the addition of GWC in the growing substrate ($P<0.05$) greatly increased the shoot dry weight, plant height, stem diameter, and leaf surface of geranium and calendula, as well as the root weight and number of flowers per plant of calendula. Thus, a green waste compost could partly replace peat in substrates as a seedling growth material for calendula, and it could also be used for geranium and calendula cultivation. [Ch, 5 tab. 15 ref.]

Key words: horticulture; green waste compost; peat; *Pelargonium zonale*; *Calendula officinalis*

近年来,随着城市绿化在中国各大城市中的快速发展,园林绿化废弃物如枯枝落叶(植物凋落物)、树枝修剪物、草坪修剪物、杂草、种子和残花等的产生量也越来越大^[1]。传统的处理方式主要是填埋或焚烧,这样做不仅造成了环境的污染也带来资源的浪费^[2]。中国作为设施园艺大国,固体基质特别是泥炭需求量巨大,然而泥炭属不可再生资源,大量开采会造成资源破坏、湿地减少等生态环境问题,因此急需寻找一种有效的替代品^[3]。园林绿化废弃物经堆肥处理后能够代替泥炭作为花卉栽培基质。如张璐等^[4]研究园林废弃物堆肥作为青苹果竹芋 *Calathea rotundifolia* ‘Fasciata’ 替代基质,发现可替代 50% 泥炭;李燕等^[5]研究园林废弃物堆肥替代泥炭用于鸟巢蕨 *Anthurium anaraeanum* 和红掌 *Asplenium nidus* 栽培,发现可分别替代 60%~80% 和 60% 的泥炭;张强等^[6]研究园林废弃物堆肥用于马齿苋 *Portulaca oleracea*, 矮牵牛 *Petunia hybrida* 和彩叶草 *Coleus blumei* 的栽培基质,发现可替代 50% 泥炭。龚小强等^[7]研究发现园林废弃物蚯蚓堆肥可部分替代泥炭用作甘蓝 *Brassica oleracea*, 莴苣 *Lactuca sativa*, 西葫芦 *Cucurbita pepo* var. *ovifera* 育苗代用基质。天竺葵 *Pelargonium zonale* 和金盏菊 *Calendula officinalis* 是北京市绿地常见花卉,花色鲜艳,花期长,市场需求量大,栽培广泛。传统栽培方式主要选择泥炭作为栽培基质,这种栽培方式会消耗大量泥炭资源。本研究将园林废弃物堆肥产品添加到泥炭中作为天竺葵和金盏菊的栽培基质,从而探索园林废弃物堆肥产品代替泥炭用作 2 种花卉栽培基质的可能性。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试堆肥材料来源于北京市朝阳区园林绿化废弃物消纳中心,主要是 2013 年北京市春季园林绿化养护所产生的树枝修剪物、植物凋落物和草坪修剪物。将绿化废弃物原材料粉碎至粒径 1~2 cm,再将粉碎后的材料装入长宽高分别为 48.0 m × 4.0 m × 2.5 m 的堆肥槽。堆肥初始调节碳氮比(C/N)至 25,含水率约 60%,再加入购于中国普通微生物菌种保藏管理中心的黄孢原毛平革菌 *Phanerochaete chrysosporium*。应用前,接种于液体马铃薯葡萄糖琼脂(PDA)综合培养基(未加琼脂),在 28 ℃, 170 r·min⁻¹ 转速的振荡培养箱里扩展培养 7 d,之后按 20 mL·kg⁻¹ 接种于堆体。堆肥时间为 50 d,隔 7 d 翻堆 1 次,整个堆肥过程含水量控制在 60%~70%。

供试泥炭为丹麦进口的品氏泥炭,购于北林科技股份有限公司。

1.2 试验方案

试验于 2013 年 9 月至 2014 年 4 月在北京市北林科技股份有限公司苗圃内进行。供试植物为天竺葵和金盏菊。共设 5 种基质处理:100% 泥炭(对照组),75% 泥炭+25% 绿化废弃物(25GWC),50% 泥炭+50% 绿化废弃物(50GWC),25% 泥炭+75% 绿化废弃物(75GWC),100% 绿化废弃物(100GWC)。

育苗试验将 5 种基质分别装入 72 穴的塑料播种盘中,再将天竺葵和金盏菊的种子播于穴中(1 粒·穴⁻¹)。完全随机区组设计,重复 4 次。播种后将播种盘置于温室中,其温度为 18~28 ℃,相对湿度为 70%~80%,并置于自然光照下。隔 2 d 浇水 1 次,整个过程不施肥。试验周期为 35 d。试验结束时测定以下指标:苗高(从基质表面到植物顶端)、幼苗叶片数(不包括子叶)、茎直径(从子叶节点测量)。再将幼苗从盘中取出,用蒸馏水洗掉残留基质,将幼苗用剪刀分成根与地上部分,放入烘箱 75 ℃ 烘至恒量测定地上部分干质量与根干质量。此外,单独设置 2 个泥炭处理为之后的盆栽试验做准备。

盆栽试验:从泥炭处理中选择长势一致的天竺葵和金盏菊幼苗移栽到 14 cm × 10 cm 的塑料花盆中,加入各种基质,重复 20 盆·处理⁻¹。各处理栽培管理措施均匀一致,并用含氮、磷、钾质量分数均为 20% 的花多多 1 号稀释 1 000 倍后 1 周施肥 1 次。试验周期 6 个月,试验结束时从各个处理随机选取

9 株植物进行测定。采用与上述相同的方法测定植物的地上部分干质量、根干质量、株高、茎直径。此外，对每株天竺葵测定叶面积和花数，对每株金盏菊测定花径、叶面积、花蕾数和花数。

1.3 测定项目及方法

基质容重、总孔隙度、通气孔隙度、持水孔隙度的测定参照龚小强^[8]的方法。基质的化学性质参照鲍士旦^[9]的方法测定。

1.4 数据处理方法

试验数据采用 Microsoft Office Excel 2003 和 SPSS 18.0 数据处理软件进行方差分析和多重比较。

2 结果与讨论

2.1 不同基质的物理性质

由表 1 可见：100GWC 处理的容重是对照组容重的 2 倍以上，随绿化废弃物比例的增加混合基质的容重显著增加($P<0.05$)。所有基质的容重都在 ABAD 等^[10]提出的理想基质范围内($<0.4\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$)。总孔隙度、通气孔隙度和持水孔隙度在对照组中最高，并随绿化废弃物的增加而降低。对照组和 25GWC 处理的总孔隙度处于理想范围内($>85\%$)，其余处理的总孔隙度则低于理想范围^[9]。BOOTAT 等^[11]提出理想基质的通气孔隙度范围应当为 20%~30%，所有处理的通气孔隙度符合这一标准。50GWC，75GWC 和 100GWC 处理的持水孔隙度显著低于对照组和 25GWC 处理($P<0.05$)，因此需要定期补水^[12]。

表 1 不同基质的物理性质

Table 1 Physical properties of the different growing substrates				
栽培基质	容重/($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	总孔隙度/%	通气孔隙度/%	持水孔隙度/%
对照组	0.11 e	90.04 a	22.60 a	2.09 a
25GWC	0.15 d	86.60 b	22.13 a	1.90 a
50GWC	0.19 c	83.28 c	20.77 a	1.54 b
75GWC	0.24 b	80.12 d	20.21 a	1.22 c
100GWC	0.27 a	79.59 d	20.73 a	1.04 c
理想基质	<0.4	>85	20~30	

说明：同列不同英文字母代表差异显著($P<0.05$)。

2.2 不同基质的化学性质

不同处理基质的主要化学性质见表 2。与对照组相比，添加绿化废弃物的处理导致 pH 值和电导率值上升。同时，绿化废弃物比例的增加导致基质有机质质量分数下降。所有基质的 pH 值范围在 6.21~8.05，对照组最低，为 6.21，100GWC 处理最高，为 8.05。除对照组，其余处理 pH 值都高于理想基质范围^[10]。所有堆肥处理基质的电导率值都高于理想基质范围($\leq 0.5\text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$)，有机质质量分数均低于理想基质所推荐的最低水平^[10]。

由表 2 可以看出：除镁元素外，其余大量元素的质量分数都随绿化废弃物的增加而显著升高($P<0.05$)。除了 25GWC 处理外，所有其他添加绿化废弃物的处理的氮的质量分数均显著高于对照组($P<0.05$)。磷质量分数在 50GWC 和 75GWC 处理中显著高于对照组，但在 25GWC 和 100GWC 处理中差异

表 2 不同基质的化学性质

Table 2 Chemical properties of the different growing substrates													
栽培基质	pH 值	电导率/ ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$)	有机质/ ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	氮/($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	磷/($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	钾/($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	钙/($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	镁/($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	钠/($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	铁/($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	铜/($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	锌/($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	锰/($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)
对照组	6.21 e	0.26 e	665.98 a	7.41 d	1.01 b	1.42 e	23.64 c	2.36 a	1.39 c	1 175 c	27.4 b	65.7 d	12.8 d
25GWC	7.36 d	0.59 d	591.12 ab	12.60 d	1.20 ab	5.41 d	33.20 b	2.40 a	1.87 b	2 683 b	30.7 b	140.6 c	27.9 c
50GWC	7.72 c	0.84 c	475.04 bc	15.42 c	1.26 a	7.56 c	77.74 a	2.33 a	2.24 ab	3 219 a	36.3 ab	168.5 bc	39.6 b
75GWC	7.82 b	1.16 b	446.93 c	17.36 b	1.26 a	8.84 b	79.02 a	2.39 a	2.58 a	3 390 a	36.0 ab	186.8 ab	44.6 ab
100GWC	8.05 a	1.40 a	421.30 c	18.93 a	1.16 ab	9.68 a	79.54 a	2.38 a	2.63 a	3 515 a	45.4 a	202.2 a	48.5 a
理想范围	5.3~6.5	≤ 0.5	>800										

说明：同列不同英文字母代表差异显著($P<0.05$)。

不显著($P>0.05$)。钾、钙和钠的质量分数在所有堆肥处理中都显著高于对照组($P<0.05$)。

微量元素的质量分数随基质中绿化废弃物比例的增大而升高。与对照组相比,铁、锌的质量分数在所有堆肥基质中显著升高($P<0.05$)。铜的质量分数只在 100GWC 处理中显著升高($P<0.05$),其他处理与对照组相比差异不显著($P>0.05$)。

2.3 育苗试验

不同基质处理对于 2 种植物种子发芽率和幼苗生长的影响见表 3。75GWC 和 100GWC 处理的天竺葵种子的发芽率显著低于对照组($P<0.05$),而 25GWC 和 50GWC 处理与对照组差异不显著。栽培基质中高比例园林废弃物对天竺葵种子发芽率产生了不良影响,可能是由于园林废弃物导致了基质中电导率值升高所引起。高比例废弃物的添加导致发芽率下降的情况其他研究者也曾报道过^[13]。金盏菊发芽率在 5 种基质中差异不显著($P>0.05$),表明基质中园林废弃物的比例对金盏菊的发芽率无不良影响。

天竺葵育苗试验中,所有添加园林废弃物处理的生长指标与对照组相比显著降低,并随园林废弃物比例的增加而降低,甚至在 25%的低比例替代下也会对幼苗生长产生不良影响。

金盏菊育苗试验中,与对照组相比,75GWC 和 100GWC 处理的地上部分干质量、根干质量及苗高指标显著降低,但在 25GWC 和 50GWC 处理中差异不显著($P>0.05$)。与对照组相比,茎直径在 25%~100%处理中均差异不显著。75GWC 和 100GWC 处理的每株叶片数与对照组相比显著减少,但在 25GWC 和 50GWC 处理中差异不显著。以上分析表明:金盏菊的生长只在高比例(50%以上)添加园林废弃物时受到不良影响,在添加 25%~50%园林废弃物时,金盏菊的生长指标与对照组差异不显著。2 种植物生长指标的下降可能由于基质中 pH 值和电导率值的升高以及总孔隙度及持水孔隙度的下降。天竺葵在所有园林废弃物处理中的生长指标都显著低于对照组,而金盏菊的生长指标只在高比例园林废弃物添加下才显著降低,这种植物表现可能是由于金盏菊幼苗比天竺葵幼苗更耐盐^[14]。其他研究者的研究结果也显示:不同植物的幼苗在同种堆肥基质中的生长状况不同^[15-16]。

表 3 不同处理对 2 种植物发芽率和生长的影响

植物	栽培基质	发芽率/%	地上部分干质量/(g·株 ⁻¹)	根干质量/(g·株 ⁻¹)	苗高/mm	茎直径/mm	叶片数
天竺葵	对照组	94.44 a	0.18 a	0.024 a	82.26 a	3.29 a	3.9 a
	25GWC	94.44 a	0.13 b	0.015 b	71.75 b	3.06 b	3.8 ab
	50GWC	89.58 ab	0.09 c	0.013 bc	55.81 c	2.82 c	3.4 bc
	75GWC	82.64 b	0.06 d	0.011 c	41.85 d	2.47 d	2.9 c
	100GWC	65.28 c	0.03 e	0.005 d	29.99 e	2.11 e	2.3 d
金盏菊	对照组	84.38 a	0.10 a	0.019 a	115.90 a	3.10 ab	5.3 a
	25GWC	87.85 a	0.10 a	0.019 a	114.93 a	3.22 a	5.4 a
	50GWC	93.75 a	0.09 ab	0.017 ab	112.85 a	3.14 ab	5.1 a
	75GWC	89.24 a	0.07 b	0.015 bc	101.11 b	2.83 ab	4.5 b
	100GWC	89.93 a	0.06 c	0.012 c	94.41 b	2.55 b	3.9 c

说明:同列不同英文字母代表差异显著($P<0.05$)。

2.4 盆栽试验

在 6 个月的栽培后,植物生长量见表 4 和表 5。

天竺葵盆栽试验中,添加园林废弃物处理的地上部分干质量、株高、茎直径、叶面积与对照组相比显著增加。100GWC 处理的根干质量显著高于对照组,但在其余处理中差异不显著($P>0.05$)。添加 25%~100%园林废弃物处理的花数与对照组相比无显著差异($P>0.05$)。

金盏菊盆栽试验中,与对照组相比,除花径和花数外,添加园林废弃物处理的其他生长指标都显著增加。50GWC 处理的花径显著高于对照组,但其余处理与对照组相比差异不显著。金盏菊的花数未受到园林废弃物添加比例不同的影响。

以上数据表明:天竺葵和金盏菊的生长量在添加园林废弃物的处理中效果较对照组效果好。这是由于生长基质中堆肥的添加提供了充足的营养,且成熟的苗木通常比幼苗更耐盐。另外,在添加堆肥的

表 4 不同处理对天竺葵生长的影响

Table 4 Effects of different growing substrates on the growth of geranium plants

栽培基质	地上部分干质量/(g·株 ⁻¹)	根干质量/(g·株 ⁻¹)	株高/cm	茎直径/mm	叶面积/cm ²	花数
对照组	16.79 d	1.56 b	36.89 c	11.2 b	758 c	1.7 a
25GWC	33.30 a	1.62 b	49.11 b	13.5 a	1 269 ab	1.9 a
50GWC	31.10 ab	1.84 b	54.89 a	13.7 a	1 430 a	1.6 a
75GWC	28.87 bc	1.98 ab	54.88 a	13.5 a	1 360 ab	1.4 a
100GWC	26.06 c	2.33 a	50.33 b	13.2 a	1 130 b	1.8 a

说明：同列不同英文字母代表差异显著($P<0.05$)。

表 5 不同处理对金盏菊生长的影响

Table 5 Effects of different substrates on the growth of calendula plants

栽培基质	地上部分干质量/(g·株 ⁻¹)	根干质量/(g·株 ⁻¹)	株高/cm	茎直径/mm	叶面积/cm ²	花径/mm	花蕾数	花数
对照组	6.94 c	1.75 b	23.78 c	6.7 b	531 c	64.2 b	17.7 c	2.6 a
25GWC	20.21 a	2.18 a	30.94 b	10.3 a	875 b	69.1 ab	48.7 a	2.2 a
50GWC	18.06 ab	2.28 a	33.28 a	10.1 a	940 ab	73.2 a	45.7 ab	2.1 a
75GWC	17.64 b	2.42 a	32.51 a	10.3 a	980 ab	67.2 ab	42.0 ab	2.7 a
100GWC	17.91 b	2.17 a	32.68 a	10.0 a	1 063 a	68.6 ab	37.3 b	2.0 a

说明：同列不同英文字母代表差异显著($P<0.05$)。

基质中由高 pH 值和高电导率值所造成的植物性毒素在浇灌过程中可通过淋洗被稀释。

3 结论

育苗试验表明：园林废弃物对于天竺葵不是一个合适的育苗基质，即使在生长基质中替代 25% 的泥炭都会对天竺葵育苗产生不良影响。在金盏菊育苗试验中，基质中添加 25% 和 50% 园林废弃物的处理与对照组全泥炭的处理育苗效果相似，因此园林废弃物可以部分替代泥炭用于金盏菊育苗基质。

盆栽试验表明在天竺葵和金盏菊的所有添加堆肥的处理中，植株生长量与纯泥炭处理相比效果相近或优于泥炭。因此，园林废弃物可以部分代替泥炭用于天竺葵和金盏菊的栽培基质。

4 参考文献

[1] 田赞, 王海燕, 孙向阳, 等. 添加竹酢液和菌剂对园林废弃物堆肥理化性质的影响[J]. 农业工程学报, 2010, **26**(8): 272 – 278.
TIAN Yun, WANG Haiyan, SUN Xiangyang, *et al.* Effects of bamboo vinegar and bacterial reagent addition on physicochemical properties of green wastes compost [J]. *Trans CSAE*, 2010, **26**(8): 272 – 278.

[2] 龚小强, 孙向阳, 李燕, 等. 组配改良剂对园林废弃物堆肥基质理化性质及鸟巢蕨生长影响[J]. 西北林学院学报, 2015, **30**(5): 126 – 132.
GONG Xiaoqiang, SUN Xiangyang, LI Yan, *et al.* Effects of combined amendments on physicochemical properties of green waste compost substrates and growth of *Asplenium nidus* [J]. *J Northwest For Univ*, 2015, **30**(5): 126 – 132.

[3] 龚小强, 孙向阳, 田赞, 等. 复合型有机改良剂对园林废弃物堆肥基质改良研究[J]. 西北林学院学报, 2013, **28**(2): 196 – 201.
GONG Xiaoqiang, SUN Xiangyang, TIAN Yun, *et al.* Application of organic composite ameliorants on the green wastes compost substrate [J]. *J Northwest For Univ*, 2013, **28**(2): 196 – 201.

[4] 张璐, 孙向阳, 田赞. 园林废弃物堆肥用于青苹果竹芋栽培研究[J]. 北京林业大学学报, 2011, **33**(5): 109 – 114.
ZHANG Lu, SUN Xiangyang, TIAN Yun. Application of green waste compost for *Calathea rotundifolia* ‘Fasciata’ cultivation [J]. *J Beijing For Univ*, 2011, **33**(5): 109 – 114.

[5] 李燕, 孙向阳, 龚小强. 园林废弃物堆肥替代泥炭用于红掌和鸟巢蕨栽培[J]. 浙江农林大学学报, 2015, **32**(5): 736 – 742.
LI Yan, SUN Xiangyang, GONG Xiaoqiang. Use of green waste compost as a peat surrogate in substrates for *Anthurium andraeanum* and *Asplenium nidus* cultivation [J]. *J Zhejiang A & F Univ*, 2015, **32**(5): 736 – 742.

- [6] 张强, 孙向阳, 任忠秀, 等. 园林绿化废弃物堆肥用作花卉栽培基质的效果评价[J]. 中南林业科技大学学报: 自然科学版, 2011, **31**(9): 7 – 13.
ZHANG Qiang, SUN Xiangyang, REN Zhongxiu, *et al.* Effect evaluation of garden waste compost used as floriculture substrate [J]. *J Cent South Univ For Technol*, 2011, **31**(9): 7 – 13.
- [7] 龚小强, 李素艳, 李燕, 等. 绿化废弃物好氧堆肥和蚯蚓堆肥作为蔬菜育苗基质研究[J]. 浙江农林大学学报, 2016, **33**(2): 280 – 287.
GONG Xiaoqiang, LI Suyan, LI Yan, *et al.* Compost and vermicompost from green wastes as substrates for vegetable seedlings cultivation [J]. *J Zhejiang A & F Univ*, 2016, **33**(2): 280 – 287.
- [8] 龚小强. 园林绿化废弃物堆肥产品改良及用作花卉栽培代用基质研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2013.
GONG Xiaoqiang. *Green Waste Compost Products Improvement and the Products as the Peat Substitutes for the Planting of Flowers* [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2013.
- [9] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [10] ABAD M, NOGUERA P, BURÉS S. National inventory of organic wastes for use as growing substrate for ornamental potted plant production: cause study in Spain [J]. *Bioresour Technol*, 2001, **77**(2): 197 – 200.
- [11] de BOOTDT M, VERDONCK O. The physical properties of the substrates in horticulture [J]. *Acta Hortic*, 1972, **26**: 37 – 44.
- [12] MOLDES A, CENDON Y, BARRAL M T. Evaluation of municipal solid waste compost as a plant growing media component, by applying mixture design [J]. *Bioresour Technol*, 2007, **98**(16): 3069 – 3075.
- [13] BUSTAMANTE M A, PAREDES C, MORAL R E, *et al.* Composts from distillery wastes as peat substitutes for transplant production [J]. *Resour Conserv Recycl*, 2008, **52**(2): 792 – 799.
- [14] COSTELLO L R, PERRY E J, MATHENY N P, *et al.* *Abiotic Disorders of Landscape Plant: A Diagnostic Guide* [M]. Oakland: UCANR Publications, 2003.
- [15] BELAL E B, EI-MAHROUK M E. Solid-state fermentation of rice straw residues for its use as growing medium in ornamental nurseries [J]. *Acta Astronaut*, 2010, **67**(9/10): 1081 – 1089.
- [16] MEDINA E, PAREDE C, PÉREZ-MURCIA M D, *et al.* Spent mushroom substrates as component of growing media for germination and growth of horticultural plants [J]. *Bioresour Technol*, 2009, **100**(8): 4227 – 4232.