

城市污泥用作蓝猪耳无土栽培基质研究

黄少玲¹, 李绵盛², 梁华祖¹, 李彩群¹, 叶祥森¹, 王瑛华¹, 陈刚^{1*}

(1. 肇庆学院生命科学学院, 广东肇庆 526061; 2. 广东华扬环保科技股份有限公司, 广东肇庆 526061)

摘要 [目的]实现城市污泥的废物利用。[方法]研究城市污泥、菇渣、米糠和药渣的不同配比混合基质对蓝猪耳生长的影响,并比较蓝猪耳在不同的无土栽培基质和在常规栽培基质中生长指标的差异。[结果]在栽培过程中不施肥的条件下,无土栽培基质中蓝猪耳的各项生长指标均优于常规栽培基质。在营养阶段,基质3(城市污泥含量40%)和基质6(城市污泥含量70%)中蓝猪耳的生长状况较优;在开花期,处理组各项检测指标多数优于对照组,其中基质3和基质6蓝猪耳的花朵数较多。[结论]该研究为城市污泥的环保资源化利用提供参考。

关键词 城市污泥;蓝猪耳;无土栽培基质;生长指标

中图分类号 X 703 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)33-0054-04

Study on the Application of Municipal Sewage Sludge as a Soilless Culture Substrate for *Torenia fournieri*

HUANG Shao-ling¹, LI Mian-sheng², LIANG Hua-zu¹ et al (1. College of Life Science, Zhaoqing University, Zhaoqing, Guangdong 526061; 2. Guangdong Huayang Environmental Protection Science and Technology Co. Ltd., Zhaoqing, Guangdong 526061)

Abstract [Objective] The research aimed to achieve waste utilization of municipal sludge. [Method] This experiment studied the effect of different proportions of mixed substrates including municipal sewage sludge, mushroom residue, rice bran and herb residues on growth of *Torenia fournieri* and compared the growth indexes of *T. fournieri* under the different soilless culture substrate situations and under conventional culture substrate situations. [Result] Under the condition of no additional fertilization during the cultivation process, the growth indexes of the *T. fournieri* in the soilless culture substrate were better than those in the conventional culture substrate. In vegetative growth stage, the growth status of *T. fournieri* in substrate 3 (the municipal sewage sludge content of 40%) and in substrate 6 (the municipal sewage sludge content of 70%) was better. In floral blossom, most of examination indexes of the treatment groups were better than the control groups. And the number of flowers in substrate 3 and in substrate 6 was better. [Conclusion] This study provides a reference for the environmental resource utilization of municipal sewage sludge.

Key words Municipal sewage sludge; *Torenia fournieri*; Soilless culture substrate; Growth index

蓝猪耳(*Torenia fournieri*)又称为夏堇、蓝月亮、花瓜草等,为玄参科翼萼属一年生观赏性草本植物,属暖季型草花,其具有花朵颜色丰富、花朵十分小巧、花期较长等特点^[1]。蓝猪耳属于阳性植物,喜光、耐高温、耐潮湿,对土壤要求不严格,适用于园林造景中^[2]。

城市污泥是城市污水处理过程中产生的沉淀物质,其中除有害物质之外,还含有氮、磷、钾等营养物质。随着我国城市化进程加快,城市污泥量的与日俱增与处理不当会严重危害生态环境^[3]。目前处理城市污泥的方法有很多,如卫生填埋、焚烧、能源化利用、制作建筑材料等^[4],但这些处理方法大多都存在一定缺陷。经前人研究城市污泥经适当处理可作为堆肥应用于花卉栽培,如用于观花植物凤仙花、矮牵牛和孔雀草等的栽培^[5]。笔者用城市污泥堆肥发酵后形成的无土栽培基质代替常规栽培基质,用作蓝猪耳无土栽培基质,为城市污泥的环保资源化利用提供了有效参考。

1 材料与与方法

1.1 试验材料 试验用的无土栽培基质来自广东华扬环保科技股份有限公司,由城市污泥堆肥发酵形成。对照组中的泥炭土来自肇庆市高要区,椰糠来自于斯里兰卡。蓝猪耳育苗用种子为自收种,花色粉色。

1.2 试验方法 该试验共设8组,基质1~基质7为处理组,为城市污泥的无土栽培基质,基质8为对照组,为常规栽培基质,各栽培基质配比见表1。每组基质种植4盆,每盆种植3株,每组基质共计12个样本,设置3次重复。

表1 各基质的成分组成

Table 1 Compositions of different substrates %

基质编号 Substrate number	城市污泥 Municipal sewage sludge	药渣 Herb residues	菇渣 Mushroom residue	米糠 Rice bran
1	20	40	40	0
2	30	35	35	0
3	40	30	25	5
4	50	25	20	5
5	60	15	15	10
6	70	5	5	20
7	80	5	5	10
8	泥炭土:椰糠=2:1			

该试验分为3个阶段,分别为育苗阶段、营养阶段、繁殖阶段。该试验进程如下:播种直至蓝猪耳幼苗长至约2 cm开始移栽种苗,每盆种3株幼苗,3株幼苗呈三角状排布,以便其冠幅的生长,各花盆间距为20 cm。栽苗30 d后部分处理组出现花苞,在此阶段进行摘心处理,摘心的标准是主茎留下2~3个节,最后在开花衰败初期收割。在试验中测量3次数据,第1次为摘心前;第2次为盛花期;第3次为开花衰败初期(即收割前)。测量的生长指标包括株高、冠幅、最大叶长、最大叶宽、分支级数、侧枝数、花朵数、地上鲜重、地下鲜重、地上干重、地下干重。在盛花期,因叶色在视觉感官上

基金项目 广东省科技计划项目(2017A090905034);2016年肇庆学院质量工程和教学改革项目(2016063);2017年大学生创新创业训练计划项目(201710580072);2018年广东省大学生科技创新培育专项(pdjhb0540)。

作者简介 黄少玲(1997—),女,广东揭阳人,研究方向:生物技术。
*通讯作者,副教授,博士,从事生物技术研究。

收稿日期 2018-10-01

有所差别,故在该试验中,用打孔器采集每组基质的蓝猪耳叶片,分别制成混合样,测定每组基质混合样的叶绿素含量,测定方式参照张志良等^[6]方法进行。

1.3 数据处理 试验数据采用 Excel 2010 处理,采用 DPS 软件对数据进行多重比较,采用 LSD 法在 5% 的水平进行显著性差异检验,其中 $P < 0.05$ 的显著差异用小写字母表示。

2 结果与分析

2.1 不同基质的理化性状 从表 2 可以看出,处理组的有机质和总养分为对照组(椰糠和泥炭土混合样)的 2~4 倍,且处理组中的全氮、有效磷和全钾含量也为对照组的 2~5 倍,为蓝猪耳提供了丰富的营养。同时处理组基质的 pH 接近中性,有利于蓝猪耳的生长发育。在盐分方面,处理组基质的盐分含量比对照组低。

表 2 不同配比基质的理化性状

Table 2 Basic physicochemical properties of different substrates

基质编号 Substrate number	全氮 Total N %	有效磷 Available P %	全钾 Total K %	总养分 Total nutrient %	有机质 Organic matter content//%	pH	EC 值 Electrical conductivity Ms/cm	盐分 Salt %
1	1.11	3.93	1.37	6.41	50.93	7.28	0.392	4.10
2	1.33	2.43	1.63	5.39	47.30	7.38	0.375	3.15
3	1.87	3.03	1.82	6.72	57.70	6.69	0.427	3.21
4	1.54	2.82	0.98	5.34	62.18	6.68	0.382	3.34
5	1.11	2.10	0.61	3.82	66.72	6.64	0.319	3.72
6	0.55	1.99	3.26	5.80	66.72	6.44	0.319	3.25
7	0.97	2.78	2.46	6.21	55.16	6.34	0.439	2.65
泥炭土 Peat soil	0.23	1.17	1.66	3.06	87.82	3.16	0.064	6.40
椰糠 Coconut chaff	0.37	0.33	1.83	2.53	26.41	6.10	0.100	5.90

注:该表由广东华扬环保科技股份有限公司提供,基质 8 为泥炭土和椰糠 2:1 的混合物

Notes: This table is provided by Guangdong Huayang Environmental Protection Science and Technology Co. Ltd., the substrate 8 is a mixture of peat soil and coconut chaff 2:1

2.2 不同配比基质在营养阶段对蓝猪耳生长的影响 种苗 30 d 后,处理组各样本间生长状况基本一致,苗株高约 10 cm,但对照组的苗株高 3~5 cm,与处理组有明显的差异。此时处理组都出现二级分支,且基质 1(城市污泥含量 20%)和基质 5(城市污泥含量 60%)出现花苞。这说明可能基质 1 和基质 5 更适合蓝猪耳的繁殖生长。

在种苗 30 d 后,实施摘心。因为蓝猪耳属于观花植物,摘心利于其冠幅的发展,冠幅大的相对美观。由于对照组生

长迟缓,摘心延期。摘心前测量蓝猪耳的各项生长指标,测量结果见表 3。由表 3 可知,与对照相比,城市污泥用作无土栽培基质对蓝猪耳的生长均具有一定程度的促进作用。基质 1~7 的冠幅、最大叶长、最大叶宽、分支级数、侧枝数均显著高于基质 8,基质 2~7 的株高显著高于基质 8,表明处理组的各项生长指标均优于对照组。其中基质 3(城市污泥含量 40%)和基质 6(城市污泥含量 70%)生长指标测量结果较优。说明基质 3 和基质 6 较适合蓝猪耳营养阶段生长。

表 3 摘心前各基质对蓝猪耳生长的影响

Table 3 The effects of different substrates composition on the growth of *Torenia fournieri* before top-picking

基质编号 Substrate number	株高 Height cm	冠幅 Crown breadth cm	最大叶长 Maximum leaf length//cm	最大叶宽 Maximum leaf width//cm	分支级数 Branch level 级	侧枝数 Lateral branch number//个
1	7.71±1.33 bc	21.42±0.80 c	5.31±0.72 a	3.44±0.53 a	2.25±0.22 a	6.00±0.76 c
2	10.64±0.44 a	25.17±3.06 bc	6.17±0.50 a	3.61±0.17 a	2.58±0.08 a	8.17±0.33 a
3	11.30±1.16 a	29.75±3.04 a	6.04±0.54 a	3.74±0.29 a	2.44±0.21 a	7.56±0.69 ab
4	9.13±1.91 ab	25.96±0.75 ab	5.87±0.51 a	3.58±0.35 a	2.53±0.25 a	6.33±0.76 c
5	9.56±2.27 ab	26.00±3.91 ab	5.76±0.62 a	3.27±0.29 a	2.25±0.30 a	6.28±1.07 c
6	11.31±1.51 a	26.25±1.25 ab	6.21±0.43 a	3.74±0.23 a	2.53±0.19 a	7.06±0.19 bc
7	10.06±2.11 ab	25.50±2.05 b	5.87±0.51 a	3.66±0.25 a	2.56±0.21 a	6.28±0.19 c
8	5.72±0.24 c	16.00±1.09 d	4.16±0.23 b	2.73±0.20 b	1.42±0.17 b	4.00±0.00 d

注:同列不同小写字母表示 $P < 0.05$ 的显著差异

Note: Different lowercase letters in the same column indicate a significant difference at 0.05 level

摘心 10 d 后,对照组出现花苞。此时基质 3 和基质 6 中出现较多花苞,基质 2 次之。且基质 3(城市污泥含量 40%)长势最好。表明基质 3、6 和 2 比较适合蓝猪耳营养阶段生长。而与处理组相比,对照组株高较低、冠幅较小、叶片偏黄。

2.3 不同配比基质在繁殖阶段对蓝猪耳生长的影响 摘心

12 d 后基质 5 和基质 7 栽培的蓝猪耳先出现开花现象。摘心 15 d 后 7 个处理组普遍进入初花期(所有样本出现花蕾,部分样本花朵开放),而对照组开始长花苞。在摘心 30 d 后,处理组全部样本都开花,而对照组中仅有 1 个样本开花。说明处理组能促进蓝猪耳提前开花,开花期提前近 20 d。开花 30 d 后部分样本开始出现衰败现象。

蓝猪耳进入盛花期时,各生长指标基本达到顶峰且较稳定。在此期间对其株高、冠幅、最大叶长、最大叶宽、分支级数、侧枝数进行测定,测量数据见表4。由表4可知,与对照相比,城市污泥用作无土栽培基质对蓝猪耳的生长均具有一定程度的促进作用。基质1~7的株高、冠幅、最大叶长、最大

叶宽、分支级数均显著高于基质8,处理组1、2、3、6、7的侧枝数显著高于基质8。处理组与对照组相比具有明显优势。其中基质3(城市污泥含量40%)、基质2(城市污泥含量30%)在7组处理组中占有优势,说明这2组较适合蓝猪耳繁殖阶段生长。

表4 盛花期各基质对蓝猪耳生长的影响

Table 4 The effects of different substrates composition on the growth of *Torenia fournieri* in the full-bloom stage

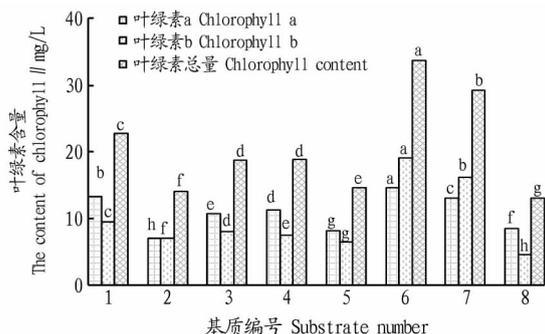
基质编号 Substrate number	株高 Height cm	冠幅 Crown breadth cm	最大叶长 Maximum leaf length//cm	最大叶宽 Maximum leaf width//cm	分支级数 Branch level 级	侧枝数 Lateral branch number//个
1	41.75±3.70 a	50.08±2.36 a	7.19±0.21 a	4.39±0.09 a	2.25±0.22 a	6.94±0.61 b
2	39.08±1.38 a	52.58±0.88 ab	7.09±0.19 ab	4.31±0.06 a	2.58±0.08 a	7.44±0.25 ab
3	43.17±0.38 a	55.58±2.84 a	7.09±0.12 ab	4.31±0.17 a	2.44±0.21 a	7.08±0.38 ab
4	41.17±0.52 a	52.17±0.80 ab	7.31±0.15 a	4.43±0.22 a	2.53±0.25 a	6.83±0.17 bc
5	40.42±0.72 a	50.50±4.55 b	6.81±0.19 b	4.05±0.08 b	2.25±0.30 a	6.72±0.25 bc
6	39.58±0.72 a	52.50±0.25 ab	6.44±0.15 c	4.04±0.12 b	2.53±0.19 a	7.11±0.38 ab
7	41.83±2.50 a	54.08±1.66 ab	6.83±0.14 b	4.23±0.11 ab	2.56±0.21 a	7.72±0.39 a
8	29.50±5.22 b	39.75±2.61 c	5.75±0.25 d	3.42±0.08 c	1.42±0.17 b	6.11±0.69 c

注:同列不同小写字母表示 $P < 0.05$ 的显著差异

Note: Different lowercase letters in the same column indicate a significant difference at 0.05 level

试验中,各处理组的幼叶不同程度地出现边缘颜色浅,中间颜色深,叶脉皱缩、深陷,整个叶片不舒展,叶片略微畸形。可能的原因如下:①处理组基质中氮含量较高;②在后期栽培中由于浇水和栽培环境温度较高,基质发酵导致 pH 降低。

在试验中,各处理组的蓝猪耳叶色在视觉感官上有较明显的差异,有的叶片颜色偏墨绿,有的叶片颜色发黄,有的叶片颜色正常。由于叶绿素对蓝猪耳的生长发育繁殖至关重要,该试验测定了每组基质混合样的叶绿素含量,测定结果见图1。由图1可知,各处理组间叶绿素含量及处理组与对照组间叶绿素含量具有显著差异,且叶绿素含量与污泥含量无线性关系。其中对照组叶绿素含量明显偏低,影响其光合作用,进而影响其生长发育繁殖,造成对照组生长状况比处理组差。



注:不同小写字母表示 $P < 0.05$ 的显著差异

Note: Different lowercase letters indicate a significant difference at 0.05 level

图1 各组基质叶绿素含量

Fig. 1 The content of chlorophyll in different substrates

在栽苗3个月后,蓝猪耳开始进入开花衰败期。部分花瓣开始枯萎、皱缩和脱落。该试验表明蓝猪耳的花期较长,

在3个月以上;单朵花期为30d左右。该试验在蓝猪耳开花衰败初期结束,对蓝猪耳的各项生长指标进行测量,测量结果见表5和表6。从表5~6可看出,处理组的各项生长指标都具有极大的优势。蓝猪耳作为观赏性植物,花朵数是评价蓝猪耳品质的一项重要标准。由表5可知,基质1~7的花朵数均显著高于基质8花朵数,其中基质3(城市污泥含量40%)和基质6(城市污泥含量70%)较优。株高、冠幅也是衡量蓝猪耳品质的重要指标,株高高、冠幅大说明蓝猪耳生长状况良好。处理组株高与冠幅均优于对照组,其中处理组7的冠幅最大,比对照组大12.55cm,处理组1的株高最高,比对照组高8.75cm。此外,由表6可知,处理组基质虽含有污泥但并未影响蓝猪耳根系的生长发育,反而对蓝猪耳根系生长起到促进作用。综合各项生长指标,处理组比对照组更占有优势,具有更高的观赏价值和商业价值;且处理组间各项生长指标和生物量差异不大,说明基质中各组分只要搭配比例合适都能适用于栽培蓝猪耳,与污泥含量多少关联不大^[7]。

3 讨论

该试验将城市污泥经堆肥发酵后用作无土栽培基质种植蓝猪耳,将城市污泥进行合适的处理,实现城市污泥的废物利用。通过该试验发现,此无土栽培基质适用于蓝猪耳的种植,且此无土栽培基质更能代替常规栽培基质。

谭国栋等^[8]研究城市污泥对菠菜生长造成的影响得出,在菠菜生长初期,城市污泥的影响作用不明显;在菠菜生长后期,城市污泥的存在对菠菜生长起促进作用。在该试验结果中,处理组蓝猪耳在营养阶段的生长状况明显优于对照组,与谭国栋等^[8]研究结论一致。

该试验研究发现,城市污泥能提高植物叶绿素含量,与张宏忠等^[9]研究无土草坪基质结论相一致,同时该试验结果中并未得出叶绿素含量与城市污泥含量呈正相关。该试验

中,基质 3(城市污泥含量 40%)、基质 6(城市污泥含量 70%) 较适合蓝猪耳营养阶段;在繁殖阶段基质 3、6 的花朵数较多。通过对袖珍椰子、富贵竹、撒金竹^[10]、矮牵牛^[11]、一串红^[12]和香彩雀^[13]的研究显示,污泥含量在 50%时花卉生长效果最好;城市污泥的存在对所栽培的植物生长起促进作用。这与该试验基质 3、6 较优的结论不一致,但与城市污泥

的存在对所栽培的植物生长起促进作用的结论一致。

在杨道兰^[11]研究矮牵牛栽培基质的试验结论中,城市污泥含量达 70%时,矮牵牛的生长受到抑制。而在该试验结果中,城市污泥含量达到 70%时并未抑制蓝猪耳的生长,而且在此时蓝猪耳生长较好。说明城市污泥的含量对于不同植物生长的影响效果不同。

表 5 开花衰败初期蓝猪耳各项生长指标

Table 5 The different growth indexes of *Torenia fournieri* in the flower decline period

基质编号 Substrate number	株高 Height cm	冠幅 Crown breadth cm	最大叶长 Maximum leaf length//cm	最大叶宽 Maximum leaf width//cm	分支级数 Branch level 级	侧枝数 Lateral branch number//个	花朵数 Number of flower//朵
1	44.75±0.87 a	50.11±2.14 ab	7.15±0.01 a	4.37±0.03 a	2.25±0.22 a	9.94±0.61 b	142.17±29.48 bc
2	39.75±0.43 c	50.22±2.22 ab	6.66±0.29 bc	4.04±0.05 b	2.58±0.08 a	7.44±0.25 ab	126.50±30.64 c
3	44.50±1.32 a	54.56±13.80 ab	6.70±0.19 b	4.31±0.17 a	2.44±0.21 a	7.08±0.38 ab	206.17±41.88 a
4	42.11±0.51 abc	57.56±3.86 a	6.92±0.17 ab	4.46±0.08 a	2.53±0.25 a	6.83±0.17 bc	160.25±32.64 abc
5	43.33±2.65 ab	53.78±4.67 ab	6.57±0.23 bc	3.83±0.11 c	2.25±0.30 a	6.72±0.25 bc	186.83±18.11 ab
6	40.78±2.52 bc	57.33±4.63 a	6.32±0.21 cd	3.86±0.14 bc	2.53±0.19 a	7.11±0.38 ab	189.08±33.11 ab
7	42.22±1.60 abc	59.44±2.36 a	6.68±0.27 bc	4.01±0.12 bc	2.56±0.21 a	7.72±0.39 a	142.17±23.29 bc
8	36.00±1.53 d	46.89±0.96 b	6.00±0.13 d	3.60±0.12 d	1.42±0.17 b	6.11±0.69 c	66.42±15.26 d

注:同列不同小写字母表示 $P<0.05$ 的显著差异

Note: Different lowercase letters indicate a significant difference at 0.05 level

表 6 开花衰败初期蓝猪耳各生物量

Table 6 The different biomass of *Torenia fournieri* in the flower decline period

基质编号 Substrate number	地上鲜重 Above-ground fresh weight//g	地下鲜重 Under-ground fresh weight//g	地上干重 Above-ground dry weight//g	地下干重 Under-ground dry weight//g
1	131.61±19.74 c	12.56±4.92 abc	20.67±2.66 b	5.05±1.44 cde
2	143.64±10.25 abc	14.73±1.11 a	21.65±1.14 b	6.91±2.96 abc
3	164.66±14.28 ab	13.40±2.91 ab	22.57±1.02 b	8.48±2.11 a
4	141.58±13.93 a	8.78±2.06 cd	26.03±0.82a	3.65±2.23 de
5	134.79±19.70 c	10.41±0.08 bcd	16.81±0.82 c	5.56±2.66 bcd
6	138.06±16.51 bc	9.77±1.92 bcd	20.26±0.52 b	7.55±1.12 ab
7	170.14±19.48 a	8.90±0.75 cd	23.23±0.47 ab	4.88±1.48 cde
8	79.75±12.92 d	8.39±0.43 d	7.90±0.32 d	3.34±0.99 e

注:同列不同小写字母表示 $P<0.05$ 的显著差异

Note: Different lowercase letters in the same column indicate a significant difference at 0.05 level

4 结论

(1) 处理组基质适合蓝猪耳营养生长和繁殖生长,且在其生长过程中不需要额外施肥。

(2) 在盛花期,处理组的株高大致为对照组的 1.3 倍,处理组的冠幅大致是对照组的 1.25 倍,处理组的最大叶长大致是对照组的 1.17 倍,处理组与对照组相比具有明显优势。

(3) 在蓝猪耳繁殖阶段,处理组基质能促进蓝猪耳提前开花。

(4) 处理组基质可促进蓝猪耳地上部分和地下部分的发育生长,使蓝猪耳更加茂盛。

(5) 各处理组在繁殖阶段差异不显著,都能促进蓝猪耳的繁殖生长。

(6) 在蓝猪耳开花衰败初期,处理组的花朵数大致为对照组的 2 倍,说明处理组可提高蓝猪耳品质。

参考文献

[1] 杨运英,李德明.夏堇栽培及应用[J].北方园艺,2006,30(2):103-104.

- [2] 丁健.夏之精灵——夏堇[J].花木盆景(花卉园艺),2009(6):10-11.
- [3] 刘峰,蔡红,刘英.城市污泥农用存在的问题与对策[J].中国农学通报,2010,26(17):304-309.
- [4] 王雅婷.城市污水厂污泥的处理处置与综合利用[J].环境科学与管理,2011,36(1):90-94.
- [5] 李艳艳.城市污泥堆肥在花卉栽培中的运用[J].南方农机,2015(8):63-64.
- [6] 张志良,翟伟菁.植物生理学实验指导[M].3版.北京:高等教育出版社,2003:67-70.
- [7] 史红文,丁昭全,刘勇.污泥对矮牵牛的应用效果[J].北方园艺,2010,34(14):88-89.
- [8] 谭国栋,何春利,吴敬东,等.城市污泥堆肥对菠菜生长和土壤环境的影响[J].安徽农业科学,2011,39(15):8954-8956,8964.
- [9] 张宏忠,霍晶,马闯,等.城市污泥用作无土草坪基质[J].环境工程学报,2016,10(2):880-886.
- [10] 马达,高定,刘洪涛,等.城市污泥堆肥用作花卉栽培基质的效果评价[J].中国给水排水,2009,25(15):115-116.
- [11] 杨道兰.城市污泥堆肥用于矮牵牛栽培基质的研究[J].甘肃农业科技,2012(12):33-35.
- [12] 幸宏伟.污泥堆肥对花卉一串红生长的影响[J].重庆工商大学学报(自然科学版),2008,25(6):631-633.
- [13] 储双双,赖灿,WEI X H,等.污泥堆肥混合基质对香彩雀生长开花的影响及植物适应性评价[J].生态学杂志,2014,33(4):966-972.