

不同基质配方对 3 种地被植物容器苗生长的影响

商侃侃,胡永红,秦俊*

(上海辰山植物园,上海 201602)

摘要:选择椰丝、腐殖土、园土、珍珠岩为原材料进行 4 因素、3 水平的正交试验,分析用于可移动式垂直绿化的 3 种地被植物对不同栽培基质的生长响应,确定地被植物最适宜的栽培基质配方。结果表明,9 种配方的基质显著改善了种植土壤的理化结构,基本达到理想栽培基质要求,T5、T3 和 T7 具有较高含量的有机质、总氮和速效磷,营养成分最为丰富。栽培基质对 3 种地被植物的生长指标和生物量积累的影响差异显著,以 T5 处理下地被植物地上和地下生物量积累最高。综合评价认为 T5 对美女樱(*Verbena hybrida*)和小叶卫矛(*Euonymus japonicus* ‘microphylla’)栽培效果最好,而 T9 和 T3 对矮麦冬(*Ophiopogon japonicus* var. *nana*)的栽培效果最好。因此,在可移动垂直绿化容器育苗中,美女樱和小叶卫矛最佳基质配方为 4 cm 椰丝 1 份、腐殖土 6 份、园土 4 份;矮麦冬的最佳基质配方为 2 cm 椰丝 1 份、腐殖土 9 份、园土 4 份和珍珠岩 3 份或者 6 cm 椰丝 1 份、腐殖土 9 份、园土 2 份。

关键词:土壤理化性状;腐殖土;根系;生物量

中图分类号:S688.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2018)01-0146-05

Effects of Different Substrates on the Growth of Three Ggroundcover Plants in Container

SHANG Kan-kan, HU Yong-hong, QIN Jun*

(Shanghai Chenshan Botanical Garden, Shanghai 201602, China)

Abstract: A four-factor and three-level orthogonal experiment was carried out to study the growth responses of three groundcover plants to substrates with different combinations of coconut leaflets, humus, yellow soil and perlite. The results showed 9 substrates significantly improved the physical and chemical characteristics of soil and mostly achieved the ideal cultivation substrates. Abundant nutrients with higher levels of organic matter, total nitrogen and available phosphorus were founded in T5, T3 and T7 container. Effects of cultivated substrate on the growth index and biomass accumulation of three ground cover plants were different significantly, and the aboveground biomass and underground biomass were the highest at T5 container. The comprehensive evaluation results showed that *Verbena hybrida*, and *Euonymus japonicus* ‘microphylla’ grew best in T5 container, and *Ophiopogon japonicus* var. *nana* grew best on T9 and T3 container. Therefore, the ideal substrate for culturing *V. hybrida* and *E. japonicus* ‘microphylla’ was 4 cm-length coconut leaflet: humus: yellow soil with a proportion of 1 : 6 : 4; for *O. japonicus* var. *nana*, the formula was 4 cm-length coconut leaflets : humus : yellow soil : perlite with a proportion of 1 : 9 : 4 : 3 or 6 cm-length coconut leaflets: humus: yellow soil with a proportion of 1 : 9 : 2.

Key words: soil physical and chemical characteristics; humus; root system; biomass

可移动垂直绿化利用栽培模块直接应用于种植 结构框架,替代传统的攀援植物绿化形式,成为当前

收稿日期:2017-09-05 修回日期:2017-10-10
基金项目:上海市科委项目(16DZ1204901);上海市绿化和市容管理局辰山专项(G152426, G162415)。
作者简介:商侃侃,男,高级工程师,研究方向:植物修复与生态保育。E-mail:shangkankan@163.com
* 通信作者:秦俊,女,博士,教授级高工,研究方向:城市绿化技术。E-mail:qinjun03@126.com

城市立体绿化的重要形式^[1]。由于植物的繁殖、培育直至成型展示均在容器中进行,因此容器育苗成为可移动垂直绿化植物应用的关键技术^[2]。与普通裸根苗相比,容器苗具有育苗周期短、苗木质量易管控、育苗成活率高、便于运输和替换等优点^[3],成为当前绿化林业种苗生产的主要方式。

选择轻质、适用、经济的基质材料和配比是容器育苗的关键。栽培基质的质量是为苗木成活和生长发育提供养分和水分的基础,也是决定苗木质量的先决条件。自 20 世纪 50 年代以来,轻型基质一直是容器育苗选择的重要原料,泥炭和蛭石被认为是容器育苗的理想基质,具有质轻、保水、透水和较强的阳离子交换能力等优点^[4-5]。近年来,园林绿化废弃物、活性污泥、矿化垃圾、餐厨垃圾等新型有机肥料作为栽培基质^[6-10],广泛用于容器育苗的基质原料,可以替代泥炭和蛭石等稀缺性自然资源,具有较好的经济效益。尤其是由树枝落叶堆肥生产的腐殖土,人为加速了腐殖质的生成,可以为植物生长提供必需的 N、P、K 等营养成分,具有清洁、安全、土地利用价值高的特点。

因此,本研究以可移动垂直绿化的容器苗为对象,选择腐殖土、珍珠岩、园土和椰丝为基质原料,通过正交试验设计配比制备容器苗基质,比较不同栽培基质下 3 种地被植物的地上和地下生长差异,分析植物对栽培基质的生长响应,为可移动垂直绿化容器苗的培育和生产提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 材料

参考上海市可移动垂直绿化应用现状^[11],选择多年生草本植物美女樱(*Verbena hybrida*)、矮麦冬(*Ophiopogon japonicus* var. *nana*)和常绿灌木小叶卫矛(*Euonymus japonicus* ‘microphylla’)3 种地被植物做为研究对象,选择种植于 A-100 标准塑料盆中长势一致的 1 年生扦插苗。其中美女樱与小叶卫矛须根系繁密发达,二者单条根直径相近,矮麦冬须根系肉质化,根直径较粗且生长慢于美女樱与小叶卫矛。

椰丝可以使根与栽培基质更容易结合成一体,从而实现植物根系-基质一体化。腐殖土由枯枝落叶经 1.5 a 的自然发酵而成;园土取自上海植物园种植用的黄壤土,可以为植物提供营养;珍珠岩为园艺常用基质,具体理化性质见表 1。

1.2 试验处理

选用椰丝、腐殖土、园土、珍珠岩为基质配方原材料,按照自然风干的体积比进行 4 因素、3 水平正

交试验(表 2),以单位体积为 1 个计量单位。利用正交表 L₉(3⁴)从 81 个试验点挑出有代表性的 9 个配方(表 3),其中各配方中椰丝含量均为 1 份。每个配方重复 8 盆,于 3 月底种植地被植物,放置在上海植物园试验田,进行生长观测。

表 1 配方基质原材料的理化性质

Table 1 Physical and chemical characteristics of raw materials for combined substrate			
指标	腐殖土	园土	珍珠岩
干容重/(kg·m ⁻³)	0.20	1.03	0.11
湿容重/(kg·m ⁻³)	0.72	1.58	0.52
总孔隙度/%	66.40	50.06	93.2
最大持水量/%	92.03	51.00	42.00
水气比	1.01	5.03	/
pH	6.20	8.20	7.40
电导率/(mS·cm ⁻¹)	2.40	7.00	0.07
有机质/(g·kg ⁻¹)	834.60	45.90	/
全氮/(g·kg ⁻¹)	18.50	2.40	/
速效磷/(g·kg ⁻¹)	0.97	0.06	/
速效钾/(g·kg ⁻¹)	7.74	0.15	/

表 2 试验方案的因素水平

Table 2 Factors and levels of orthogonal experiment				
水平	因素			
	A 椰丝/cm	B 腐殖土/份	C 园土/份	D 珍珠岩/份
1	2	3	0	0
2	4	6	2	1.5
3	6	9	4	3

表 3 试验方案的处理配方

Table 3 Treatments for experimental scheme				
水平	因素			
	A 椰丝/cm	B 腐殖土/份	C 园土/份	D 珍珠岩/份
1	2	3	0	0
2	2	6	2	1.5
3	2	9	4	3
4	4	3	2	3
5	4	6	4	0
6	4	9	0	1.5
7	6	3	4	1.5
8	6	6	0	3
9	6	9	2	0

1.3 测定方法

采用常规观测方法测定植物生长 60 d 后的株高、冠幅、分枝数、根长、地上和地下生物量,测定 8 盆栽处理的相应指标。

土壤理化指标测定参考相应的国家标准,容重、总孔隙度、最大持水量采用环刀法;pH、EC 值采用饱和浸提法;有机质采用重铬酸钾氧化法;全氮采用凯式定氮法;速效磷采用钼蓝比色法;速效钾采用乙

酸铵浸提-火焰光度法^[12]。所有处理两两组合分成4组重复。

1.4 数据处理

采用 SPSS17.0 软件对数据进行方差分析,运用 Duncan 法对显著性差异进行多重比较,并采用 Spearman 秩相关系数分析基质理化性状与植株生长的相互关系。

采用隶属函数法对测定的株高、冠幅、分枝数、根长和生物量等指标进行标准化处理,获得 0~1 之间的试验平均值 X_i ,多指标综合评分公式如下^[13]:

综合评价指数 = $(X_1 X_2 X_3 \cdots X_i)^{1/K} \times 100\%$
式中: X_i 为第 i 项指标的试验平均值; K 为指标数量。

2 结果与分析

2.1 不同栽培基质的理化性质

不同基质组合的理化性状见表 4,处理间理化性状差异显著($P<0.05$)。9 个处理中,容重范围为 0.16~0.46 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$,以 T7 最小,其次为 T5 和 T3。总孔隙度范围为 64.35%~87.81%,以 T3 最大,其

次为 T7 和 T2。最大持水量范围为 65.45%~82.26%,以 T7 最大,其次为 T5 和 T3。水气比范围为 1.19~2.86,以 T3 最小,其次为 T7 和 T2。pH 范围 6.12~6.98,均在 7 以下,以 T5 最小,其次为 T7 和 T9。电导率范围为 1.73~2.85 $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$,以 T9 最大,其次为 T1 和 T5。有机质含量范围 268.73~852.05 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$,以 T5 最大,其次为 T4 和 T7。全氮含量范围 7.04~16.97 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$,以 T5 最高,其次为 T3 和 T7。速效磷含量范围 158.21~528.77 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$,以 T5 最高,其次为 T3 和 T7。

2.2 不同栽培基质对植株生长的影响

生长 2 个月后,美女樱新枝数、小叶卫矛株高生长量、矮麦冬冠幅生长量以及三者的根系生长量因栽培基质不同而存在显著差异(表 5, $P<0.05$)。对于植株地上部分,T3 对美女樱新枝数和小叶卫矛的株高生长影响最大,分别为 4.75 个和 5.75 cm;T6 对矮麦冬的冠幅生长影响最明显,达 6.75 cm。对于植株根系生长,美女樱、小叶卫矛和矮麦冬根长生长分别受到 T4、T5 和 T9 的影响最大,其次分别为 T7、T9 和 T2。

表 4 不同栽培基质的理化性质

Table 4 Physicaland chemical characteristics of substrates with different proportions

处理	容重 /($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	总孔隙度 /%	最大持水量 /%	水气比	pH	电导率 /($\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$)	有机质 /($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	全氮 /($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	速效磷 /($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)
T1	0.49a	64.35d	65.45d	2.86a	6.98a	2.64ab	268.73e	7.35c	158.21e
T2	0.27c	82.31ab	78.01b	1.34d	6.91a	2.37b	418.56d	9.39b	390.37c
T3	0.22cd	87.81a	82.26ab	1.19d	6.95a	1.98c	745.79b	14.79a	483.46ab
T4	0.37b	80.79ab	71.52c	1.46cd	6.93a	1.96c	840.45a	6.77c	285.15d
T5	0.20cd	79.84b	83.43ab	1.60cd	6.12b	2.36b	852.05a	16.97a	528.77a
T6	0.39b	71.97c	70.86c	1.76c	6.32b	1.85cd	408.11d	8.36c	357.74c
T7	0.16d	85.91a	86.05a	1.31d	6.19b	1.73d	814.58a	14.17a	435.58b
T8	0.46a	80.38ab	71.24c	2.05b	6.97a	1.97c	287.63e	7.04c	251.17d
T9	0.38b	65.54d	69.20cd	2.07b	6.26b	2.85a	533.04c	11.51b	459.63b

注:不同字母表示差异显著($P<0.05$),下同。

表 5 不同栽培基质对 3 种地被植物植株生长的影响

Table 5 Effects of different substrates on plant growth of 3 undercover plants

处理	美女樱		小叶卫矛		矮麦冬	
	新枝数/个	根长/cm	株高/cm	根长/cm	冠幅/cm	根长/cm
T1	3.50ab	22.35abcd	4.18bcd	6.00d	5.25bc	11.43c
T2	3.00b	21.55bcd	4.50bc	6.90cd	5.75b	14.23ab
T3	4.75a	19.35cd	5.75a	9.33abc	5.00bc	11.53c
T4	3.50ab	27.30a	3.50cd	7.58cd	5.13bc	12.45bc
T5	3.25ab	22.68abcd	4.25bcd	11.28a	5.38bc	11.98bc
T6	2.50b	23.40abc	3.25de	7.95bcd	6.75a	13.13abc
T7	2.50b	25.65ab	5.00ab	8.13bcd	4.45cd	11.98bc
T8	2.00b	24.23abc	3.25de	8.68bc	4.63cd	13.30abc
T9	2.75b	17.70d	2.38e	10.33ab	3.88d	14.83a

2.3 不同栽培基质对植株生物量的影响

生长 2 个月后,美女樱、小叶卫矛和矮麦冬的地上、地下干生物量受到栽培基质影响差异显著(表

6, $P<0.05$),各基质对植物生物量积累影响不一。美女樱、小叶卫矛和矮麦冬三者地上部分生物量积累最高的分别是 T5、T1 和 T3 处理,地下部分生物

量积累最高的分别是 T4、T5 和 T9 处理。对三者的冠根比影响最大的栽培基质分别为 T5、T6 和 T6,其比值分别为 2.02、4.75 和 0.70。

2.4 基质理化性质与植物生长的关系

不同栽培基质理化性质与植物生长指标间的相关关系结果见表 7。容重、总孔隙度、最大持水量和

水气比与小叶卫矛的株高生长量显著相关,其中容重和水汽比与之呈显著负相关关系,总孔隙度和最大持水量与之呈显著正相关关系。电导率与美女樱的根长呈显著极负相关关系,而与矮麦冬的地下生物量呈显著正相关关系。速效磷与小叶卫矛的根长呈显著正相关关系。

表 6 不同栽培基质对 3 种地被植物干生物量的影响

Table 6 Effect of different substrates on plant biomass of 3 undercover plants

处理	美女樱			小叶卫矛			矮麦冬		
	地上部/g	地下部/g	冠根比	地上部/g	地下部/g	冠根比	地上部/g	地下部/g	冠根比
T1	6.19bcd	3.91ab	1.58	14.66a	3.38b	4.34	3.49bcd	7.67b	0.46
T2	5.43de	3.55b	1.53	11.60c	3.03b	3.83	4.00ab	6.53bc	0.61
T3	6.45bc	3.43b	1.88	11.79c	2.94b	4.01	4.11a	8.75a	0.47
T4	7.00b	4.46a	1.57	12.22bc	3.13b	3.90	3.32cd	6.53bc	0.51
T5	8.09a	4.01ab	2.02	13.42b	4.61a	2.91	3.07d	6.34c	0.48
T6	4.57ef	3.74b	1.22	13.26b	2.79b	4.75	3.69abc	5.26d	0.70
T7	4.24f	2.75c	1.54	8.48d	2.72b	3.12	3.05d	5.46d	0.56
T8	5.60cd	3.47b	1.61	11.00c	4.43a	2.48	3.61abcd	5.41d	0.67
T9	7.02b	4.05ab	1.73	8.25d	2.95b	2.80	3.95ab	9.35a	0.42

表 7 栽培基质理化性质与植物生长指标的相关关系

Table 7 Relationship between substrate characteristics and plant growth index

物种	指标	容重	总孔隙度	最大持水量	水气比	pH	电导率	有机质	全氮	速效磷
美女樱	新枝数	−0.15	0.13	0.05	−0.24	0.28	0.35	0.29	0.16	0.18
	根长	−0.07	0.18	0.27	−0.13	−0.03	−0.80**	0.22	−0.47	−0.42
	地上生物量	−0.03	−0.28	−0.10	0.23	−0.10	0.57	0.43	0.20	0.38
	地下生物量	0.30	−0.62	−0.47	0.52	−0.10	0.42	0.20	−0.30	−0.08
小叶卫矛	株高	−0.70*	0.74*	0.75*	−0.80*	−0.05	−0.18	0.36	0.54	0.38
	根长	−0.42	0.08	0.35	−0.10	−0.53	0.07	0.50	0.65	0.77*
	地上生物量	0.23	−0.35	−0.17	0.20	0.23	0.05	−0.07	−0.10	−0.22
	地下生物量	0.30	−0.37	−0.17	0.45	0.25	0.43	−0.03	−0.22	−0.20
矮麦冬	冠幅	0.12	−0.15	−0.05	−0.02	0.02	−0.05	−0.13	−0.08	−0.13
	根长	0.16	−0.12	−0.23	0.19	−0.24	0.16	−0.12	−0.22	0.01
	地上生物量	0.23	0.12	−0.30	−0.08	0.35	0.42	−0.38	0.05	0.12
	地下生物量	−0.01	−0.06	−0.23	0.04	0.19	0.74*	0.08	0.20	0.25

注：* 表示相关性显著。

2.5 不同栽培基质对植物生长影响评价

在 9 个基质配方中,T5 即第 2 水平椰丝、园土、腐殖土、第 1 水平珍珠岩,对美女樱和小叶卫矛的生长效果最佳。T4 即第 2 水平椰丝和园土、第 1 水平腐殖土、第 2 水平珍珠岩,对美女樱的生长效果也较好。T3 和 T9 即可第 1 水平椰丝和园土、第 3 水平腐殖土和珍珠岩,或者第 1 水平园土和珍珠岩、第 3 水平椰丝和腐殖土对矮麦冬的生长效果最佳(表 8)。

3 结论与讨论

容器育苗的好坏与基质的选择和组合密切相关,优质的基质组合是决定容器苗生长的关键因素之一,但目前并没有提出主要栽培基质的标准化理化性状参数。研究表明,植物理想栽培基质的容重为 0.1~0.8 kg·m^{−3},总孔隙度 70%~90%,透气

性良好,性质稳定,pH 以 6.5 为适宜^[14]。作为容器育苗和应用的重要类型,调查显示上海地区可移动垂直绿化栽培基质主要为草炭、自然土和珍珠岩复混介质与自然土 2 种,前者的容重范围达 0.61~0.68 kg·m^{−3},而后者容重范围则为 0.83~1.15 kg·m^{−3}^[11]。本研究显示,相比于上海当地常用栽培园土黄壤土的理化性质,经过椰丝、黄壤土、腐殖土、珍珠岩 4 种基质不同配比形成的栽培基质组合均显著改善了土壤理化性状,容重、pH 均达到了理想栽培基质的要求,总孔隙度除 T1 和 T9 外也达到了其要求,T5、T3 和 T7 均具有较高含量的有机质、总氮和速效磷含量,营养成分最为丰富(表 4)。可见,本研究配比的栽培基质在理化性质上达到了理想栽培基质的一般要求,明显优于上海地区常用种植土和可移动绿化栽培基质。

表 8 不同栽培基质对植物生长影响的综合评价

Table 8 Comprehensive evaluation on the effects of different substrates on plant growth

处理	美女樱/%	小叶卫矛/%	矮麦冬/%
T1	81.4	73.1	81.2
T2	77.7	71.1	82.3
T3	84.4	82.4	91.1
T4	94.2	70.4	77.0
T5	96.1	92.9	76.7
T6	72.8	70.2	77.6
T7	64.7	66.9	70.5
T8	74.6	77.9	73.7
T9	82.2	66.5	91.8

评价栽培基质的适宜性不仅要考虑基质本身的物料属性^[15],同时要考虑实际应用时的生产效果^[16]。在 9 种基质栽培下,美女樱、小叶卫矛和矮麦冬均生长良好,但不同处理下长势存在显著差异,总体表现为 T5 处理下 3 种地被植物的地上、地下生物量积累均显著较高,但对根系生长和枝冠生长的影响规律不明显。株高、根长、生物量等各指标只能从某个方面反应植物生长情况,用综合值更能体现其生长效应^[3]。本研究认为,T5 和 T3 具有适宜的容重、总孔隙度、最大持水量和水气比,有机质、总氮和速效磷含量丰富,综合评价结果表明 T5(4 cm 椰丝 1 份、腐殖土 6 份、园土 4 份)对美女樱和小叶卫矛栽培效果最好,而 T9(2 cm 椰丝 1 份、腐殖土 9 份、园土 4 份和珍珠岩 3 份)和 T3(6 cm 椰丝 1 份、腐殖土 9 份、园土 2 份)对矮麦冬的栽培效果最好,在实际生产应用中可以选择。

参考文献:

[1] 胡永红,叶子易,秦俊. 模块化绿化在竖向空间的设计与应用——以上海世博会主题馆植物墙为例[J]. 中国园林, 2012, 28(7):111-114.
HU Y H, YE Z Y, QIN J. Design and application of modular greening in vertical space—a case study of the plant wall at the theme pavilion of Shanghai Expo[J]. Chinese Landscape Architecture, 2012, 28(7):111-114. (in Chinese)

[2] 张萌,秦俊,刘庆华,等. 可移动式垂直绿化栽培介质研究[J]. 江西农业学报, 2009, 21(1):35-39.
ZHANG M, QIN J, LIU Q H, *et al.* Study on growing media for living wall[J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2009, 21(1):35-39. (in Chinese)

[3] 刘伟,陈正金,李因刚,等. 3 个阔叶树种容器育苗轻型基质配方探讨[J]. 浙江林学院学报, 2010, 27(5):803-808.

[4] 田吉林,汪寅虎. 设施无土栽培基质的研究现状、存在问题与展望[J]. 上海农业学报, 2000, 16(4):87-92.

[5] 林韧安,陈秋夏,郑坚,等. 不同基质配方对枫香容器苗质量的影响[J]. 西南林业大学学报, 2012, 32(1):11-16.
LIN R A, CHEN Q X, ZHEG J, *et al.* Influence of substrate

composition on the quality of *Liquidambar formosana* container seedlings[J]. Journal of Southwest Forestry University, 2012, 32(1):11-16. (in Chinese)

[6] 赵广琦,沈烈英,王智勇,等. 城市污泥堆肥对 12 种花灌木生长的影响[J]. 西北林学院学报, 2011, 26(5):87-90.
ZHAO G Q, SHEN L Y, WANG Z Y, *et al.* Effects of sewage sludge compost on the growth of 12 flowering shrubs[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2011, 26(5):87-90. (in Chinese)

[7] 张琪. 污泥和矿化垃圾对土壤性状及黑麦草生长的影响[J]. 西北林学院学报, 2011, 26(5):111-115.
ZHANG Q. Effects of applying sewage sludge and aged refuse on soil properties and growth of *Lolium perenne*[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2011, 26(5):111-115. (in Chinese)

[8] 梁晶,方海兰. 城市有机废弃物对城市绿地土壤生态功能的维护作用[J]. 浙江林学院学报, 2010, 27(2):292-298.

[9] 罗珈柠,郑思俊,王妍婷,等. 原料对餐厨垃圾堆肥产品的影响及其绿地应用适宜性分析[J]. 环境工程学报, 2014, 8(11):4977-4983.
LUO J N, ZHENG S J, WANG Y T, *et al.* Effect of feedstock on food waste composts and their suitability for greenspace application[J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2014, 8(11):4977-4983. (in Chinese)

[10] 王晓东,聂剑文,商侃侃. 污泥施用对 4 种绿化植物叶片性状和光合作用的影响[J]. 中国农学通报. 2013, 29(13):44-50.

[11] 朱苗青,秦俊,胡永红. 上海市可移动式垂直绿化现状调查[C]//张启翔. 中国观赏园艺研究进展(2010). 北京:中国林业出版社, 2010:572-576.

[12] 国家林业局. 森林土壤分析方法[M]. 北京:中国标准出版社, 1999:1-108.

[13] 王宁,王建新,宋崎,等. 正交设计多指标综合评分法优化救心速释片处方[J]. 中成药, 2003, 25(3):179-182.
WANG N, WANH J X, SONG Q, *et al.* Optimization of formulation of Jiuxin immediate-release tablet by orthogonal design[J]. Chinese Traditional Patent Medicine, 2003, 25(3):179-182. (in Chinese)

[14] 薛克娜,赵鸿杰,张学平,等. 不同基质对杜鹃红山茶容器苗生长的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2011, 31(1):27-31.
XUE K N, ZHAO H J, ZHANG X P, *et al.* Influences of different cultivation media on container-seedlings of *Camellia azalea*[J]. Journal of Central South University of Forestry and Technology, 2011, 31(1):27-31. (in Chinese)

[15] 吴继红. 几种固形栽培基质物料的理化性状比较[J]. 吉林农业科学, 2006, 31(4):17-20.
WU J H. Comparing of physical and chemical characteristics of solid organic medium[J]. Journal of Jilin Agricultural Science, 2006, 31(4):17-20. (in Chinese)

[16] 黄军华. 不同基质对金森女贞容器苗生长的影响[J]. 西北林学院学报, 2012, 27(4):149-152.
HUANG J H. Effects of different media on the growth of container seedlings of *Ligustrum japonicum* ‘Howardii’[J]. Journal of the Northwest Forestry University, 2012, 27(4):149-152. (in Chinese)