

doi:10.3969/j.issn.1001-3776.2017.04.013

3个树种容器大苗培育基质和施肥技术的初步研究

王金凤¹, 汪均平², 程雪梅², 刘济祥², 林富平², 岑明伟², 陈卓梅¹

(1. 浙江省林业科学研究院, 浙江 杭州 310023; 2. 浙江滕头园林股份有限公司, 浙江 宁波 315100)

摘要: 2014年5月至2015年12月, 以2年生木犀 *Osmanthus fragrans*, 3年生银杏 *Ginkgo biloba* 及乐昌含笑 *Michelia chapensis* 为研究对象, 通过4种不同基质配比及4种不同施肥处理开展容器大苗培育技术研究。结果表明, 黄心土: 泥炭: 珍珠岩=2:2:1处理显著促进了3个树种容器大苗的生长, 因此, 从成本及适宜性考虑, 为3个树种容器大苗培育的适宜育苗基质。不同施肥试验的结果表明, 施用复合肥(N:P:K=15:15:15, 总养分含量 \geq 45%) 3.5 kg·m⁻³的处理及施用长效缓释肥(N:P:K=18:6:12, 总养分含量 \geq 36%) 1.5 kg·m⁻³的处理均有利于木犀及银杏的生长, 但鉴于缓释肥具有施用量少、环境污染小等优点, 1.5 kg·m⁻³缓释肥的处理为木犀及银杏容器大苗培育适宜的施肥方式。而3种不同缓释肥处理的乐昌含笑容器苗长势均显著高于复合肥处理, 其中以3.5 kg·m⁻³处理的苗木表现最优, 随着缓释肥施肥量的增大, 各生长指标随之增加。

关键词: 木犀; 银杏; 乐昌含笑; 容器大苗; 基质配比; 缓释肥

中图分类号: S723.1¹⁺³³; S723.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3776(2017)04-0071-06

Preliminary Study on Different Substrates and Fertilizers for Cultivation of Three Tree Species Sapling

WANG Jin-feng¹, WANG Jun-ping², CHENG Xue-mei², LIU Ji-xiang², LIN Fu-ping², CEN Ming-wei², CHEN Zhuo-mei¹

(1. Zhejiang Academy of Forestry, Hangzhou 310023, China; 2. Zhejiang Tengtou Landscape Co., Ltd, Ningbo 315100, China)

Abstract: Experiments were conducted from May 2014 to December 2015 on different substrates and different fertilizer to cultivate 2-year *Osmanthus fragrans*, 3-year *Ginkgo biloba* and *Michelia chapensis*. The results showed that substrate of sub-top soil: peat: perlite = 2:2:1 could significantly promote the growth of tested species and was recommended for sapling cultivation with lower cost and better adaptivity. Different fertilization experiments showed that saplings of *O. fragrans* and *G. biloba* grew better with both 1.5 kg·m⁻³ of slow-release fertilizer (SRF) and 3.5 kg·m⁻³ of compound fertilizer (CF), with advantages of less quantity for fertilization but little environment pollution. The growth of *M. chapensis* was better with each quantity of SRF than that with CF, and it had the best growth with 3.5 kg·m⁻³ of SRF, showing positive relation with quantity of SRF.

Key words: *Osmanthus fragrans*; *Ginkgo biloba*; *Michelia chapensis*; container sapling; substrate composition; slow-release fertilizer

目前, 城市绿化正在向高品质和精细化方向发展, 对高质量的园林苗木需求量越来越大。然而, 大部分园林工程在树木生长季节施工, 错过绿化的最佳时间, 此时进行树木移植容易导致苗木脱水死亡, 导致浪费现象严重, 这与我国建设节约型园林绿化的方针相悖^[1]。作为先进的林木育苗方式的容器苗, 其苗木生长一致, 随

收稿日期: 2017-02-15; 修回日期: 2017-06-09

基金项目: 浙江省科技计划项目“特色景观树种容器大苗培育关键技术与示范”(2013F50011)

作者简介: 王金凤, 副研究员, 从事森林培育研究工作; E-mail: shutongnn@163.com。通信作者: 陈卓梅, 研究员, 从事森林培育及遗传育种研究工作; E-mail: zhuomeichen@163.com。

时移植且不伤根系,很好地解决了生长季节绿化难的问题^[2],在园林工程中日益受到重视。特别是容器大苗,除具有容器小苗的优点外,更兼有绿化见效快、绿化效率高、节省人工等优势,有着广阔的应用前景。目前1年生容器小苗的培育技术较为成熟^[2-8],在生产上已得到广泛应用。对2年生及2年生以上容器大苗,由于其根系大、树体高,对水肥的需求特性及基质配比不同于容器小苗,育苗过程周期较长,环境对苗木的胁迫作用大,还有许多技术问题有待解决。我国关于容器大苗培育技术的研究尚处于起步阶段,且基本集中在北方树种^[9-13],极少见关于浙江省优良树种容器大苗培育技术的研究报道。因此,本研究选取2年生木犀 *Osmanthus fragrans*, 3年生银杏 *Ginkgo biloba* 及乐昌含笑 *Michelia chapensis* 3个浙江省常用树种为研究对象,从基质配比及缓释肥(Slow-Release Fertilizer, SRF)施用2个方面对其进行大规格容器苗培育研究,为其产业化生产提供科学依据和技术支撑,促进生产和推广应用。

1 材料与方 法

1.1 试验区概况

试验地位于浙江省奉化市浙江滕头园林股份有限公司苗圃内,121°22'52" E, 29°42'16" N,属亚热带季风性气候,年平均温度16.3℃,年平均降水量1350~1600 mm,无霜期232 d,年日照时数1850 h,四季分明,温暖湿润。

1.2 试验材料

试验所用木犀为2年生籽播容器苗,平均苗高及地径分别为60.22 cm, 5.53 mm;银杏及乐昌含笑为3年生籽播裸根苗,银杏的平均苗高及地径分别为207.47 cm, 15.61 mm,乐昌含笑的平均苗高及地径分别为152.18 cm, 30.54 mm。各树种根系健康,上盆前适当修根,上盆时间为2014年5月。育苗基质主要有加拿大发发得(Fafard)泥炭、蛭石、珍珠岩、黄心土和沤制谷壳。试验肥料为美国产爱贝施(APEX)乔灌草长效缓释肥(SRF)(N:P:K=18:6:12,总养分含量≥36%)及常规复合肥(CF)(N:P:K=15:15:15,总养分含量≥45%)。育苗容器统一选用直径60 cm,高46 cm的聚乙烯控根快速育苗容器。

1.3 试验设计与栽培管理

本研究包括基质配比和施肥处理2个试验内容(表1),均采用完全随机区组设计,3次重复,每个重复10株。其中,施肥试验所用基质为A3处理(黄心土:泥炭:珍珠岩=2:2:1),各处理单次施肥量见表1。试验时间为2014年5月至2015年12月。由于所用SRF的肥效为6~7个月,故2014年5月首次施用之后,2015年2月参照单次施肥量再次施入缓释肥。复合肥每3个月施用1次,每次施用量与SRF3等量(即3.5 kg·m⁻³)。所有育苗容器均置于地膜上以利空气切根。木犀及银杏冠幅较小,按1 m×1 m地面摆放,乐昌含笑冠幅较大,按2 m×2 m地面摆放,呈直线排列,采用滴灌设施进行统一灌溉,排除不同水分需求带来的影响,其余常规管理。

表1 基质配比及施肥处理试验内容
Table 1 Treatment of different substrates and fertilizations

处理	基质配比(体积比)	处理	施肥	
			肥料种类	施肥量/(kg·m ⁻³)
A1	泥炭:蛭石=2:1	SRF1	缓释肥	1.5
A2	黄心土:泥炭:蛭石=2:2:1	SRF2	缓释肥	2.5
A3	黄心土:泥炭:珍珠岩=2:2:1	SRF3	缓释肥	3.5
A4	黄心土:泥炭:谷壳=2:2:1	CF	复合肥	3.5

1.4 数据调查与样品测定

1.4.1 形态指标测定 各树种于生长期结束后测定每株苗木的形态指标,包括苗高、地径、冠幅,并计算高径比。由于银杏是落叶树种,故银杏的形态指标测定时间选在落叶前,即2015年9月。而木犀及乐昌含笑的形态指标测定于2015年12月完成。

1.4.2 生理指标测定 2015 年 9 月对各处理随机选取 3 株苗木, 取其中部健康叶片进行生理指标测定。其中基质处理实验测定叶绿素含量、可溶性糖含量、可溶性蛋白质含量; 施肥处理试验测定叶绿素含量、氮 (N) 及磷 (P) 养分含量。N 及 P 养分含量测定所需叶片先于 105℃ 烘箱杀青 20 min 后再于 60℃ 烘干备用, 其余生理指标的测定均利用新鲜叶片进行。

叶绿素的测定采用乙醇—丙酮混合液浸提法。依照如下公式计算出色素提取液的总浓度:

$$C_T = 8.05 X_{OD663} + 20.29 X_{OD645}$$

式中, C_T 为色素提取液的总浓度, 单位为 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$; X_{OD663} , X_{OD645} 为提取液分别在波长 663 nm 和 645 nm 下的吸光度 (OD) 值。

根据 C_T 值计算叶绿素的总含量:

$$\text{叶绿体色素含量} = (C_T \times V) / (W \times 10^3)$$

式中, 叶绿体色素含量单位为 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, V 为提取液体积, 单位为 mL, W 为称取的叶片鲜质量, 单位为 g。

可溶性糖含量的测定参照蒽酮比色法^[14]。可溶性蛋白质含量的测定参照考马斯亮蓝法^[14]。

N, P 养分浓度测定: 准确称取烘干的叶片 0.1 ~ 0.2 g 倒入消煮管, 利用 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 消煮法对称取的样品进行消煮, 用凯氏定氮法测定其全氮含量; 利用钼锑抗比色法测定全磷含量。

1.5 数据分析

以单株测定值为单元, 用 SPSS 16.0 及 Excel 对各组数据进行分析处理, 并用 LSD 法进行多重比较, 检验的显著性概率临界值为 0.05。

2 研究结果

2.1 不同基质配比对 3 个树种生长的影响

2.1.1 不同基质配比对木犀生长的影响 方差分析表明, 不同基质配比对木犀的苗高、地径影响显著 (表 2)。多重比较分析发现, A3 处理的木犀容器大苗表现出明显的生长优势, 其苗高及地径在所有处理中均最大, 分别为 162.78 cm 和 16.44 mm, 其苗高较 A1, A2, A4 处理分别高出 17.44%, 7.09%, 20.58%, 其地径较 A1, A2, A4 处理分别大 5.41%, 11.11%, 22.72%, 说明 A3 处理显著促进了木犀的生长; 不同处理间的高径比及冠幅没有显著差异, 其高径比为 $A1 < A3 < A4 < A2$, 冠幅仍以 A3 处理为最大 (0.78 m), 最小的为 A2 处理 (0.67 m)。生理指标的测定结果表明, 按叶绿素、可溶性糖、可溶性蛋白含量均为 $A4 < A1 < A2 < A3$, 再次说明 A3 基质处理促进了木犀的生长, 且方差分析结果表明 A3 处理的叶绿素含量及可溶性糖含量显著高于其他处理, 但可溶性蛋白含量在各处理间没有显著差异。

表 2 不同基质配比对 3 个树种生长的影响
Table 2 Effect of different substrates on growth of 3 species of saplings

树种	处理	苗高/cm	地径/mm	高径比	冠幅/m	叶绿素含量 ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	可溶性糖含量 ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	可溶性蛋白含量 ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)
木犀	A1	138.60±27.68ab	15.60±3.72ab	9.04±1.59	0.71±0.12	2.30±0.38a	24.64±1.40ab	1.77±0.23
	A2	152.00±11.83ab	14.80±1.40ab	10.31±0.70	0.67±0.08	2.48±0.16ab	24.98±2.07ab	1.85±0.34
	A3	162.78±26.71b	16.44±1.42b	9.98±2.04	0.78±0.09	2.89±0.25b	26.18±1.79b	1.96±0.60
	A4	135.00±21.60a	13.40±1.84a	10.10±1.13	0.68±0.13	2.24±0.05a	21.33±0.93a	1.31±0.22
银杏	A1	237.22±18.05	24.11±1.36ab	9.85±0.68ab	0.74±0.15	1.84±0.10ab	24.00±4.68	1.61±0.30
	A2	236.67±13.46	24.78±2.49b	9.62±0.91a	0.78±0.17	1.84±0.10ab	26.27±1.55	1.67±0.40
	A3	245.56±13.57	26.33±2.29b	9.39±0.91a	0.72±0.10	1.99±0.04b	30.04±1.64	1.78±0.07
	A4	234.50±16.74	22.30±2.11a	10.55±0.67b	0.66±0.11	1.67±0.17a	23.40±1.68	1.52±0.33
乐昌含笑	A1	256.43±26.10a	50.14±1.86	5.12±0.53a	1.79±0.22b	1.79±0.67	26.31±1.19	0.89±0.14
	A2	263.13±17.51a	48.63±4.47	5.44±0.41a	1.44±0.22a	2.10±0.08	23.44±4.60	0.60±0.18
	A3	314.17±27.10b	51.50±6.32	6.14±0.51b	1.80±0.16b	2.09±0.28	26.24±0.51	0.80±0.18
	A4	254.29±27.15a	46.86±2.34	5.42±0.35a	1.31±0.10a	2.71±0.38	24.38±4.09	0.68±0.17

注: 同一列不同字母表示不同处理间达 0.05 差异显著水平, 下同。

2.1.2 不同基质配比对银杏生长的影响 方差分析表明,不同基质配比对银杏的地径、高径比影响显著(表2)。多重比较分析发现,A3处理的银杏容器大苗表现出明显的生长优势。其地径在所有处理中最大(26.33 mm),分别比A4及A1处理的地径大了18.09%,9.22%,但与A2处理间没有显著差异。A3处理的高径比在所有处理中最小,显著小于A4及A1处理,但与A2处理间没有显著差异。不同处理间的苗高及冠幅没有显著差异,但苗高仍以A3处理为最大(245.56 cm),最小的为A4处理(234.50 cm)。叶绿素含量、可溶性糖含量、可溶性蛋白含量的测定结果同样表明A3基质处理显著促进了银杏的生长。按叶绿素、可溶性糖、可溶性蛋白含量均为A4<A1<A2<A3,且方差分析结果表明A3处理的叶绿素含量显著高于其他处理,但可溶性糖含量、可溶性蛋白含量在各处理间没有显著差异。

2.1.3 不同基质配比对乐昌含笑生长的影响 方差分析表明,不同基质配比对乐昌含笑的苗高、高径比、冠幅影响显著,但对地径的影响不显著(表2)。多重比较分析发现,A3处理的乐昌含笑容器大苗表现出明显的生长优势,其苗高最大,为314.17 cm,较A1,A2,A4处理分别高出22.52%,19.40%,23.55%;冠幅也为最大,为1.80 m,显著大于A2及A4处理。A3处理的高径比也显著高于其他处理,为6.14。尽管不同基质处理间乐昌含笑的地径没有显著差异,但仍以A3处理为最大(51.5 mm)。生理指标的测定结果表明,叶绿素含量、可溶性糖含量、可溶性蛋白含量3个生理指标在不同基质处理间均未表现出显著差异,其中按叶绿素含量为A4>A2>A3>A1,可溶性糖及可溶性蛋白含量在不同处理间表现出一致性,其含量均为A1>A3>A4>A2。

2.2 不同缓释肥处理对3个树种生长的影响

2.2.1 不同缓释肥处理对木犀生长的影响 不同施肥试验的方差分析结果表明,施肥处理对木犀容器大苗的苗高、地径及冠幅影响显著(表3)。多重比较发现,CF及SRF1处理的苗高、地径及冠幅均显著高于其他2个处理,苗高为SRF3<SRF2<SRF1<CF,地径为SRF3<SRF2<CF<SRF1,冠幅为SRF2<SRF3<SRF1<CF,由此可以看出,无论苗高还是地径的试验结果均表明,随着缓释肥施肥量的增加,苗高、地径降低。而高径比在各处理中无显著差异。生理指标方差分析结果表明,CF及SRF1处理的木犀叶绿素含量显著高于SRF2及SRF3处理,其中以SRF1处理的叶绿素含量最高(2.58 mg·g⁻¹),SRF3处理最低(2.02 mg·g⁻¹)。然而不同施肥处理的木犀叶片N和P浓度却没有显著差异。

表3 不同施肥处理对3个树种生长的影响
Table 3 Effect of different fertilizers on growth of saplings of tested species

树种	处理	苗高/cm	地径/mm	高径比	冠幅/m	叶绿素总含量 /(mg·g ⁻¹)	N含量 /(mg·g ⁻¹)	P含量 /(mg·g ⁻¹)
木犀	SRF1	169.00±10.22b	19.40±2.72c	8.86±1.31	0.72±0.10ab	2.58±0.13b	22.39±3.78	1.42±0.21
	SRF2	148.00±16.70a	16.60±2.07ab	8.99±1.07	0.67±0.08a	2.05±0.28a	20.73±5.81	1.51±0.19
	SRF3	139.00±24.70a	15.50±2.88a	9.06±1.29	0.69±0.08a	2.02±0.13a	20.56±1.33	1.39±0.24
	CF	172.78±11.49b	18.56±1.81bc	9.41±1.24	0.79±0.10b	2.39±0.25ab	20.67±1.68	1.56±0.17
银杏	SRF1	255.71±15.12	28.14±1.68c	9.11±0.67	0.74±0.17	2.07±0.08b	25.39±5.65	2.41±0.37
	SRF2	237.86±16.29	24.57±3.60ab	9.80±1.11	0.70±0.08	1.80±0.10a	28.17±5.53	2.11±0.48
	SRF3	235.00±16.07	22.86±1.77a	10.29±0.38	0.76±0.09	1.70±0.15a	21.13±0.94	2.18±0.53
	CF	238.89±15.77	26.11±2.52bc	9.23±1.18	0.72±0.08	2.21±0.02b	25.44±1.56	2.92±0.38
乐昌含笑	SRF1	320.00±21.88bc	57.38±2.13ab	5.58±0.35	1.82±0.17ab	2.01±0.18ab	13.86±0.95ab	1.20±0.18b
	SRF2	298.89±21.91ab	60.33±5.83b	4.99±0.52	1.96±0.21b	2.14±0.09ab	13.51±1.65ab	1.07±0.11ab
	SRF3	327.50±25.05c	61.50±2.07b	5.33±0.40	2.07±0.20b	2.38±0.11b	16.77±1.35b	1.17±0.06b
	CF	283.33±19.69a	53.44±4.64a	5.34±0.58	1.68±0.22a	1.76±0.35a	11.57±2.93a	0.88±0.05a

2.2.2 不同缓释肥处理对银杏生长的影响 不同施肥试验的方差分析结果表明,施肥处理对银杏容器大苗的地径影响显著,但对其苗高、高径比及冠幅没有显著影响(表3)。多重比较发现,SRF1及CF处理的地径显著高于其他2个处理,地径生长SRF3<SRF2<CF<SRF1,可以看出,随着缓释肥施肥量的增加,地径生长反而

随之降低。尽管苗高在各处理间无显著差异,但仍支持这一结论,苗高生长同样为 $SRF3 < SRF2 < CF < SRF1$ 。生理指标方差分析结果表明,SRF1 处理及 CF 处理的银杏叶绿素含量显著高于 SRF2 及 SRF3 处理,其中以 CF 处理的叶绿素含量最高 ($2.21 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$),SRF3 处理最低 ($1.70 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$)。然而不同施肥处理的银杏叶片 N 和 P 浓度却没有显著差异。

2.2.3 不同缓释肥处理对乐昌含笑生长的影响 不同施肥试验的方差分析结果表明,施肥处理对乐昌含笑容器大苗的苗高、地径及冠幅均有显著影响(表3)。多重比较发现,所有缓释肥处理(SRF1, SRF2, SRF3)的乐昌含笑苗高、地径及冠幅均高于 CF。其中 SRF3 处理无论苗高、地径还是冠幅在所有处理中均最高,分别为 327.50 cm , 61.50 mm , 2.07 m ,比 CF 分别高了 15.59% , 15.08% , 23.21% ,并表现出随着缓释肥施肥量的增大,各生长指标随之增加的趋势。而高径比在各处理中无显著差异。生理指标方差分析结果表明,缓释肥处理的乐昌含笑叶绿素含量显著高于 CF,其中 SRF3 处理的乐昌含笑叶绿素含量可达 $2.38 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$,比 CF 高 35.23% 。且随着施肥量的增加,叶绿素含量随之提高,其叶绿素含量为 $SRF3 > SRF2 > SRF1 > CF$ 。乐昌含笑的 N, P 含量也表现出同叶绿素含量一样的趋势,即缓释肥处理显著高于复合肥处理。其中 N 含量以 SRF3 处理最高($16.77 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$); P 含量以 SRF1 处理最高 ($1.20 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$), SRF3 处理 ($1.17 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$) 仅次之,方差分析表明,SRF1 及 SRF3 处理间没有显著差异。

3 结论与讨论

通过4种不同基质配比对木犀、银杏、乐昌含笑容器大苗的实验,结果表明,A3处理(黄心土:泥炭:珍珠岩=2:2:1)均显著促进了3个树种容器大苗的生长,其生长指标及生理指标的测定结果均支持这一结论。从基质组成来看,A1基质(泥炭:蛭石=2:1)完全由营养土构成,这也是美国容器育苗中常用的基质配比^[15],其泥炭含量在所有基质配比中最高,但本研究结果表明该基质配比并没有对供试的木犀、银杏、乐昌含笑3个树种容器大苗的生长起到明显的促进作用。而在容器小苗培育过程中,以泥炭为主的基质其容器苗出圃质量较高^[16-17]。由此可见,容器大苗不同于容器小苗,在进行基质配比时不能盲目照搬他人经验,要因树种因苗龄而宜。A2及A4处理与A3处理基质构成比例相同,然而均含有40%黄心土和40%泥炭,不同之处在于A2及A4处理分别添加了20%的蛭石及20%的谷壳,而A3基质添加了20%的珍珠岩,说明适当比例珍珠岩有利于木犀、银杏、乐昌含笑容器大苗的生长。

本研究通过对木犀、银杏、乐昌含笑容器大苗的施肥试验结果表明,施用复合肥的CF($N:P:K=15:15:15$, $3.5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$)及SRF1 ($1.5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$)处理均显著促进了木犀及银杏容器大苗的生长,且随着缓释肥施肥量的增加,其苗高、地径及叶绿素含量均呈下降趋势,说明肥料施用量的增多并不会明显地促进木犀及银杏容器苗的生长,反而会在一定程度上抑制其发育。这与吴家胜等^[18-20]对银杏施肥研究的结论一致。SRF是林木容器育苗中广泛使用的一种简便高效的新型肥料,其主要优点是养分释放与植物吸收同步,可简化施肥技术,提高养分利用率^[21]。使用缓释肥不仅可以改善育苗基质的养分含量,而且减少育苗过程中因多次追肥的用工及随之产生的环境污染。因此,本研究中,鉴于缓释肥SRF1处理施用量少(单次施用浓度仅为CF处理的1/2不到)、施用次数少、提高劳动效率、环境污染小等优点,生产上提倡使用SRF1处理为木犀及银杏容器大苗培育的适宜施肥方式。对乐昌含笑容器大苗的施肥试验结果表明,所有缓释肥处理的乐昌含笑容器苗长势显著高于施用复合肥的处理,其中SRF3施肥处理无论苗高、地径还是冠幅在所有处理中均最高,并表现出随着缓释肥施肥量的增大,各生长指标增加的趋势。叶片叶绿素含量、N及P含量也同样支持这一结论。说明乐昌含笑对土壤肥力的要求较高,在同一类肥料中对比,施肥量高的容器大苗呈现出绝对生长优势。

此次研究通过对木犀、银杏及乐昌含笑容器大苗的基质对比试验及施肥试验,初步得出3个树种容器大苗适宜的栽培基质均为黄心土:泥炭:珍珠岩=2:2:1,然而由于泥炭、珍珠岩的价格较高,后续的研究中可考虑其他可以替代的农林废弃物,如废菌棒、木屑等,就地取材,进一步降低育苗成本,实现木犀苗木生产经济效益最大化。尽管本研究的3个树种均为阔叶树,但施用 $1.5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ 的SRF即可满足木犀及银杏的生长需求,而对

肥力要求较高的乐昌含笑,则需施用 $3.5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 的 SRF,说明在容器苗生产过程中,要根据树种的生长特性适量施肥,否则不仅造成资源浪费,而且给环境造成不同程度的污染。

参考文献:

- [1] 孙守家,古润泽,丛日晨,等. 2种移栽方式对银杏根系、枝叶生长与水分状况的影响[J]. 林业科学, 2008, 44(10): 35-41.
- [2] 朱锦茹,江波,袁位高. 阔叶树容器育苗关键技术研究[J]. 江西农业大学学报, 2006, 28(5): 728-733.
- [3] 袁冬明,林磊. 浙江主要生态经济造林树种轻基质育苗的容器筛选[J]. 浙江农林大学学报, 2011, 28(1): 95-102.
- [4] 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.
- [5] 袁冬明,林磊,严春风. 木荷轻基质网袋容器育苗技术研究[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2011, 35(6): 53-58.
- [6] 何彦峰. 武当木兰容器育苗技术研究[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2008, 32(6): 34-38.
- [7] 曾庆良,杨先义,罗永猛,等. 香椿容器育苗基质配方选择研究[J]. 西部林业科学, 2011, 40(4): 80-83.
- [8] 杜坤,杨亚萍. 山茱萸科4个生物质能源树种轻基质容器育苗研究[J]. 西北林学院学报, 2011, 26(5): 105-110.
- [9] 石红旗. 国槐容器大苗重型基质筛选技术试验[J]. 山西科技, 2012, (6): 112-114.
- [10] 杨保成,王永忠,闫志军. 固原地区樟子松容器大苗育苗技术[J]. 现代农村科技, 2012, (17): 52-53.
- [11] 郭振和,杨振林,李铁. 容器培育杨树大苗技术及成本分析[J]. 吉林林业科技, 2011, 40(2): 46-47.
- [12] 王景芬,张明霞,宋玉珊. 刚松容器育苗技术的研究[J]. 河北林业科技, 2009, (5): 13-15.
- [13] 李承水,宋全文,王景芬,等. 火炬松容器苗培育技术研究[J]. 山东林业科技, 2004, (1): 10-12.
- [14] 郝建军,康宗利. 植物生理学实验技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007: 53-141.
- [15] 邓华平,杨桂娟,王正超,等. 容器大苗培育技术研究现状[J]. 世界林业研究, 2011, 24(2): 36-41.
- [16] 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.
- [17] 麻建强,翁春余,李江燕. 江南油杉轻基质容器育苗试验[J]. 浙江林业科技, 2010, 30(4): 90-93.
- [18] 吴家胜,张往祥,曹福亮. 氮磷钾对银杏苗生长和生理特性的影响[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2003, 27(1): 63-66.
- [19] 吴家胜,张往祥,曹福亮. 银杏苗期施氮的研究[J]. 安徽农业大学学报, 2003, 30(2): 173-177.
- [20] 吴家胜,曹福亮,应叶青,等. 银杏苗期施P效应研究[J]. 林业科学研究, 2003, 16(2): 171-176.
- [21] 赵秉强,张福锁,廖宗文,等. 我国新型肥料发展战略研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(5): 536-545.