

李彦强,孙小艳,钟永达,等. 几种常见绿化树种扦插苗生长及固碳能力[J]. 江苏农业科学,2016,44(7):256-258.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.07.072

# 几种常见绿化树种扦插苗生长及固碳能力

李彦强,孙小艳,钟永达,周华,高柱,王碧琴,王小玲,余发新

(江西省科学院生物资源研究所/江西省观赏植物遗传改良重点实验室,江西南昌 330096)

**摘要:**以罗汉松、雪松、樟树、茶花、木樨和悬铃木6种树种的一年生扦插苗为研究对象,研究各树种扦插苗各器官干质量净生物量和总生物量、各器官碳浓度、各器官净碳含量、总碳含量等主要指标。结果表明:阔叶树种总叶面积高于针叶树种,各树种扦插苗生根类型不同;阔叶树种扦插苗的全株叶和全株茎生物量高于针叶树种,而全株根生物量依次为茶花>悬铃木>罗汉松>樟树>木樨>雪松;扦插苗各器官碳浓度在420~540 mg/g之间,各树种的茎碳浓度较大。根据叶、茎、根和全株平均碳浓度可将树种扦插苗分为两大类:一类为罗汉松、雪松和樟树扦插苗;另一类为茶花、木樨和悬铃木扦插苗;扦插苗全株净碳含量大小依次为悬铃木>茶花>樟树>罗汉松>木樨>雪松。各树种扦插苗全株净碳含量占全株碳含量百分比在38%~73%之间,扦插苗根系相对生物量较大树种的全株净碳含量也较高。

**关键词:**绿化树种;扦插苗;固碳能力;生长;碳含量

**中图分类号:** S718.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)07-0256-03

全球气候变暖和CO<sub>2</sub>等温室气体排放是生态环境等学科关注热点问题之一,森林固碳是降低温室气体排放主要策略之一<sup>[1]</sup>。过去学者对于森林固碳的研究多集中于森林土壤碳汇<sup>[2-7]</sup>、现有森林地上部分及不同树种固碳<sup>[8-9]</sup>和现有经营模式下固碳能力研究<sup>[10-15]</sup>等方面。相关无土轻基质珍珠岩扦插苗碳浓度及固碳能力报道较少。本研究比较了6种树种扦插苗固碳能力,为今后生态型树种选择提供参考。

## 1 材料与与方法

选择江西省南昌市常见的6种绿化树种,于2014年1月在实验室内扦插,插条分别采于树种大树上一年生木质化枝。罗汉松(*Podocarpus macrophyllus*)、雪松[*Cedrus deodara* (Roxb.) G. Don]各插穗长约10 cm留一半全叶,樟树[*Cinnamomum camphora* (L.) Presl.]、茶花(*Camellia japonica* L.)、木樨[*Osmanthus fragrans* (Thunb.) Lour]各插穗长约10 cm留2叶,悬铃木(*Platanus linn.*)插穗长约10 cm无叶。速蘸200 mg/L NAA+200 mg/L IBA激素溶液5 s后,插于已消毒珍珠岩泡沫周转箱,插后上方搭小拱棚,成活后去小拱棚。室内扦插及生长环境条件:空调调节昼夜温度分别为(25±1)、(28±1)℃,光照度160 μmol/(m<sup>2</sup>·s),光照时间14 h/d。

各树种插穗处理50株,重复3次,分3类,即针叶树种(罗汉松、雪松)、常绿阔叶树种(樟树、茶花、木樨)、落叶阔叶树种(悬铃木)。1年后各树种各取10株一年生扦插苗,按叶、茎(枝)、根分解后,调查各器官生长指标,测定叶面积和

各器官生物量,并测定各器官碳浓度。

叶面积测定公式:

$$\text{雪松叶面积}(\text{cm}^2) = \text{长}(\text{cm}) \times \text{宽}(\text{cm})。$$

叶面积用游标卡尺测定。其他树种叶面积采用SketchUp测定<sup>[16]</sup>。树种全株叶面积由单叶面积求和。

碳浓度测定:将各器官分解后放置于101℃烘箱烘至恒质量测定生物量,粉碎过筛后,各树种各器官混合样均按四分法取3份样品,采用重铬酸钾加热法测定碳浓度<sup>[17]</sup>。相应公式为:

各器官碳含量(g) = 各器官碳浓度(mg/g) × 各器官生物量(g);

总碳含量(g) = 各器官碳含量总和(g);

净碳含量(g) = 各器官碳浓度(mg/g) × 各器官净生物量(g);  
各器官净生物量(g) = 扦插苗各器官生物量(g) - 插穗各器官生物量(g)。

统计分析用SPSS 19.0软件,用Excel 2003作表。

## 2 结果与分析

### 2.1 各树种扦插苗生长和叶面积

各树种扦插苗不定根生根类型因遗传及生物学特性而不同。生根类型不同影响扦插苗生长。

由表1可知,雪松、樟树和茶花扦插生根属愈伤生根,罗汉松、木樨和悬铃木以愈伤为主,即除大量愈伤生根兼有少量皮部生根。各树种间扦插苗地径、苗高和单叶面积变化规律一致,针叶树种均较小,阔叶树种均较大。雪松的地径和苗高均最小,分别为0.25、8.70 cm;悬铃木地径和苗高均最大,分别为0.65、31.70 cm。各树种间单叶面积变化较大(0.605~118.199 cm<sup>2</sup>),针叶树种单叶面积均小于2 cm<sup>2</sup>,常绿阔叶树种单叶面积均在12 cm<sup>2</sup>左右,其中茶花单叶面积较大,落叶阔叶树种悬铃木单叶面积最大,约118.2 cm<sup>2</sup>。各树种全株叶面积基本与单叶面积和苗高变化规律一致,各树种全株叶面积依次为悬铃木>樟树>茶花>木樨>罗汉松>雪松。

收稿日期:2015-06-11

基金项目:国家自然科学基金(编号:31260188);江西省科学院协同创新项目(编号:2013-XTPH2-07);江西省科学院青年科技创新项目(编号:2012-YQC-04)。

作者简介:李彦强(1979—),男,甘肃天水人,硕士,助理研究员,主要从事森林培育研究。E-mail:njfulyq@163.com。

通信作者:余发新,博士,研究员,主要从事林木遗传改良研究。E-mail:xfyu2000@126.com。

表1 各树种扦插苗不定根生根类型及生长情况

树种	生根类型	地径(cm)	苗高(cm)	单叶面积(cm <sup>2</sup> )	全株叶面积(cm <sup>2</sup> )
罗汉松	愈伤为主	0.38 ± 0.03b	9.1 ± 3.4c	1.971 ± 0.146c	71.613 ± 16.022d
雪松	愈伤生根	0.25 ± 0.01b	8.7 ± 3.0c	0.605 ± 0.118d	36.869 ± 8.090e
樟树	愈伤生根	0.63 ± 0.03a	23.7 ± 12.1b	11.721 ± 0.969b	210.978 ± 10.700b
茶花	愈伤生根	0.61 ± 0.14a	19.7 ± 4.2b	13.122 ± 0.832b	183.708 ± 25.424b
木樨	愈伤为主	0.62 ± 0.12a	23.0 ± 8.5b	12.514 ± 0.787b	137.654 ± 42.354c
悬铃木	愈伤为主	0.65 ± 0.05a	31.7 ± 3.0a	118.199 ± 20.366a	354.597 ± 66.144a

注:同列数据后不同小写字母表示在0.05水平差异显著。下表同。

## 2.2 各树种扦插苗器官生物量

扦插苗生长异于实生苗,扦插苗发育生长过程是一个地上器官经诱导形成不定根发育生长的综合系统过程。

由表2可知,树种间叶与茎器官总生物量变化规律基本一致,依次为落叶阔叶树种(悬铃木) > 常绿阔叶树种(樟树 > 茶花 > 木樨) > 针叶树种(罗汉松 > 雪松)。而根与叶、茎器官总生物量变化规律不同,其大小依次为茶花 > 悬铃木 > 罗汉松 > 樟树 > 木樨 > 雪松。各树种间全株总生物量依次为落叶阔叶树种(悬铃木) > 常绿阔叶树种(茶花 > 樟树 > 木樨) > 针叶树种(罗汉松 > 雪松)。悬铃木与其他树种间的叶、茎和全株总生物量均差异显著( $P < 0.05$ )。雪松与其他树种间根生物量差异显著( $P < 0.05$ )。根系生长与树种根系生物学特性、扦插不定根生根难易程度有关,本试验发现悬铃木和茶花生根均较易,罗汉松扦插苗根系存在大量根瘤菌<sup>[18]</sup>。

## 2.3 各树种扦插苗器官碳含量

树种碳含量与树种生物学特性有关,不同树种次生代谢产物及碳组分存在差异。本试验发现针叶树种扦插苗含树脂等有机物,樟树扦插苗叶、茎、根含芳香类有机物。

由表3可知,各树种扦插苗器官碳含量在420 ~ 540 mg/g之间变化,但各树种间各器官碳含量存在差异。根据叶、茎、

表2 各树种扦插苗各器官生物量

树种	生物量(g)			
	叶	茎	根	全株
罗汉松	0.54 ± 0.12c	0.34 ± 0.10c	0.76 ± 0.12b	1.64 ± 0.33d
雪松	0.31 ± 0.05d	0.26 ± 0.07c	0.09 ± 0.03d	0.66 ± 0.12e
樟树	1.61 ± 0.32b	3.21 ± 0.58b	0.69 ± 0.11c	5.51 ± 1.24b
茶花	1.18 ± 0.56b	3.09 ± 0.73b	1.91 ± 0.37a	6.18 ± 1.78b
木樨	0.63 ± 0.17c	2.40 ± 0.36b	0.53 ± 0.16c	3.56 ± 0.93c
悬铃木	3.58 ± 0.34a	11.70 ± 0.92a	1.79 ± 0.09a	17.07 ± 3.15a

根和全株平均碳含量可将树种扦插苗分为两大类:一类为罗汉松、雪松、樟树扦插苗,碳含量较高;另一类为茶花、木樨、悬铃木扦插苗,碳含量较低。两大类间叶、茎、根和全株平均碳含量指标均差异显著( $P < 0.05$ )。叶碳含量针叶树种与阔叶树种间差异显著( $P < 0.05$ ),针叶树种叶碳含量最高。树种间叶碳含量从大到小依次为雪松 > 罗汉松 > 樟树 > 茶花 > 悬铃木 > 木樨;除樟树茎碳含量最高外,针叶树种茎碳含量较高,且与其他阔叶树种间差异显著( $P < 0.05$ ),树种间茎碳含量从大到小依次为樟树 > 雪松 > 罗汉松 > 茶花 > 悬铃木 > 木樨;除樟树外,针叶树种根和全株平均碳含量均与其他阔叶树种间差异显著( $P < 0.05$ ),针叶树种碳含量最高,从大到小依次为罗汉松 > 雪松 > 樟树 > 茶花 > 悬铃木 > 木樨。

表3 各树种扦插苗各器官碳含量及全株平均碳含量

树种	碳含量(mg/g)			
	叶	茎	根	全株平均
罗汉松	511.2 ± 5.2a	525.3 ± 22.7b	523.8 ± 17.1a	520.1 ± 15.9a
雪松	514.8 ± 26.2a	523.7 ± 22.8b	506.3 ± 31.9b	514.9 ± 24.7ab
樟树	504.5 ± 10.8b	542.4 ± 34.1a	491.3 ± 11.5b	512.7 ± 29.1b
茶花	477.5 ± 17.3c	476.5 ± 22.7c	474.5 ± 25.1c	476.2 ± 28.3c
木樨	436.1 ± 26.9d	445.0 ± 11.2d	423.3 ± 39.8d	434.7 ± 11.1d
悬铃木	463.7 ± 10.5c	471.1 ± 4.5c	440.4 ± 1.8d	458.4 ± 8.2cd

## 2.4 各树种扦插苗器官碳含量

树种扦插苗碳含量由各器官碳含量和生物量2个因素决定。碳含量在有限的变化范围内,各器官生物量决定该树种碳含量大小。

由表4可知,树种间茎、全株碳量从大到小依次为落叶阔叶 > 常绿阔叶 > 针叶树种。树种间全株茎碳量从大到小依次为悬铃木 > 樟树 > 茶花 > 木樨 > 罗汉松 > 雪松,树种间全株碳量从大到小依次为悬铃木 > 茶花 > 樟树 > 木樨 > 罗汉松 > 雪松。树种间全株叶碳量从大到小依次为悬铃木 > 樟树 > 茶花 > 罗汉松 > 木樨 > 雪松,树种间全株根碳量从大到小依次为茶花 > 悬铃木 > 罗汉松 > 樟树 > 木樨 > 雪松。树种间全株叶、全株茎净碳量从大到小依次为落叶阔叶 > 常绿阔叶 > 针

叶树种,其中树种间全株叶净碳量从大到小依次为悬铃木 > 樟树 > 茶花 > 木樨 > 罗汉松 > 雪松,而各树种全株叶净碳含量相对较高,在14% ~ 25%变化,从大到小依次为樟树(24.91%) > 雪松(23.53%) > 罗汉松(21.18%) > 悬铃木(20.85%) > 茶花(16.67%) > 木樨(14.65%),说明各树种全株叶净生物量相对较高,全株叶净碳含量较大,但各树种间全株叶净碳含量存在差异。树种间全株茎净碳含量从大到小依次为悬铃木 > 茶花 > 樟树 > 木樨 > 罗汉松 > 雪松,而各树种全株茎净碳含量在4% ~ 16%变化,从大到小依次为茶花(15.31%) > 悬铃木(13.32%) > 樟树(12.46%) > 木樨(10.19%) > 雪松(8.82%) > 罗汉松(4.71%),说明各树种全株茎净生物量相对较低,全株茎净碳含量较小,但各树种全

株茎净碳含量存在差异,阔叶树种大于针叶树种。树种间全株根净碳含量从大到小依次为茶花 > 悬铃木 > 罗汉松 > 樟树 > 木樨 > 雪松,而各树种全株根净碳含量在 9% ~ 47% 变化,波动较大,从大到小依次为罗汉松 (47.06%) > 茶花 (30.96%) > 雪松 (14.71%) > 木樨 (14.01%) > 樟树 (11.76%) > 悬铃木 (9.92%),说明各树种扦插苗不定根根

系净生物量生长存在较大差异,全株根系净碳含量常绿树种大于落叶树种。树种间全株净碳含量从大到小依次为悬铃木 (3.52 g) > 茶花 (1.85 g) > 樟树 (1.42 g) > 罗汉松 (0.62 g) > 木樨 (0.61 g) > 雪松 (0.15 g)。说明根系生物量相对较高的树种全株净碳含量也较高。

表4 各树种扦插苗全株各器官碳量、净碳量及各器官净碳含量

树种	全株叶碳量 (g)	全株叶净碳量 (g)	全株叶净碳含量 (%)	全株茎碳量 (g)	全株茎净碳量 (g)	全株茎净碳含量 (%)	全株根碳量 (g)	全株根净碳量 (g)	全株根净碳含量 (%)	全株碳量 (g)	全株净碳量 (g)	总净碳含量 (%)
罗汉松	0.28	0.18	21.18	0.18	0.04	4.71	0.40	0.40	47.06	0.85	0.62	73.43
雪松	0.16	0.08	23.53	0.14	0.03	8.82	0.05	0.05	14.71	0.34	0.15	45.33
樟树	0.81	0.72	24.91	1.74	0.36	12.46	0.34	0.34	11.76	2.89	1.42	49.09
茶花	0.56	0.49	16.67	1.47	0.45	15.31	0.91	0.91	30.95	2.94	1.85	62.79
木樨	0.27	0.23	14.65	1.07	0.16	10.19	0.22	0.22	14.01	1.57	0.61	38.92
悬铃木	1.66	1.66	20.85	5.51	1.06	13.32	0.79	0.79	9.92	7.96	3.52	44.09

### 3 结论与讨论

不同绿化树种扦插苗生根类型不同。有的相对生根容易,相对生长量和生物量较高。茶花扦插苗根系生物量较高,罗汉松扦插苗不定根根系存在根瘤菌,根系生物量也相对较高,间接地反映出扦插苗根系生物量相对高于其他器官。

叶片是植物进行光合作用的重要器官,叶面积大小影响植物生长。一般情况下,叶面积越大,光合效能越强,生长量越高。单叶和全株叶面积均为阔叶树种扦插苗大于针叶树种扦插苗,总碳含量和地上部分碳含量均为阔叶树种扦插苗大于针叶树种扦插苗。

各树种扦插苗各器官碳浓度在 420 ~ 540 mg/g 之间变化,按叶、茎、根和全株平均碳浓度变化可分为两大类树种,一类为罗汉松、雪松和樟树扦插苗,碳浓度较高,另一类为茶花、木樨和悬铃木扦插苗,碳浓度较低,可能与树种扦插苗各器官有机内含物组分有关。针叶树种扦插苗含树脂,罗汉松扦插苗根系存在根瘤菌,樟树扦插苗含芳香类有机物等。有机内含物组分与树种间碳浓度的差异关系有待今后深入研究。

扦插苗树种间全株净碳量从大到小依次为悬铃木 (3.52 g) > 茶花 (1.85 g) > 樟树 (1.42 g) > 罗汉松 (0.62 g) > 木樨 (0.61 g) > 雪松 (0.15 g)。说明根系相对生物量较高的树种扦插苗全株净碳量也较大。其中,悬铃木扦插苗净碳量最高,主要由于其叶和茎生物量较大。茶花扦插苗净碳量也较大,根系生物量在各树种中最高。樟树扦插苗净碳量也达 1.42 g,主要由于其叶生物量较大。针叶树种罗汉松扦插苗净碳量高于雪松扦插苗,主要是由于罗汉松扦插苗根系存在大量根瘤菌且根系生物量也相对较大。根瘤菌固氮作用可能促进罗汉松扦插苗根系生长,但是否具有氮碳协同作用有待今后深入研究。

#### 参考文献:

[1] 郭兆迪,胡会峰,李品,等. 1977—2008年中国森林生物量碳汇的时空变化[J]. 中国科学:生命科学,2013,43(5):421-431.  
[2] 徐洪文,卢妍. 土壤碳矿化及活性有机碳影响因子研究进展[J]. 江苏农业科学,2014,42(10):4-7.

[3] 李玮,郑子成,李廷轩,等. 不同植茶年限土壤团聚体及其有机碳分布特征[J]. 生态学报,2014,34(21):6326-6336.  
[4] 秦晓佳,丁贵杰. 不同林龄马尾松人工林土壤有机碳特征及其与养分的关系[J]. 浙江林业科技,2012,32(2):12-17.  
[5] 宋蒙亚,李忠佩,刘明,等. 不同林地凋落物组合对土壤速效养分和微生物群落功能多样性的影响[J]. 生态学杂志,2014,33(9):2454-2461.  
[6] 王欣,姚云峰,秦富仓,等. 敖汉旗林地土壤有机碳垂直分布研究[J]. 北方园艺,2014,38(4):149-152.  
[7] 许凯,徐钰,葛之藏,等. 氮添加对杨树人工林土壤活性有机碳季节变化的影响[J]. 南京林业大学学报:自然科学版,2014,38(3):19-23.  
[8] 蔡会德,张伟,农胜奇,等. 广西主要乔木树种碳含量测定[J]. 林业科技开发,2014,28(5):72-74.  
[9] 董延梅,章银河,郭超,等. 杭州西湖风景名胜区分10种园林树种固碳释氧效益研究[J]. 西北林学院学报,2013,28(4):209-212.  
[10] 董云中,王永亮,张建杰,等. 晋西北黄土高原丘陵区不同土地利用方式下土壤碳氮储量[J]. 应用生态学报,2014,25(4):955-960.  
[11] 黄雪蔓,刘世荣,尤业明. 固氮树种对第二代桉树人工林土壤微生物生物量和结构的影响[J]. 林业科学研究,2014,27(5):612-620.  
[12] 李海玲,王万江,方升佐. 不同杨农复合经营模式对土壤活性碳组分及其分布特征的影响[J]. 金陵科技学院学报,2013,29(2):79-84.  
[13] 刘丽颖,马燕,张绍轩,等. 典型阔混交林白桦生物量和碳储量研究[J]. 林业资源管理,2014,42(3):82-86.  
[14] 樊星,田大伦,樊巍,等. 黄淮海平原主要农林复合树种的含碳率研究[J]. 中南林业科技大学学报,2014,34(6):85-87,93.  
[15] 吴亚丛,李正才,程彩芳,等. 林下植被抚育对樟人工林生态系统碳储量的影响[J]. 植物生态学报,2013,37(2):142-149.  
[16] 李彦强,高柱,孙小艳,等. 基于SketchUp的亚美马褂木树干模拟及材积估算[J]. 林业科技开发,2014,28(5):109-112.  
[17] 倪进治,徐建民,谢正苗. 土壤生物活性有机碳库及其表征指标的研究[J]. 植物营养与肥料学报,2001,7(1):56-63.  
[18] 黄宝灵,吕成群,武波,等. 一株分离自裸子植物罗汉松根瘤的根瘤菌[J]. 中国科学:C辑,2007,37(1):52-57.