

# 无纺布容器规格与基质对云南松苗木生长的影响

欧 亚, 汪 亚 愈, 李 莲 芳, 张 薇, 王 文 俊, 杨 文 君

(西南林业大学 林学院, 云南 昆明 650224)

**摘 要:**以苗龄约 160 d 的云南松苗木为试材, 采用  $L_9(3^4)$  正交设计开展无纺布容器规格、基质和追肥 3 因素 3 水平的苗木培育试验, 于苗龄 190 d 和 250 d 时测定地径和苗高, 分析了试验因素的水平及其组合对苗木生长的影响。结果表明: 苗龄 190 d 和 250 d 时, 苗木的平均地径和苗高分别为 1.19~1.72、1.89~2.32 mm 和 1.36~3.40、3.11~4.09 cm, 2 个苗龄的不同处理组合间地径和苗高均呈现极显著差异 ( $P < 0.01$ )。容器规格、基质配比和根博士浓度对 2 个苗龄阶段的地径、苗高均有极显著影响 ( $P < 0.01$ ), 云南松苗木生长对空间和养分具有动态的变化需求; 6 份森林土与 3 份碳渣和 1 份珍珠岩混合为基质有利于云南松苗木生长。苗高与地径具有  $y = 1.232 2x + 0.801 3$  的一元线性相关。

**关键词:**云南松; 无纺布容器; 基质; 施肥; 苗木

**中图分类号:**S 791.24 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)22-0087-05

云南松 (*Pinus yunnanensis*) 属松科 (Pinaceae) 常绿针叶大乔木, 以云南为分布中心, 延伸至受西南季风影响的贵州西部、四川西南部等省区<sup>[1-5]</sup>。云南松是其分布区的主要乡土造林树种及森林类型, 常形成大面积纯林或混交林; 该树种具有生长迅速、适应性强、耐干旱瘠薄、木材用途广泛等特点, 在分布区的社会、生态和经济发展中具有其它树种不可替代的重要作用<sup>[6-8]</sup>。

基质是供植物根系生长的载体, 并提供水分和营养, 直接影响苗木的生长及其质量<sup>[9-10]</sup>, 不同配比基质具有不同影响。据文献报道, 不同配比的基质对油松 (*P. tabulaeformis*)、桉树 (*Eucalyptus robusta*)、高阿丁枫 (*Altingia excelsa*)、崖柏 (*Thuja sutchuenensis*) 和木荷 (*Schima superba*) 的苗木生长具有差异显著性影响<sup>[11-15]</sup>。

无纺布容器具有优良的透气透水性, 根系可穿透容器底部而不产生缠根的现象, 同时, 空气切断侧根从而保证根系向下生长; 此外无纺布容器属易分解的物质, 苗木移栽时可减少撕除容器及回收的环节, 兼具省水和环保的功能<sup>[16-17]</sup>。已有研究表明不同规格的无纺布容器显著地影响油杉 (*Keteleeria evelyniana*) 和大叶相思

(*Acacia auriliiformis*) 苗木的生长<sup>[18-19]</sup>。此外, 也有不同容器规格对苗木生长影响的研究, 如长山核桃 (*Carya illinoensis*)、青冈栎 (*Cyclobalanopsis glauca*)、桢楠 (*Phoebe zhennana*) 均有此方面的报道<sup>[20-22]</sup>。

水溶性肥是一种完全溶于水的复合肥, 能迅速溶于水, 且更容易被植物吸收利用, 根博士是该类中的一种, 已广泛应用于农作物的栽培, 在林业的苗木培育中未查及相关文献。已有研究表明, 施肥对云南松苗木的生长具有促进作用<sup>[23-24]</sup>。现通过基质配比、不同规格无纺布容器和水溶性肥浓度组合开展云南松苗木培育试验, 分析不同水平组合及因素水平对云南松苗木生长的影响, 以期对云南松壮苗培育提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地位于昆明西南林业大学智能温室外的苗圃内, 地理坐标为东经 102°45.659'、北纬 25°04.002', 海拔约 1 891 m, 年平均气温 15 °C 左右, 最热月 (7—8 月) 和最冷月 (1 月) 平均气温分别约 25 °C 和 3 °C, 年降雨量 840.3 mm<sup>[25]</sup>; 土壤为山地红壤, 属北亚热带气候类型<sup>[25]</sup>, 为云南松的天然分布中心区域。试验地光照和通风良好, 不积水, 符合培育云南松苗木苗圃的要求。

### 1.2 试验材料

云南松种子 (千粒质量约 21.05 g, 已低温贮藏 6 年) 采自宜良县禄丰村林场的尖山林区。以封底无纺布育苗袋作为苗木培育容器。试验的根博士产于青岛康东宝肥业有限公司, 属含氨基酸的水溶肥, 其原液中 1 L 的成

**第一作者简介:**欧亚 (1990-), 女, 湖北武汉人, 硕士研究生, 研究方向为森林培育。E-mail: ora727206@126.com.

**责任作者:**李莲芳 (1964-), 女, 博士, 教授, 博士生导师, 现主要从事森林培育与林木遗传育种及与林学相关的教学与科研工作。E-mail: lliaanf@126.com.

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目 (31170585)。

**收稿日期:**2016-08-19

分和含量:氨基酸 100 g、氮磷钾 20 g、钙 40 g、海藻酸 10 g、芸苔素 3 g、有机质 20 g、黄腐酸钾 40 g、甲壳素 3 g、生根粉 3 g、葡萄糖 1 g、微量元素 2 g、维生素 B<sub>1</sub> 0.8 g、维生素 B<sub>2</sub> 0.8 g、甘氨酸 3 g、生物酶 2 g、细胞分裂素 4 g。

### 1.3 试验方法

试验于 2014 年 12 月开始,设容器规格(A)、基质配比(B:森林土、碳渣和珍珠岩)和根博士浓度(C)共 3 因素,每因素均含 3 个水平(表 1)。根据因素水平,采用 L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>)正交设计(表 2)进行试验。每个处理组合采用 12

袋的小样本开展试验,3 次重复,每袋播种 4 粒种子,每个处理组合播种 144 粒,共需种子 1 296 粒。

表 1 试验因素及水平

Table 1 Factors and levels of the experiment			
水平	A 容器规格 /cm	因素	C 根博士浓度 /倍
		B 基质 (森林土:碳渣:珍珠盐)	
1	12×15	5:5:0	200
2	13×16	6:3:1	400
3	15×18	7:2:1	600

表 2 L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>)正交设计

Table 2 L <sub>9</sub> (3 <sup>4</sup> ) orthogonal design of the experiment						
试验号	1(A)	2(B)	3(A×B)	4(C)	处理组合	试验实施
1	1	1	1	1	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	容器 12 cm×15 cm,森:碳:珍=5:5:0,根博士 200 倍液灌根
2	1	2	2	2	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	容器 12 cm×15 cm,森:碳:珍=6:3:1,根博士 400 倍液灌根
3	1	3	3	3	A <sub>1</sub> B <sub>3</sub> C <sub>3</sub>	容器 12 cm×15 cm,森:碳:珍=7:2:1,根博士 600 倍液灌根
4	2	1	2	3	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>3</sub>	容器 13 cm×16 cm,森:碳:珍=5:5:0,根博士 600 倍液灌根
5	2	2	3	1	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	容器 13 cm×16 cm,森:碳:珍=6:3:1,根博士 200 倍液灌根
6	2	3	1	2	A <sub>2</sub> B <sub>3</sub> C <sub>2</sub>	容器 13 cm×16 cm,森:碳:珍=7:2:1,根博士 400 倍液灌根
7	3	1	3	2	A <sub>3</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	容器 15 cm×18 cm,森:碳:珍=5:5:0,根博士 400 倍液灌根
8	3	2	1	3	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	容器 15 cm×18 cm,森:碳:珍=6:3:1,根博士 600 倍液灌根
9	3	3	2	1	A <sub>3</sub> B <sub>3</sub> C <sub>1</sub>	容器 15 cm×18 cm,森:碳:珍=7:2:1,根博士 200 倍液灌根

注:容器规格为底径×高,如 12 cm×15 cm 指底径 12 cm、高 15 cm;根博士溶液每 14 d 灌根 1 次。

播种前,将种子在始温 50 ℃的温水中浸泡 20 h,滤干后用 0.5%高锰酸钾浸泡消毒 0.5 h 后,再将种子与已消毒的河沙以 1:3 的比例搅拌均匀,堆放在光照充足的室内催芽,每天洒水翻动一次,待 1/3 种子开裂露白即播种。种子催芽期间室内温度约 20 ℃。苗龄 160 d 时,按照试验设计的浓度每 14 d 配制根博士溶液进行灌根。第 1 次灌根追肥后 30 d 和 90 d(苗龄分别为 190 d 和 250 d)时,按处理组合逐株测苗木的地径和苗高,作为苗木生长的基础数据分析因素水平及水平组合对苗木生长的影响。

### 1.4 数据分析

采用 Excel 2003 和 SPSS 18.0 软件进行数据统计、方差分析、多重比较(Duncan's 法)和线性回归。苗高和地径采用  $y=a+bx$ (其中  $y$  为苗高, $x$  为地径, $a$  和  $b$  为常数)线性方程进行回归,了解二者的相关状况。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理组合对苗木生长的影响

苗龄 190 d 时,9 个处理组合的平均地径和苗高分别为 1.19~1.72 mm 和 1.36~3.40 cm,不同处理组合间 2 项指标具有极显著的差异( $P_{\text{地径}}=1.15 \text{ E-}21$ , $P_{\text{苗高}}=4.74 \text{ E-}98<0.01$ );处理组合 1(12 cm×15 cm 的容器,等量的森林土和碳渣为基质,200 倍液根博士灌根)的平均地径极显著地大于其它 8 个处理组合的,处理组合 2(12 cm×15 cm 容器,6 份森林土与 3 份碳渣和 1 份珍珠岩混合为基质,400 倍液根博士灌根)则极显著地大于除

处理组合 1 以外的所有处理组合;同样,处理组合 1 和 2 的平均苗高极显著地高于其它 7 个处理组合,处理组合 3(12 cm×15 cm 的容器,7 份森林土与 2 份碳渣和 1 份珍珠岩混合为基质,600 倍液根博士灌根)和处理组合 5(13 cm×16 cm 的容器,6 份森林土与 3 份碳渣和 1 份珍珠岩混合为基质,200 倍液根博士灌根)的苗高则极显著地高于除处理组合 1 和 2 以外的其它处理组合(表 3)。说明较小容积容器与浓度较高根博士溶液灌根组合促进云南松苗木地径和苗高的生长,这也许与较小容器条件下,根博士的浓度较高有关。

苗龄 250 d 时,9 个处理组合的平均地径和苗高分别为 1.89~2.32 mm 和 3.11~4.09 cm,不同处理组合间 2 项指标也具有极显著的差异( $P_{\text{地径}}=3.816 \text{ E-}08<0.01$ , $P_{\text{苗高}}=1.60 \text{ E-}15<0.01$ );与前一阶段类似,处理组合 1、2 的平均地径极显著地高于其它 7 个处理组合的;苗高则是处理组合 2、4~6 的极显著地高于其它 5 个处理组合(表 3),说明 3 个因素不同水平组合对云南松苗木地径和苗高生长呈现极显著的差异影响,处理组合 2 无论地径和苗高均为生长较优的组合,其因素水平组合措施可应用于生产实践培育壮苗。

### 2.2 影响苗木生长的主导因子及其优水平组合

苗龄 190 d 时,容器规格是影响苗木地径生长的主要因子( $R_A=0.29 \text{ mm}>R_B=0.12 \text{ mm}>R_{A\times B}=0.05 \text{ mm}=R_C=0.05 \text{ mm}$ ),其理论优水平组合为 A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>(12 cm×15 cm 的容器,等量的森林土和碳渣混合为基质,400 倍液根博士灌根),与实际试验中地径最大的处

表 3 处理组合的平均地径和苗高统计

Table 3 Mean basal diameters and seedling heights of treatment combinations

项目 Index	苗龄 Seedling age/d	处理组合 Treatment combinations									总平均 Average
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
地径 Basal diameter /mm	190	1.72±0.50A	1.59±0.38B	1.37±0.35C	1.26±0.32CD	1.37±0.43C	1.19±0.47D	1.32±0.34C	1.29±0.31CD	1.37±0.29C	1.39±0.41
	250	2.32±0.08A	2.29±0.08AB	1.89±0.06B	1.91±0.06AB	1.94±0.06AB	2.12±0.07AB	2.07±0.07AB	1.90±0.06B	1.98±0.06AB	2.05±0.02
苗高 Plant height/cm	190	3.40±0.79A	3.23±1.12A	2.56±0.71B	1.72±0.54CD	2.47±0.76B	1.84±0.71CD	1.36±0.54D	1.51±0.70D	1.99±0.59C	2.25±1.01
	250	3.49±0.14B	4.09±0.16A	3.52±0.12B	3.88±0.11A	4.01±0.10A	3.96±0.10A	3.11±0.08C	3.12±0.11C	3.24±0.09BC	3.60±0.04

理组合不一致,这也许与正交设计为部分试验或因素的交互作用有关;影响苗高生长的主要因子与地径的相同( $R_A=1.44\text{ cm}>R_C=0.69\text{ cm}>R_B=0.27\text{ cm}>R_{A\times B}=0.18\text{ cm}$ ),其理论优水平组合与地径的不同,为  $A_1B_2C_1$  ( $12\text{ cm}\times 15\text{ cm}$  的容器,6 份森林土与 3 份碳渣和 1 份珍珠岩混合为基质,200 倍液根博士灌根),也与实际试验最高的水平组合不一致(表 3、4)。苗龄 250 d 时,根博士灌根浓度是影响地径生长的主要因子( $R_C=0.25\text{ mm}>R_A=0.18\text{ mm}>R_{A\times B}=0.15\text{ mm}>R_B=0.10\text{ mm}$ ),其理论优水平组合与 190 d 时的地径相同;影响苗高生长的主要因子仍然是容器规格( $R_A=0.79\text{ cm}>R_B=0.24\text{ cm}>R_C=0.22\text{ cm}>R_{A\times B}=0.21\text{ cm}$ ),其理论优水平组合则与前一阶段的不同,为  $A_2B_2C_2$  ( $13\text{ cm}\times 16\text{ cm}$  的容器,6 份森林土与 3 份碳渣和 1 份珍珠岩混合为基质,400 倍液根博士灌根),其未包含于实际试验中(表 2、4),此阶段,苗高最优理论水平组合的容器规格增大、根博士溶液浓度均较 190 d 时的降低,容器的变化与随着苗木生长对空间和养分需求增加的规律相一致,但根博士浓度则与之相悖,也许与前一阶段灌根养分尚有余存有关。2 个苗龄阶段,影响地径和苗高的主导因子及其优水平组合不一致,这与不同苗龄阶段地径和苗高生长对试验因素及其水平组合的响应不一致有关,表明云南松苗龄不同,对生长空间和养分等的需求不一致,因此,云南松苗木培育过程中应根据苗龄和生长动态进行动态的施肥等管理。

表 4 地径和苗高的极差分析

Table 4 Range analysis of diameters and seedling heights

苗龄 /d	测定 指标	极差值(R)				因子主次顺序 (主→次)		优水平			优水平 组合
		A	B	A×B	C			A	B	C	
190	地径	0.29	0.12	0.05	0.05	$A>B>A\times B>C$		$A_1$	$B_1$	$C_2$	$A_1B_1C_2$
	苗高	1.44	0.27	0.18	0.69	$A>C>B>A\times B$		$A_1$	$B_2$	$C_1$	$A_1B_2C_1$
250	地径	0.18	0.10	0.15	0.25	$C>A>A\times B>B$		$A_1$	$B_1$	$C_2$	$A_1B_1C_2$
	苗高	0.79	0.24	0.21	0.22	$A>C>B>A\times B$		$A_2$	$B_2$	$C_2$	$A_2B_2C_2$

因素的水平间,2 个苗龄阶段,3 种规格的容器对地径和苗高均具有极显著的差异影响( $P_{190\text{ d地径}}=1.152\text{E-}21$ ,  $P_{250\text{ d地径}}=3.816\text{E-}08$ ,  $P_{190\text{ d苗高}}=4.74\text{E-}98$ ,  $P_{250\text{ d苗高}}=1.60\text{E-}15$ ),其中 190 d 时,12 cm×15 cm 容器的平均地

径(1.56 mm)和苗高(3.06 cm)均极显著地优于其它 2 种容器规格的(地径 1.27、1.33 mm,苗高 1.62、2.01 cm);250 d 时,平均地径仍然是 12 cm×15 cm 容器的(2.17 mm)极显著地大于其余 2 种规格的(2 个容器的均为 1.99 mm),平均苗高则是 13 cm×16 cm 的(3.95 cm)极显著地高于其它 2 种规格的(3.70、3.16 cm;图 1),表明随着苗木的生长,其对空间尺度的要求也随之增加。同样,2 个苗龄阶段的基质配比也对地径和苗高具有极显著的差异影响( $P_{190\text{ d地径}}=1.152\text{E-}21$ ,  $P_{250\text{ d地径}}=3.816\text{E-}08$ ,  $P_{190\text{ d苗高}}=4.74\text{E-}98$ ,  $P_{250\text{ d苗高}}=1.60\text{E-}15$ ),无论地径和苗高,6 份森林土与 3 份碳渣和 1 份珍珠岩混合基质的最优;根博士溶液 3 个浓度也对 2 个苗龄阶段的地径和苗高产生极显著的差异影响( $P_{190\text{ d地径}}=1.152\text{E-}21$ ,  $P_{250\text{ d地径}}=3.816\text{E-}08$ ,  $P_{190\text{ d苗高}}=4.74\text{E-}98$ ,  $P_{250\text{ d苗高}}=1.60\text{E-}15$ ),190 d 时,高浓度的 200 倍液的极显著地优于其它 2 个水平,250 d 时,则是 400 倍液的为最优(图 1),与容器不同,随着苗木生长,对养分的需求呈现降低的趋势,这也许与根博士灌根的频率较高,前期的养分尚有积累继续供苗木生长有关。苗高生长与根博士溶液浓度的动态变化,一方面表明云南松苗木对养分具有动态的需求,另一方面也揭示

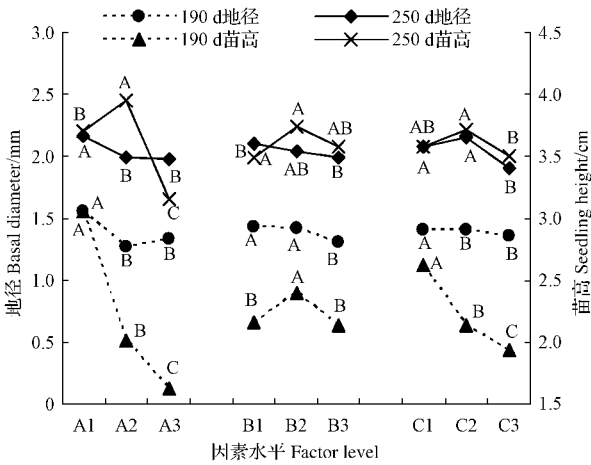


图 1 平均地径和苗高随因素水平变化趋势

Fig. 1 Change trend of basal diameter and seedling height with the factor levels

其生长对养分有一定范围的要求,而非施肥量越大越有利于苗高生长。由此,云南松苗木培育过程中,务必根据苗木的生长动态调整养分的供给,即实施按需施肥方可实现壮苗快繁。综上所述,适宜的容器规格,基质配比和根博士的动态追肥可以有效促进云南松的苗高生长,从而解除其蹲苗现象,快速培育壮苗。

### 2.3 地径和苗高的分布及二者的相关分析

地径和苗高散点图(图2)表明,云南松苗木的地径和苗高呈连续分布,其规律符合正态分布。地径与苗高的一元线性回归结果,相关方程为  $y=1.232\ 2x+0.801\ 3$  ( $n=1\ 497, R^2=0.364\ 8, R^2_{Adj.}=0.364$ ;其中: $y$  为苗高, $x$  为地径),表明苗高和地径的线性相关显著。线性回归方差分析结果( $P_{\text{回归}}=1.40\text{E-}159<0.001$ )和回归残差图(呈正态分布,图3)进一步证明苗高和地径线性相关,即在无蹲苗的状态下,云南松苗木的地径和苗高生长相互促进,地径越大,苗高越高,有利于壮苗培育。

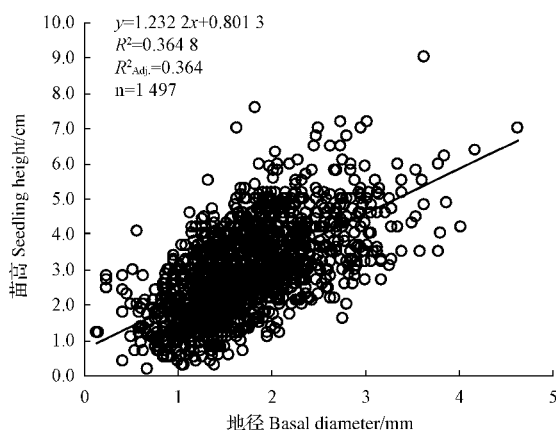


图2 地径与苗高的变化趋势

Fig. 2 Change trend of basal diameter and seedling height

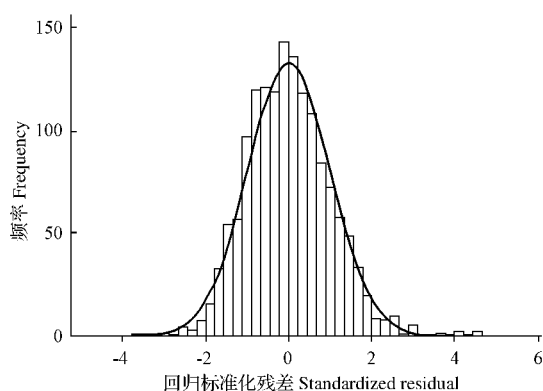


图3 地径与苗高回归残差

Fig. 3 Regression standardized residual between basal diameters and seedling heights

### 3 结论与讨论

该研究结果表明,苗龄 190 d 和 250 d 时,苗木的平均地径和苗高分别为 1.19~1.72、1.89~2.32 mm 和 1.36~3.40、3.11~4.09 cm,处理组间,2 个苗龄的地径和苗高均表现出极显著的差异;影响地径生长的主要因子随苗龄不同而分别为容器规格和根博士浓度,影响苗高的则始终是容器规格。容器规格、基质配比和根博士灌根浓度对 2 个苗龄阶段的地径、苗高均有极显著的差异影响,随着苗木生长,对生长空间(容器规格)的需求增加,根博士浓度的需求则降低,即云南松苗木生长对生长空间和养分具有动态的需求;6 份森林土与 3 份碳渣和 1 份珍珠岩混合基质始终是苗木生长的最优配方。地径和苗高间存在  $y=1.232\ 2x+0.801\ 3$  的线性相关,即无蹲苗的云南松苗木,地径越大,苗高越高,二者相互促进。

试验中出现随着苗木生长,促进苗高生长的根博士浓度降低现象,这与苗木生长对养分需求的规律相悖,也许是因为该试验施追肥频率较高,而前期所施养分尚有留存可供苗木利用有关,揭示了云南松苗木生长对养分具有动态的需求,施肥应与动态生长相匹配。

谷凌云等<sup>[19]</sup>、金继良<sup>[20]</sup>、王立超等<sup>[21]</sup>和殷国兰等<sup>[22]</sup>分别开展不同规格容器培育大叶相思、长山核桃、青冈栎和桢楠苗木培育的试验,结果具有共同的特性,即不同规格容器对苗高生长具有显著的差异影响,该研究不同规格无纺布容器培育的云南松苗木地径和苗高呈现极显著差异的结果与以上结论相一致,表明云南松壮苗培育必须采用适宜规格容器方可实现壮苗培育。

苗木质量是造林成功的关键,也是制约林分生长的重要因素之一。容器苗是林业发达国家林木种苗培育的主要类型,透气性良好的轻型基质是容器育苗培育的关键载体<sup>[26]</sup>,轻基质容器苗也是当前世界上林木苗木培育的重要途径,其大都采用泥炭、珍珠岩、蛭石等,成本高且泥炭为不可再生资源<sup>[27]</sup>。该研究采用透气性良好的珍珠岩和碳渣与森林土混合为云南松苗木培育的基质,符合苗木培育基质发展的大趋势。麻建强等<sup>[18]</sup>采用正交设计进行油杉的容器规格、基质配比和施肥 3 因素 3 水平的试验研究,在苗龄 1 年时测定其生长量,结果显示 5 cm×10 cm 的容器,施用缓释肥 3 kg·m<sup>-3</sup>,锯木屑、泥炭和炭化谷壳体积比为 7:1:2 混合基质组合的苗木生长最优,该试验的试验设计和苗木生长结果与其相似,尤其是基质,以 6 份森林土与 3 份碳渣和 1 份珍珠岩混合基质的云南松苗木生长最优,表明苗木培育对容器、基质和养分需求具有共性。

孙昂等<sup>[23]</sup>采用混合均匀设计进行施有机肥、水分控制和 IBA 叶面喷施 3 因素对云南松苗木生长影响的试验研究,于苗龄 210 d 时测定其生长量,结果表明施肥是

促进云南松苗木地径和苗高生长的关键因子,该试验施肥的结果与其相似,表明施肥可促进云南松苗木生长,消除云南松苗木的蹲苗现象。

已有的研究中,虽然影响云南松苗木生长的主要因素基本一致,但因试验包含的因素及其水平、试验方案的不同,导致影响苗木生长最优的水平及其组合也不尽相同,建议在已有研究主要因子和最优水平的基础上,进一步开展不同容器及其规格、基质配比和施肥等对云南松苗木生长影响的研究,为无蹲苗期的壮苗培育提供科学依据和技术指导。

(致谢:西南林业大学林学 2012 级王军、李世林、麦木提克热木·托合提麦木提参与了该试验实施和数据收集等工作,在此谨以诚谢。)

### 参考文献

- [1] 冯玉元. 云南松[J]. 中国林业, 2002(7):31.
- [2] 树木学(南方本)编写委员会. 树木学[M]. 北京:中国林业出版社, 1994:48.
- [3] 祁承经,汤庚国. 树木学(南方版)[M]. 2 版. 北京:中国林业出版社, 2005:46-47.
- [4] 罗良才. 云南经济木材志[M]. 昆明:云南人民出版社, 1989:22-25.
- [5] 沈国防. 森林培育学[M]. 北京:中国林业出版社, 2001:137-140.
- [6] 吴征镒,朱彦承,姜汉桥. 云南植被[M]. 北京:科学出版社, 1987:417-419.
- [7] 戴开结,何方,沈有信,等. 云南松研究综述[J]. 中南林学院学报, 2006,26(2):138-142.
- [8] 段旭,李根前,李莲芳. 不同水分控制对云南松幼苗生长及生理特性的影响[J]. 种子, 2013,32(3):75-78.
- [9] 王洛彩. 穴盘规格、基质供水状况和生长调节剂对番茄穴盘苗生育的影响[D]. 泰安:山东农业大学, 2006:11-12.
- [10] 邢禹贤. 新编无土栽培原理与技术[M]. 北京:中国农业出版社, 2001:10.
- [11] 马雪红,胡根长,冯建国,等. 基质配比、缓释肥量和容器规格对[J]. 林业科学研究, 2010,23(4):505-509.
- [12] 鲁敏,李英杰,王仁卿. 油松容器育苗基质性质与苗木[J]. 林业科学, 2005,41(4):86-93.
- [13] 郑金锁,彭来真,曹春鹏,等. 不同轻型基质对桉树组培苗生长的影响[J]. 林业调查规划, 2014,39(4):158-162.
- [14] 王智斌,杨海娇,庞岳燕,等. 基质施肥对高阿丁枫留床苗生长的影响[J]. 林业调查规划, 2013,38(3):68-72.
- [15] 秦爱丽,郭泉水,简尊吉,等. 不同育苗基质对圃地崖柏出苗率和苗木生长的影响[J]. 林业科学, 2015,51(9):9-17.
- [16] 杜华兵,杜婧. 容器育苗发展现状及趋势[J]. 山东林业科技, 2014, 211(2):116-126.
- [17] 翟建中,潘其云,邓建玲,等. 湿地松育苗与造林技术[J]. 上海农业学报, 2005,21(1):87-91.
- [18] 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.
- [19] 谷凌云,李磊,张利全,等. 无纺布容器规格对大叶相思苗木生长及生物量的影响试验[J]. 林业调查规划, 2010,35(2):35-39.
- [20] 金继良. 不同育苗容器和规格对长山核桃苗木生长的影响[J]. 安徽林业科技, 2015,41(3):9-11.
- [21] 王立超,石燕,宋润超,等. 容器规格对青冈栎苗木生长的影响[J]. 安徽林业科技, 2014,40(5):42-44.
- [22] 殷国兰,冯绍惠,周永丽,等. 桢楠容器育苗试验[J]. 四川林业科技, 2012,33(6):57-59.
- [23] 孙昂,李莲芳,段安安,等. 云南松苗木生长对水肥和 IBA 的响应试验[J]. 西部林业科学, 2013,42(5):87-92.
- [24] 郭梁,李莲芳,孙昂,等. 水分对云南松苗木生长的影响[J]. 种子, 2014,33(6):64-68.
- [25] 云南省气象局. 云南气候图册[M]. 昆明:云南人民出版社, 1982.
- [26] 刘勇. 我国苗木培育理论与技术进展[J]. 世界林业研究, 2000,13(5):43-49.
- [27] 谦盛,郭世荣,李式军. 利用工农业有机废弃物生产优质无土栽培基质[J]. 自然资源学报, 2002,17(4):515-519.

## Effect of Non-woven Container Size and Matrix on *Pinus yunnanensis* Seedling Growth

OU Ya, WANG Yayu, LI Lianfang, ZHANG Wei, WANG Wenjun, YANG Wenjun

(College of Forestry, Southwest Forestry University, Kunming, Yunnan 650224)

**Abstract:** Taking 160-day-old seedlings of *Pinus yunnanensis* as test materials, and the  $L_9(3^4)$  orthogonal design was applied to implement cultivating the seedling experiment of three factors (each factor including three levels) which of non-woven fabric container size, matrix and fertilization in order to understand effects of factorial levels and their treatment combinations on seedling growth, basal diameters and seedling heights for 190-day-old and 250-day-old. The results showed that mean diameters and seedling heights were 1.19—1.72, 1.89—2.32 mm and 1.26—3.40, 3.11—4.09 cm for 190-day-old and 250-day-old seedlings. There were significant differences of basal diameters and seedling heights between treatment combinations for two age stages of the seedlings ( $P < 0.01$ ). There were also presented significantly different effects of basal diameters and seedling heights between the factorial levels of container size, matrix and fertilization (Root Doctor, a kind of water soluble fertilizer) solution concentration for two age stages' seedlings ( $P < 0.01$ ), which indicated that it had dynamic requirements of the spaces and nutrients with *Pinus yunnanensis* seedling growth; the mixed matrix of forest soil, carbon residues and perlite which were portions of 6 : 3 : 1 could improve seedling growth. The seedling height and basal diameter had a linear correlation of  $y = 1.232 2x + 0.801 3$ .

**Keywords:** *Pinus yunnanensis*; non-woven fabric containers; matrix; fertilization; seedling