

# 容器类型对砂生槐幼苗生长的影响

**摘要:**【目的】通过对比不同容器规格和容器类型条件下一年生砂生槐幼苗生长及根系发育状况,选出适宜的容器规格和容器类型,为砂生槐幼苗成功造林提供科学依据。

【方法】以砂生槐一年生幼苗为研究对象,采用单因素试验设计,将不同类型的育苗容器分为三组,每组 20 个重复,统一定量给水至饱和含水量的 60%,在生长季末测定幼苗的生长指标、生理指标和根系指标,以期筛选出适宜于砂生槐良种壮苗培育的最优容器类型和规格。【结果】结果表明:育苗容器 II 的苗高、高径比、干物质量、质量指数、叶绿素含量和根系活力均显著高于其他容器 ( $P<0.05$ )。砂生槐幼苗的苗高生长更受容器类型影响,而地径生长更受限于容器规格,12×16cm 规格无纺布育苗袋所产苗木苗高与地径均较高,同时其高径比要显著低于其他大部分类型和规格的组合 ( $P<0.05$ )。以无纺布袋为栽培容器的砂生槐幼苗细根分布在基质内部,而以塑料袋为栽培容器幼苗细根则大量包裹在基质外侧【结论】因此,综合考虑苗木质量和经济效益,在生产应用中建议选择 12×16cm 规格无纺布育苗袋开展良种壮苗培育。

**关键词:** 砂生槐幼苗; 不同育苗容器; 生长; 生根; 育苗

近些年,容器育苗技术得到了快速的发展,作为苗木根系生长发育的主要空间,容器类型及规格对容器苗质量影响很大,且在育苗的成本上也存在不同程度的差异。无纺布容器比较轻便、透气性与透水性均良好,1 年内可自动降解,不会造成环境污染,此外,无纺布容器用于育苗也有利于根团的形成以及维持根系的完整性,对多种苗木的培育比较有利,因此在林业育苗中得到了广泛的推广<sup>[1]</sup>。容器规格可在很大程度上影响苗木的生长空间、养分状况。因此,近些年不少学者就容器的类型和规格开展了相关的研究,有的树种需要较大规格的容器,而有的树种在小规格的容器中更有利于根系的稳固,提高育苗及造林效果。如薄壳山核桃以大规格(30×40cm)育苗袋培育苗木质量最优,红豆树、浙江楠和浙江樟苗木培育以(18×20cm)规格容器最为适宜,赤皮青冈苗木以(20×20cm)规格容器培育最为适合<sup>[2,3]</sup>。根据树种生物学特性选择适合的容器类型和规格是培育良种壮苗的基础条件。

砂生槐(*Sophoramoercroftiana*)是青藏高原特有的植物,系豆科槐属,又名西藏“狼牙刺”,主要分布在西藏林芝、拉萨、日喀则等少部分地区,生长于海拔 2800–4400m 的山坡以及河漫滩沙质地,在雅鲁藏布江河谷地带大片分布<sup>[4]</sup>。在尼泊尔、印度、锡金也有分布,为多年生矮灌木,多分枝,其茎尖和托叶硬化为尖长刺。因生长环境不同,株高 30–100cm 不等<sup>[5]</sup>。砂生槐种子的有效成分为苦参碱及氧化苦参碱,药用价值很高。作为青藏高原特有植物,砂生槐以其极强的抗旱、耐瘠薄、防风固沙、保持水土等生态适

应性在高原生态修复及雅鲁藏布江流域的干旱河谷地区植被建设和恢复具有重要意义。因此，加大对砂生槐育苗技术的研究对提高干旱地区造林成活率发挥着重要的作用。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料与试验地概况

试验所用砂生槐种子来自于西藏自治区日喀则市江孜县。由于当地种子小蜂发生比较严重，砂生槐种子虫害率较高，通过人工净种，剔除瘪粒、虫害粒和杂质，千粒重为  $35.18 \pm 1.4\text{g}$ ，颜色为棕黄色。带回实验室后，挑选粒大、饱满、色泽正常、没有病虫害的砂生槐种子，将种子浸泡在 0.5% 高锰酸钾溶液中消毒 2 h，冲洗干净后浸泡在 60℃ 左右的温水中 24 h，后转移到 25℃ 的潮湿环境下进行催芽处理，待近 1/3 种子露白后即可播种。试验地设在西藏农牧学院林学苗圃基地，地处西藏东南部 (29° 33' E、94° 28' N，海拔 2978m)，属于高原温带湿润季风气候，年均气温 8.9℃，年降水量 730mm，降水主要集中在 8~10 月，占全年降水量的 60%，年日照时数 2000h。栽培基质为 M(苗圃土): M(腐殖质): M(蛭石)=32:16:1，其中 9cm×12cm 规格的无纺布育苗袋加入过筛基质  $500 \pm 2\text{g}$ ，12cm×16cm 规格的无纺布育苗袋和 6.5cm×7.2cm 规格的塑料育苗袋分别加入过筛基质  $105 \pm 2\text{g}$ 。如表 1 所示：

表 1 容器类型				
序号 No.	类型 Containertype	规格 Containersize	数量 Amount	基质 Matrix/g
容器 I	无纺布育苗袋	9cmx12cm	20	500±2
容器 II	无纺布育苗袋	12cmx16cm	20	105±2
容器 III	塑料育苗袋	6.5cmx7.2cm	20	105±2

### 1.2 试验方法

采用单因素试验设计，将不同类型和规格的育苗容器分为三组，每组 20 个重复，统一量给水至饱和含水量的 60%。土壤含水量(%)=(铝盒与土壤鲜重(g)-烘干后的铝盒与土壤重量(g))/烘干后铝盒与土壤重量(g)-铝盒重量(g))×100%<sup>[6]</sup>。苗期及时喷水，保持基质湿润，同时进行病虫害防治等常规管理，其他措施同一般生产性容器育苗。培育 90d 后以全株收获法取样，备用。

### 1.3 测定指标

#### 1.1.1 生长指标

对带回实验室的砂生槐幼苗测定其株高、地径后将根系和地上部分分离，然后置入

烘箱用 80℃ 的温度烘干直至恒重，最后使用精度为 0.001g 的电子天平称量并记录各处理砂生槐幼苗的生物量，将各处理幼苗地上部分与地下部分生物量之比计算出茎根比。

### 1.1.2 生理指标

过氧化物酶（POD）和超氧化物歧化酶（SOD）活性测定采用比色法，叶绿素含量测定采用丙酮浸提比色法，根系活力测定采用 2, 3, 5-三苯基氯化四氮唑（TTC）法，丙二醛（MDA）含量测定采用双组分分光光度法，脯氨酸含量测定采用茚三酮显色法<sup>[7, 26]</sup>。

### 1.1.3 根系指标

分离后的根系先在清水中浸泡，再用流水冲洗过孔径为 0.5mm 的网筛，使根系与大部分的土壤、有机质残渣以及杂质分离，而后在清水中使用镊子和网勺小心捡取所有活根系。活根系与死根系相比拥有更强的弹性、更浅的颜色，且根芯呈现白色，故较容易区分。将获取的根系装入自封袋内并依次编号标记放入冰箱内保存，直至根系扫描时取出。

应用 EpsonPerfectionV700Photo 根系扫描系统和 WinRHIZO 根系图像分析系统对各单株新生根系进行长度、表面积和体积的测定分析。待全部根样扫描完成之后，将其装入已编号的信封内，然后，置入烘箱以 80℃ 的温度烘干直至恒质量，最后使用精度为 0.001g 的电子天平称质量并记录各根样的生物量。将各根样的根系长度除以其生物量即可算出各根样的比根长 (cm/g)；将各根样的生物量除以其体积即可算出各根样的组织密度 (g/cm<sup>3</sup>)。

## 1.4 数据分析

采用 DPS 软件对所测定的各项指标进行单因素方差分析，并用最小显著差数法 (LSD) 对不同数据组间的差异进行多重比较。利用 Excel2016 对所得试验数据进行计算与整理并完成所有图表的制作。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同育苗容器对砂生槐幼苗生长的影响

由表 2 可知：不同育苗容器对砂生槐幼苗生长影响显著，各个生长指标间差异明显。容器 II 育苗时砂生槐幼苗的苗高最大为 15.411cm，容器 I 育苗时次之，为 13.317cm，容器 III 育苗时砂生槐幼苗的苗高最小，为 10.519cm。且不同的育苗容器之间砂生槐幼苗的苗高差异均达到显著性水平 ( $P < 0.05$ )。苗高是最直观、最容易测定的形态指标，测定时

从苗木的地径处或地面量到苗木的顶压，如苗木还没有形成顶芽，则以苗木最高点为准。苗木高度并非越高越好，虽然高的苗木可能在遗传上具有一定的优势，然而同一批造林苗木的大小以求整齐为好，以防将来林分的强烈风化<sup>[8]</sup>。

地径又称为地际直径，是指苗茎土痕处的粗度。在所有形态指标中，地径是反映苗木质量最好的指标之一<sup>[9]</sup>。容器 I 育苗时砂生槐幼苗的地径达到最大值 1.721mm，且与其他其它育苗容器育苗时砂生槐幼苗地径之间的差异达到显著性水平 ( $P < 0.05$ )。在容器 II 与容器 III 育苗时，砂生槐幼苗的地径之间差异不显著。地径与苗木根系的大小、苗木鲜重、干重和抗逆性等关系紧密，多数研究表明，地径与造林成活率及林木生长量成正比<sup>[10]</sup>。

高径比是指苗高与地径之比，它反应了苗木高度和粗度的平衡关系，是反映苗木抗逆性及造林成活率较好的指标<sup>[11]</sup>。容器 II 育苗时砂生槐幼苗的高径比达到最大值，为 110.079，且与其他其它容器育苗时砂生槐幼苗地径之间的差异达到显著性水平 ( $P < 0.05$ )。容器 I 育苗时砂生槐幼苗的高径比次之，容器 III 育苗时砂生槐幼苗的高径比达到最小值 70.931，为容器 II 育苗时的 2/3。并且在容器 II 与容器 III 育苗时，砂生槐幼苗的高径比之间差异不显著。一般高径比越大，说明苗木越细越高，抗性弱，造林成活率低；相反，高径比越小，苗木则越矮越粗，抗性强，造林成活率高。由于是比值，高径比不能单独使用，只有将它与苗高地径结合起来，才是一个好指标。一般来说，在苗高达到要求的情况下，高径比越小越好。

苗木重量是指苗木的干重或者鲜重<sup>[12]</sup>。比较而言，鲜重更容易测定，但是因苗木鲜重受含水量的影响较大，故不易获得稳定可靠的数据，更难进行不同研究之间的相互对比。苗木干重则可排除含水量的影响，数据稳定、可靠，是不同研究结果之间相互比较的可靠指标，因此也是指示苗木质量的较好指标。容器 II 育苗时砂生槐幼苗的干物质量最大，容器 I 次之，容器 III 育苗时砂生槐幼苗的干物质量储存最小为 0.267g，仅为容器 II 育苗时幼苗干物质量的 2/3。容器 II 育苗时砂生槐幼苗的干物质量与其他其它容器育苗时幼苗的干物质量之间的差异达到显著性水平 ( $P < 0.05$ )。在容器 I 与容器 III 育苗时，砂生槐幼苗的高径比之间差异不显著。多研究表明<sup>[13, 14]</sup>，干重与地径关系紧密，同时，在干重指标指示苗木造林成活率和生长量方面，其可靠程度与地径相近。

茎根比是苗木地上部分与地下部分（重量或体积）之比，反映出苗木根茎两部分的平衡状况。容器 III 育苗时砂生槐幼苗的茎根比达到最大值，为 1.233，容器 II 育苗时次之，容器 I 育苗时砂生槐幼苗的茎根比最小，为 1.587。且不同的育苗容器之间砂生槐幼苗的茎根比差异均达到显著性水平 ( $P < 0.05$ )。林后苗木能否成活，其关键之一是能保持苗木

体内的水分平衡。从理论上讲，根系发达，茎根比小，苗木地上部分的蒸腾量小，而地下部分的吸收量大，有利于苗木的水分平衡，苗木成活的可能性就更大。茎根比在一定程度上体现了这种平衡关系，因而这一指标格外受到关注<sup>[15]</sup>。

苗木质量指数（QI-qualityindex），其计算公式如下：QI=苗木总干重（g）/（（苗高 cm/地径 mm）+（茎干重 g/根干重 g））<sup>[16]</sup>。砂生槐幼苗的质量指数在容器Ⅱ育苗时达到最大值 0.0037，且在误差允许的范围内其质量指数与容器Ⅲ育苗时的质量指数差异显著（P<0.05）。在容器Ⅰ育苗时砂生槐幼苗的质量指数次之，为 0.044。容器Ⅲ育苗时砂生槐幼苗的质量指数达到最小值 0.031，且在误差允许的范围内其质量指数与容器Ⅱ育苗时的质量指数差异显著（P<0.05）。

表 2      不同处理下砂生槐幼苗生长的差异  
生长指标

序号 No.	苗高 Height/cm	地径 Grounddiameter/mm	高径比 Height- diameteratio	干物质量 Drymass/g	茎根比 Stem- rootratio	质量指数 QI
容器Ⅰ	13.317±1.332b	1.721±0.365a	77.379±36.493b	0.293±0.004b	1.233±0.483c	0.037±0.002ab
容器Ⅱ	15.411±1.562a	1.400±0.442b	110.079±35.339a	0.426±0.012a	1.382±0.663b	0.044±0.001a
容器Ⅲ	10.519±1.113c	1.483±0.373b	70.931±29.839c	0.267±0.007b	1.587±0.769a	0.031±0.001b

表中数据为平均值±标准差；同列数据后的不同小写字母表示在 P<0.05 的显著性水平下具有统计学意义。

2.2 不同育苗容器对砂生槐幼苗生理的影响

1.1.1 叶绿素含量

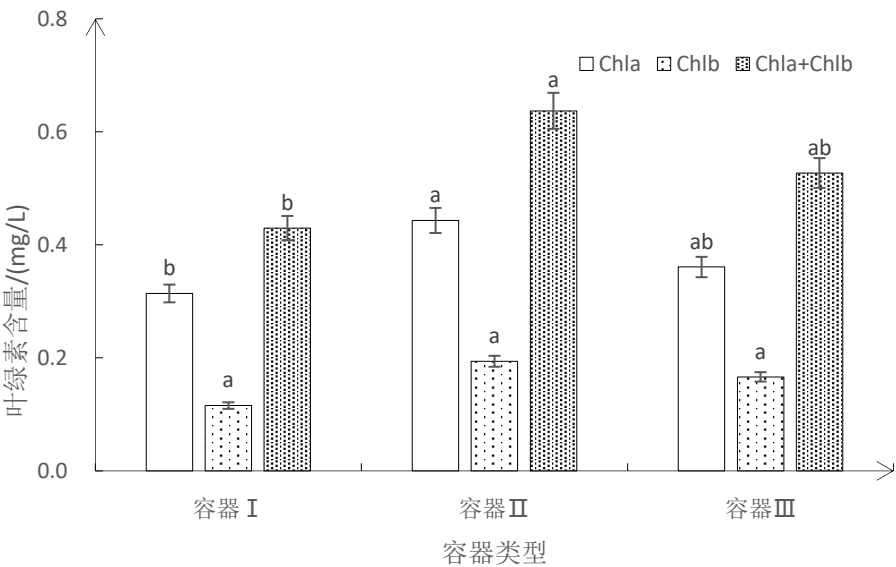


图 1      不同处理对砂生槐幼苗叶绿素含量的影响

图中误差线上的不同小写字母表示在 P<0.05 的显著性水平下具有统计学意义

由图 1 可知：不同处理对砂生槐幼苗叶绿素含量影响显著。叶绿素 a (Ch1a)、叶绿素 b (Ch1b) 和总叶绿素 (Ch1a+Ch1b) 的含量在容器 II 育苗时最高，分别为 0.443、0.194 和 0.637mg/L，以容器 I 育苗时最低，分别为 0.314、0.116 和 0.430mg/L，分别较容器 II 育苗时降低了 29.15%、40.378%和 32.570%。Ch1b 和 CH1a+CH1b 的含量在容器 I 与容器 II 育苗时的差异在误差允许的范围内达到显著性水平 ( $P<0.05$ )。Ch1a 的含量在不同的育苗容器之间差异不显著。

1.1.2 根系活力

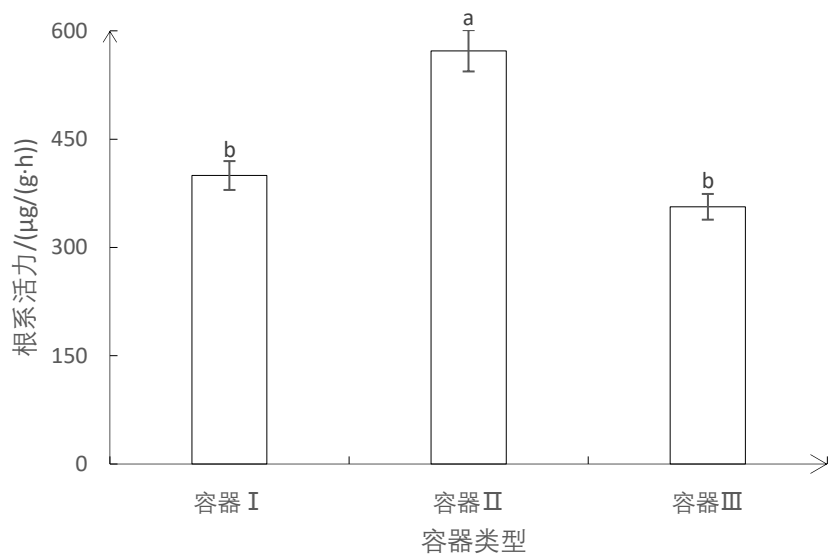


图 2 不同处理对砂生槐幼苗根系活力的影响

图中误差线上的不同小写字母表示在  $P<0.05$  的显著性水平下具有统计学意义

由图 2 可知：在容器 II 育苗时砂生槐幼苗的根系活力最强，其值为  $572.365 \mu g/(g \cdot h)$ ，而在容器III育苗时幼苗的根系活力最弱，其值为  $356.235 \mu g/(g \cdot h)$ ，较容器 II 育苗时时根系活力降低了  $43.363 \mu g/(g \cdot h)$ ，降幅为 10.85%。容器 II 育苗时幼苗的根系活力与其它容器育苗时的活力之间差异显著 ( $P<0.05$ )，而容器 I 与容器III育苗时砂生槐幼苗根系活力之间的差异未达到显著性水平。

1.1.3 MDA 和脯氨酸含量

表 3 不同处理对砂生槐幼苗 MDA 和脯氨酸含量的影响

处理	MDA/(mmol/g)	脯氨酸/(μg/g)
容器 I	0.027±0.003a	23.179±0.876a
容器 II	0.019±0.001b	16.598±0.532b
容器 III	0.025±0.001b	25.443±0.751a

表中数据为平均值±标准差；同列数据后的不同小写字母表示在  $P<0.05$  的显著性水平下具有统计学意义。

由表 3 可知：容器 I 育苗时砂生槐幼苗的 MDA 含量最大，为 0.027mmol/g，容器III育

苗时次之，容器Ⅱ育苗时幼苗的MDA含量最低，为0.019mmol/g，较容器Ⅰ降低了0.008mmol/g，降幅为29.63%。容器Ⅰ与其他容器育苗时砂生槐幼苗的MDA含量之间差异达到显著性水平，容器Ⅱ与容器Ⅲ育苗时幼苗的MDA含量差异不显著。

容器Ⅲ育苗时砂生槐幼苗的脯氨酸含量最大，为25.443μg/g，容器Ⅰ育苗时次之，容器Ⅱ育苗时砂生槐幼苗的脯氨酸含量最低，为16.598μg/g，较容器Ⅲ减低了8.845μg/g，降幅为34.76%。容器Ⅱ与其它容器间的幼苗的脯氨酸含量差异达到显著性水平(P<0.05)，容器Ⅰ与容器Ⅲ育苗时幼苗的MDA含量差异不显著。

1.1.4 POD 和 SOD 活性

表 4      不同处理对砂生槐幼苗 POD 和 SOD 活性的影响		
处理	POD/(mg/(g·min))	SOD/(U/g)
容器Ⅰ	796.253±23.768a	396.527±7.969a
容器Ⅱ	552.003±19.562b	352.156±6.113a
容器Ⅲ	856.253±29.365a	365.562±2.783a

表中数据为平均值±标准差；同列数据后的不同小写字母表示在 P<0.05 的显著性水平下具有统计学意义。

由表 4 可知：容器Ⅲ育苗时砂生槐幼苗的 POD 活性最大，为 856.253mg/(g·min)，容器Ⅰ育苗时次之，容器Ⅱ育苗时砂生槐幼苗的 POD 活性最小，为 552.003mg/(g·min)，较容器Ⅲ降低了 304.250mg/(g·min)，降幅为 35.53%。容器Ⅱ相较于其他容器育苗时幼苗的 POD 活性差异达到显著性水平(P<0.05)，容器Ⅱ与容器Ⅲ育苗时幼苗的 POD 活性差异不显著。SOD 活性在各处理间差异均不显著。

2.3 不同育苗容器对砂生槐幼苗生根的影响

如图 3，容器Ⅱ育苗时砂生槐幼苗的根系最长，达到 113.992cm，容器Ⅲ育苗时次之，容器Ⅰ育苗时砂生槐幼苗的根系最短，为 37.881cm，相较于容器Ⅱ降低了 76.041cm，降

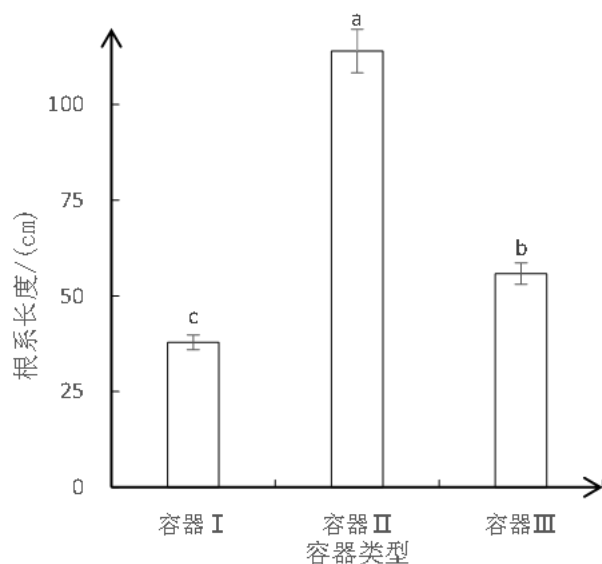


图 6 不同处理下砂生槐幼苗根系长度的差异

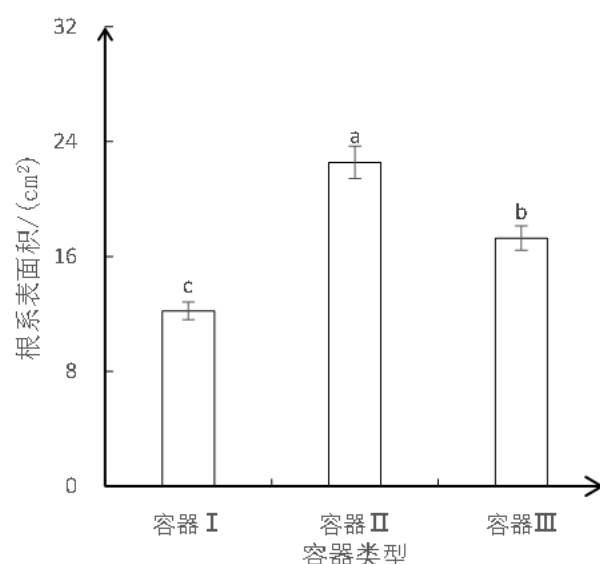


图 6 不同处理下砂生槐幼苗根系表面积的差异

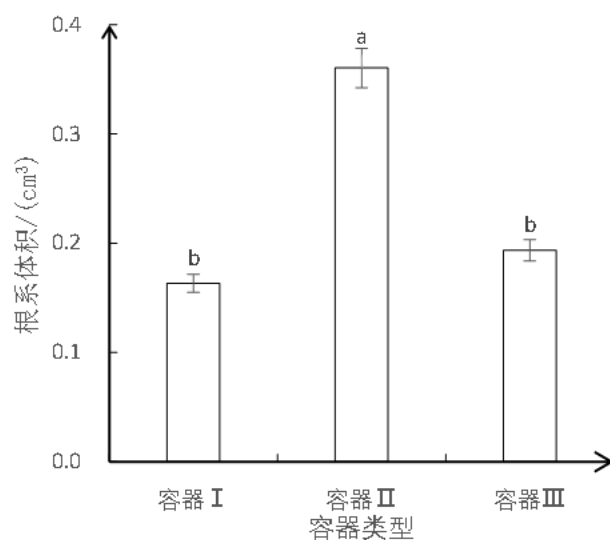


图 6 不同处理下砂生槐幼苗根系体积的差异

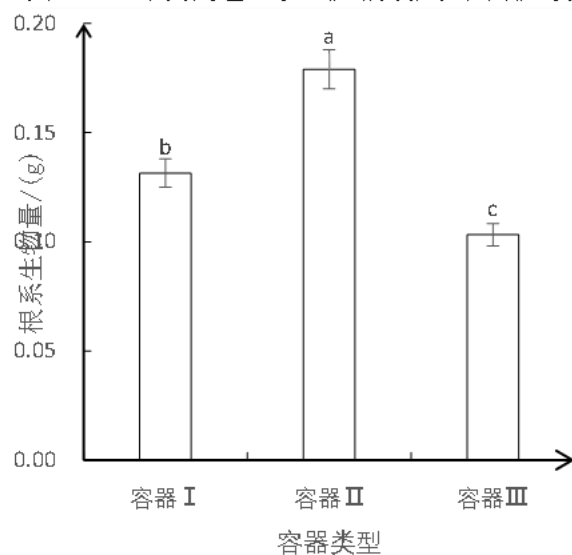


图 6 不同处理下砂生槐幼苗根系生物量的差异

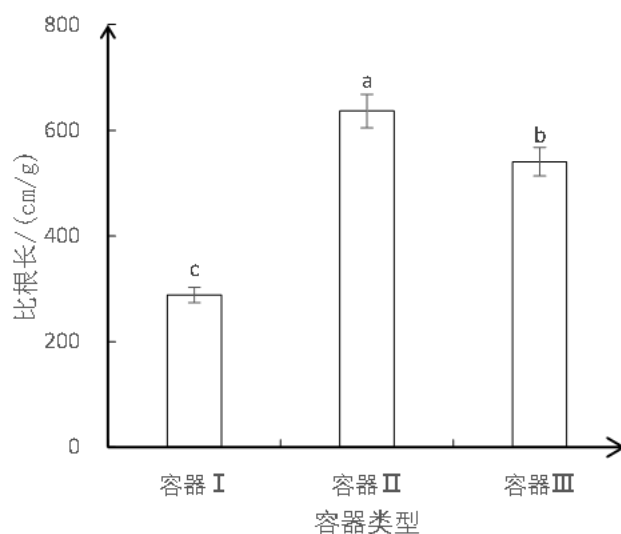


图 6 不同处理下砂生槐幼苗比根长的差异

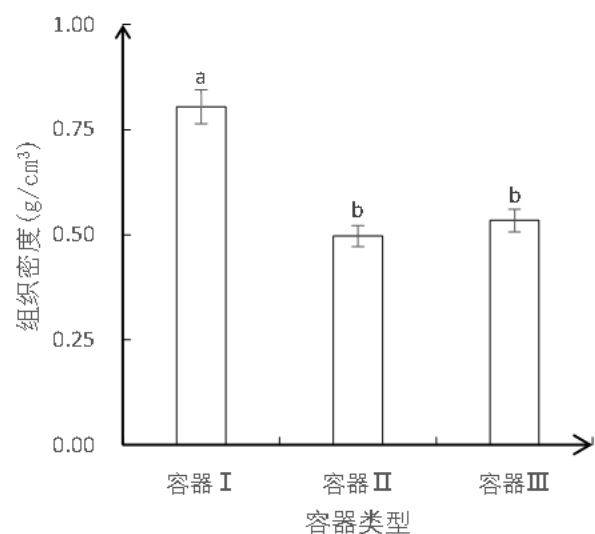


图 6 不同处理下砂生槐幼苗根系组织密度的差异

幅为 66.75%。不同处理间砂生槐幼苗的根系长度差异达到显著性水平。



如图 4, 容器 II 育苗时砂生槐幼苗的根系表面积最大, 为  $22.554\text{cm}^2$ , 容器 III 育苗时次之, 容器 I 育苗时砂生槐幼苗的根系表面积最小, 为  $22.554\text{cm}^2$  相较于容器 II 降低了  $10.336\text{cm}^2$ , 降幅为 45.83%。不同处理间砂生槐幼苗的根系表面积差异达到显著性水平 ( $P<0.05$ )。

如图 5, 容器 II 育苗时砂生槐幼苗的根系体积达到最大值, 为  $0.360\text{cm}^3$ , 容器 III 育苗时次之, 容器 I 育苗时砂生槐幼苗的根系体积达到最小值, 为  $0.163\text{cm}^3$ , 相较于容器 II 降低了  $0.197\text{cm}^3$ , 降幅为 54.67%。砂生槐幼苗的根系体积在容器 II 与其他容器之间的差异达到显著性水平 ( $P<0.05$ ), 而容器 I 与容器 III 之间的差异不显著。

如图 6, 容器 II 育苗时砂生槐幼苗的根系生物量达到最大值, 为  $0.179\text{g}$ , 容器 I 育苗时次之, 容器 III 育苗时砂生槐幼苗的根系生物量最小为  $0.103\text{g}$ , 相较于容器 II 降低了  $0.076\text{g}$ , 降幅为 42.35%。不同处理间砂生槐幼苗的根系生物量差异达到显著性水平。

如图 7, 容器 II 育苗时砂生槐幼苗的比根长达到最大值, 为  $636.436\text{cm/g}$ , 容器 III 育苗时次之, 容器 I 育苗时砂生槐幼苗的比根长最小, 为  $288.288\text{cm/g}$ , 相较于容器 II 降低了  $348.148\text{cm/g}$ , 降幅为 54.70%。不同处理间砂生槐幼苗的比根长差异达到显著性水平 ( $P<0.05$ )。

如图 8, 容器 I 育苗时, 砂生槐幼苗的根系组织密度达到最大值, 为  $0.804\text{g/cm}^3$ , 容器 III 育苗时次之, 容器 II 育苗时砂生槐幼苗根系的组织密度最小, 为  $0.497\text{g/cm}^3$ , 相较于容器 I 降低了  $0.308\text{g/cm}^3$ , 降幅为 38.25%。容器 I 与其他容器之间砂生槐幼苗根系的组织密度差异达到显著性水平 ( $P<0.05$ ), 而容器 II 与容器 III 之间的差异不显著。

### 3 结论与讨论

育苗容器规格直接影响苗木根系的生长空间, 在容器密集摆放时, 容器口径直接影响苗木冠幅的大小, 影响容器育苗的质量。大量研究表明, 适当增大育苗容器规格可以为苗木生长提供较大的营养空间, 促进苗木的生长。本研究结果也表明, 加大容器规格有利于砂生槐一年生苗的生长发育。

除容器容积外, 容器类型对苗木生长也有显著影响, 已有研究表明<sup>[20]</sup>, 对于深根性树种, 一般要选择较深的容器, 加深容器规格更有利于苗木根系的生长发育, 从而提高培育苗木的质量。

与裸根苗先比, 容器苗因有容器保护, 在起苗、运输和造林过程中可以有效避免根系损伤, 提高了造林成活率<sup>[21]</sup>, 促进了苗木早期生长。由于容器材质和容器规格影响根

系生长，限制了苗木水分和养分的吸收，因此，选择合适的育苗容器成为培育高质量容器苗的关键环节。

然而，培育苗木的最终用途是造林，苗木造林后成活和生长状况由苗木质量和造林条件共同决定。造林后，养分状况好的大规格苗木在立地条件好的情况下生长较好，在水分胁迫、贫瘠的立地条件下生长反而受到抑制<sup>[22]</sup>。

砂生槐幼苗的苗高生长更受容器类型影响，而地径生长更受限于容器规格，12×16cm 规格无纺布育苗袋所产苗木苗高与地径均较高，同时其高径比要显著低于其他大部分类型和规格的组合 ( $P<0.05$ )。

由于单个形态指标常常只能反映苗木的某个侧面，而苗木各个部分之间的协调和平衡对造林成活和初期生长又十分重要，因此，人们试图采用多指标的综合指数来反映苗木的质量。在此基础上，Dickson 等<sup>[23, 26]</sup> (1960) 提出苗木质量指数 (QI-quality index)。可见，苗木高径比、茎根比越小，总干重越重，QI 越高，苗木质量越好。但是，由于这一指标过分追求总体平衡，对重量虽小但意义重大的须根量反映不灵敏，因此，仅用这一指标还不能替代以上所有指标。

植物在正常条件下，游离的脯氨酸含量很低，但遇到干旱、低温、盐碱等逆境时，游离的脯氨酸便会大量积累，并且积累指数与植物的抗逆性有关<sup>[17]</sup>。因此，脯氨酸可以作为植物抗逆性的一项生化指标。植物器官衰老或在逆境下遭受伤害，往往发生膜脂过氧化作用，丙二醛 (MDA) 是膜脂过氧化的最终分解产物，其含量可以反映植物遭受逆境伤害的程度<sup>[18]</sup>。试验数据表明，砂生槐幼苗脯氨酸的含量在容器 III 处理时最大，说明容器 III 对于基质的蓄水保墒效果较差，幼苗始终处于胁迫状态。

植物组织中的超氧化物歧化酶与过氧化物酶，过氧化氢酶等酶协同作用，防御活性氧或其他过氧化物自由基对细胞膜系统的伤害；超氧化物歧化酶可以催化氧自由基的歧化反应，生成过氧化氢，过氧化氢又可以被过氧化氢酶转化成无害的分子氧和水<sup>[19]</sup>。测定这几种酶的活力可以评价机体受活性氧毒害程度，丙二醛是膜脂受活性氧作用产生的物质，测定其含量可以评价质膜受损程度。本研究中，容器 I 处理时幼苗 SOD 活性较高，砂生槐幼苗根系由于空气干燥原理致使伸出容器的砂生槐幼苗根系枯死，幼苗在受到伤害后，体内会产生大量活性氧，与此同时，植物会启动应急抗氧化防御系统，产生大量的 POD 和 SOD，通过清除体内多余的活性氧来降低细胞膜脂过氧化程度，以增强植物抗逆性。

根系生物量、根系长度、表面积、体积、比根长和组织密度均属植物重要的根系性状和根系形态特征，它们都是表征根系吸收功能和根系吸收能力的重要参数，也是考查植

物根系分布的基本指标。其中,比根长尤能决定根系对水分与养分的吸收能力。因此,研究上述指标对于明确树木细根的形态特征、生理生态功能及其对环境变化的响应机制具有相当重要的意义。根系比根长,即单位细根生物量上的细根长度,可以表征投入到细根的生物量中用于吸收的效率。根系组织密度即单位细根体积上的细根生物量,其值愈大,表明细根组织的伸展能力愈强<sup>[24]</sup>。

此外,容器Ⅰ处理时,根系组织密度显著大于其他处理,这表明容器Ⅰ处理下砂生槐幼苗的根系组织具有较强的伸展能力。这可能是因为,在容器Ⅱ处理时,幼苗受土壤蓄水保墒能力影响较大,水分条件较好,所以该土层内的细根吸水相对容易,而在较差的土壤条件(容器Ⅰ)下,林木细根组织不得不维持相对较大的组织密度以拥有更强的伸展力,这会更有利于获取水分和养分。这也从另一个侧面反映出林木细根对不同育苗容器的积极响应。

研究植物细根比根长和组织密度,对于明确其细根生理生态功能、探究其细根生物量分配策略以及理解其适应环境的生存机制具有十分重要的意义<sup>[25]</sup>。在本试验中,不同的育苗容器促使土壤环境发生改变,砂生槐细根会通过调整生物量分配策略以表现出不同的形态特征,从而适应其生存环境的变化。

根系是植物直接与土壤接触的器官,不但起着固定树木的作用,而且获取和利用土壤中的物质和能量均是通过根系才得以实现的,其形态和分布直接反映植被对立地的利用状况,在森林生态系统能量和物质循环中发挥着十分重要的作用。在干旱条件下,水分是最重要的环境因子,特别在极度干旱区,水分因子是影响植物生存、生长发育和环境对植被支持力的关键因素<sup>[26]</sup>。在干旱瘠薄地区,具有发达根系的树种有明显的生存优势,能更好的抵制干旱的影响。由于细根具有很高的生理活性,因此细根的比根长和根长密度决定根系吸收养分和水分的能力,在反映根系生理生态功能方面可能比生物量更有意义。

容器规格的选择除了根据培育高质量苗木需求外,还要综合考虑树种的生物学特性、造林成活率、培育目标、生产成本、市场需求、育苗管理水平等,寻找综合平衡方案。容器过小,可能造成苗木生长弱小,根系畸形或盘根等现象,严重影响苗木质量,从而影响造林成活率;容器过大,生产、运输等成本大幅度上升,影响育苗效率<sup>[27]</sup>。在目前的容器育苗研究中,单纯研究容器规格对苗木质量影响的较多,综合研究生产成本与造林后效果的较少。在无纺布容器育苗中,无纺布材料价格较低廉,所占成本很少,基质用量、单位面积产苗量对育苗成本的影响较大<sup>[28]</sup>。

本实验中通过对一年生砂生槐幼苗的生长指标、生理指标和根系指标的综合评价,

综合考虑苗木质量和经济效益进行砂生槐苗容器规格筛选,初步结论为:对生产苗木规格要求不高时,可以选用规格 9×12cm 的无纺布育苗袋。对生产苗木规格要求较高时,则要加大容器深度,可选用规格 12cm×16cm 的无纺布育苗袋。

## 参考文献

- [1]谢经荣,刘小宇,林虎,高树杰,柯尊发,杨秋芬,周亚芹.一种楠木轻基质容器育苗方法[J].湖北林业科技,2021,50(06):18-20.
- [2]牛红云,王先伟,艾秋月,徐繁,侯俊,安广池.青檀轻型基质容器育苗关键技术[J].山东林业科技,2021,51(06):78-80.
- [3]余小晏,孙明旭,李健,隗金心,肖兴翠,辜云杰,杨汉波.容器类型和规格对桢楠幼苗生长的影响[J].四川林业科技,2021,42(06):96-101.
- [4]杨晓慧,杨会肖,徐放,廖焕琴,张卫华,徐斌,朱报著,王裕霞,陈新宇,潘文.不同育苗容器对红锥苗期生长及根系发育的影响[J].中南林业科技大学学报,2021,41(11):16-26. DOI:10.14067/j.cnki.1673-923x.2021.11.003.
- [5]刘毅风.林业容器育苗技术应用分析[J].广东蚕业,2021,55(11):75-76.
- [6]武国岳.无纺布容器规格对侧柏育苗效果的影响[J].防护林科技,2021(06):46-48. DOI:10.13601/j.issn.1005-5215.2021.06.015.
- [7]杨金燧.容器育苗技术在林业育苗中的应用与发展[J].新农业,2021(20):36.
- [8]卢玉婷,高润红.沙冬青容器育苗及移植造林技术浅谈[J].新农业,2021(18):32.
- [9]马志程.探究容器育苗技术在林业生产中的推广应用[J].农业灾害研究,2021,11(09):99-100.
- [10]贾平山.云杉容器育苗技术和运用分析[J].新农业,2021(19):29-30.
- [11]韩光荣.容器育苗技术在林业育苗中的应用[J].新农业,2021(19):43.
- [12]韩永利,徐喜占.容器育苗的优缺点分析[J].现代农村科技,2021(09):40.
- [13]邓华光,李廷义.“斑竹林桢楠母树林”桢楠良种轻基质无纺布容器育苗技术[J].中国林副特产,2021(04):25-28. DOI:10.13268/j.cnki.fbsic.2021.04.008.
- [14]适用于农田、造林的“微型可降解育苗容器”[J].林业科技通讯,2021(08):1.
- [15]郑志涛.3种油茶种子不同浸种容器育苗技术研究[J].绿色科技,2021,23(15):17-21+24. DOI:10.16663/j.cnki.lskj.2021.15.007.
- [16]董筱昀,黄利斌,吕运舟,孙海楠.纳塔栎容器育苗无纺布容器规格筛选[J].江苏林业科技,2021,48(04):1-5.
- [17]柳文杰,刘顺汉,幸福梅,赵垦田.砂生槐幼苗生长及生理变化对切根强度的响应[J].浙江大学学报(农业与生命科学版),2021,47(02):243-250.
- [18]崔红星.林木容器育苗中应用底部渗灌技术的实践分析[J].种子科技,2020,38(14):62-63.
- [19]王天曜,李敞,刘文强.几种常见的压力容器腐蚀类型及防护措施探究[J].清洗世界,2020,36(05):12-13.
- [20]李宇蝶.天女木兰轻基质容器育苗技术研究[D].沈阳农业大学,2019. DOI:10.27327/d.cnki.gshnu.2019.000430.
- [21]王秀花,张东北,吴小林,楚秀丽,周志春.容器规格和养分加载对珍贵树种容器苗生长的影响[J].西北林学院学报,2019,34(03):118-124+138.
- [22]王琰,刘勇,李国雷,胡嘉伟,娄军山,万芳芳.容器类型及规格对油松容器苗底部渗灌耗水规律及苗木生长的影响[J].林业科学,2016,52(06):10-17.
- [23]Jonathan K. Muriuki, Anne W. Kuria, Catherine W. Muthuri, Athanase Mukuralinda, Anthony J. Simons, Ramni H. Jamnadass. Testing Biodegradable Seedling Containers as an Alternative

for Polythene Tubes in Tropical Small-Scale Tree Nurseries[J]. Small-scale Forestry, 2014, 13(2):

[24]张龙宁, 向地奎, 席本野, 贾黎明. 三倍体毛白杨人工林浅层土壤细根对地下滴灌不同水分处理的响应[J]. 东北林业大学学报, 2013, 41(07): 40-44. DOI:10.13759/j.cnki.dlxb.2013.07.032.

[25]Zentaro INABA. Effects of Seedling Container Size and Nursing Period on the Growth, Flowering, and Yield of Cut Flowers in Snapdragons (*Antirrhinum majus* L.) [J]. Environmental Control in Biology, 2006, 44(1):

[26]高俊凤. 植物生理学实验指导. 北京: 高等教育出版社, 2006. GAO J F. Experimental Guidance for Plant Physiology. Beijing: Higher Education Press, 2006. (in Chinese)

[27]董筱昀, 黄利斌, 吕运舟, 孙海楠. 纳塔栎容器育苗无纺布容器规格筛选[J]. 江苏林业科技, 2021, 48(04): 1-5.

[28]张瑞. 大规格容器苗培育关键技术调查与研究[D]. 北京林业大学, 2019. DOI:10.26949/d.cnki.gblyu.2019.000242.