



不同容器和基质配比对榉树容器苗生长的影响

刘泽茂 杨晓 吴文 张于卉 喻方圆

Effects of Different Container Size and Substrate Ratio on the Growth of *Zelkova schneideriana* Container Seedlings

Liu Zema, Yang Xiaoyue, Wu Wen, Zhang Yuhui, Yu Fangyuan

引用本文:

刘泽茂, 杨晓, 吴文, 张于卉, 喻方圆. 不同容器和基质配比对榉树容器苗生长的影响[J]. 西南林业大学学报, 2022, 42(1):68–75. doi: 10.11929/j.swfu.202010056

Liu Zema, Yang Xiaoyue, Wu Wen, Zhang Yuhui, Yu Fangyuan. Effects of Different Container Size and Substrate Ratio on the Growth of *Zelkova schneideriana* Container Seedlings[J]. Journal of Southwest Forestry University(Natural Science), 2022, 42(1):68–75. doi: 10.11929/j.swfu.202010056

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11929/j.swfu.202010056>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

容器规格对乳源木莲移植容器苗生长过程及节律的影响

Effect of Container Size on Growth Process and Rhythm of *Manglietia yuyuanensis* Containeried Transplanting
西南林业大学学报. 2020, 40(6): 12 <https://doi.org/10.11929/j.swfu.201909010>

不同基质和容器类型对杜鹃生长的影响

Effects of Different Culture Mediums and Containers on the Growth of *Bougainvillea spectabilis*
西南林业大学学报. 2018, 38(6): 42 <https://doi.org/10.11929/j.issn.2095-1914.2018.06.005>

不同育苗容器对2年生杜鹃红山茶嫁接苗生长的影响

The Effects of Different Seedling Containers on the Growth of 2-year-old Grafted Seedlings of *Camellia azalea*
西南林业大学学报. 2019, 39(1): 27 <https://doi.org/10.11929/j.swfu.201808021>

多效唑对降香黄檀容器苗抗寒性的影响研究

Effect of Paclobutrazol on Cold-resistance of *Dalbergia odorifera* Container Seedlings
西南林业大学学报. 2020, 40(5): 56 <https://doi.org/10.11929/j.swfu.201908013>

基质及缓释肥和激素处理对云南松苗木生物量的影响

Effects of Substrate and Slow Release Fertilizer Involved Hormone Treatment on the Biomass of *Pinus yunnanensis* Seedlings
西南林业大学学报. 2020, 40(3): 37 <https://doi.org/10.11929/j.swfu.201907014>

不同基质配方对银叶金合欢苗木生长的影响

Effects of Different Media Formulas on the Growth of *Acacia podalyriifolia* Seedlings
西南林业大学学报. 2018, 38(1): 1 <https://doi.org/10.11929/j.issn.2095-1914.2018.01.001>

DOI: 10.11929/j.swfu.202010056

引文格式: 刘泽茂, 杨晓玥, 吴文, 等. 不同容器和基质配比对榉树容器苗生长的影响 [J]. 西南林业大学学报 (自然科学), 2022, 42(1): 68–75.

不同容器和基质配比对榉树容器苗生长的影响

刘泽茂¹ 杨晓玥² 吴文³ 张于卉³ 喻方圆¹

(1. 南方现代林业协同创新中心, 南京林业大学林学院, 江苏 南京 210037; 2. 江苏省淮安市盱眙县国库支付中心, 江苏 淮安 223001; 3. 上海市林业总站, 上海 200040)

摘要: 为筛选适合榉树容器苗生长的容器和基质, 采用双因子随机区组试验设计, 设置了2个因素即不同配比的苗圃土、农林废弃物 (主要成分为秸秆)、珍珠岩组成的基质, 以及不同类型和规格的容器, 通过对苗高、地径、根系总长、根系表面积、根系体积等形态指标的测定分析, 比较不同容器和基质配比对榉树容器苗生长的影响。结果表明: 基质 M₂ 处理下的榉树容器苗苗高 (70.09 cm) 最高, M₃、M₅ 次之; 容器 C₄ 处理下的苗高 (79.66 cm) 最高, C₁ 次之 (75.25 cm); 2个因素处理下的苗高均显著大于其他处理。基质 M₂ 处理下的榉树容器苗地径 (11.59 mm) 最高, M₃ 次之 (11.05 mm), M₂ 与 M₃ 处理之间差异不显著; 容器 C₁ 处理下的地径 (13.16 mm) 最高, C₄ 次之 (11.82 mm), C₁ 与 C₄ 处理下的地径均显著大于其他处理; 不同容器和基质配比处理下苗木的高径比均低于7, 比较理想。在根系形态指标方面, 基质 M₁ 处理下的榉树容器苗根系总长、根系表面积、比根长 (SRL)、比根表面积 (SRA) 都是最高, 基质 M₃ 处理下的榉树容器苗根系体积 (6.90 cm³) 最大, 基质 M₅ 处理下的上述根系指标都比较理想; 容器 C₁、C₂ 和 C₃ 处理下的榉树容器苗根系形态指标都比较理想, 且3种处理之下的结果差异不大。通过本试验测定数据分析, 同时考虑经济因素, 建议选择规格为 C₂ (20 cm × 30 cm 的控根容器) 和 M₅ (25% 农林废弃物+65% 苗圃土+10% 珍珠岩) 基质配比, 对榉树容器苗进行培育。

关键词: 榉树; 基质; 容器; 苗木

中图分类号: S723.133

文献标志码: A

文章编号: 2095-1914(2022)01-0068-08

Effects of Different Container Size and Substrate Ratio on the Growth of *Zelkova schneideriana* Container Seedlings

Liu Zemao¹, Yang Xiaoyue², Wu Wen³, Zhang Yuhui³, Yu Fangyuan¹

(1. Co-Innovation Center for Sustainable Forestry in Southern China, College of Forestry, Nanjing Forestry University, Nanjing Jiangsu 210037, China; 2. County Treasury Payment Center, Huaian Jiangsu 223001, China; 3. Shanghai Forestry Station, Shanghai 200040, China)

Abstract: This paper intends to compare the effects of different container and substrate ratios on the growth of *Zelkova schneideriana* container seedlings, and provide theoretical and practical basis for selecting the most suitable container and substrate for the cultivation of *Z. schneideriana* container seedlings. This study adopted a two-factor randomized block experiment design. It set up 2 factors, namely, different proportions of nursery soil,

收稿日期: 2020-10-19; 修回日期: 2020-12-08

基金项目: 上海市农委项目 (沪农科推字 [2017] 第 1-7 号) 资助; 江苏高校优势学科建设工程项目 (PAPD) 资助。

第1作者: 刘泽茂 (1998—), 男, 硕士研究生。研究方向: 林木种苗。Email: 727046890@qq.com。

通信作者: 喻方圆 (1965—), 男, 博士, 教授。研究方向: 林木种苗。Email: fyyu@njfu.edu.cn。

agricultural and forestry waste(main component is straw), perlite matrix, and different specifications of containers. Through the measurement and analysis of morphological indicators such as seedling height, ground diameter, total root length, root surface area, root volume, it is revealed that the substrate ratio, container specifications and the interaction of the 2 factors affect the quality of *Z. schneideriana* container seedlings. The test results were shown as follows: The *Z. schneideriana* container seedling height under substrate M_2 treatment was the highest, which had reached 70.09 cm, followed by M_3 , M_5 ; Container C_4 had the highest seedling height, which had reached 79.66 cm, C_1 followed, which had reached 75.25 cm and the seedling height of the 2 treatments was significantly higher than that of the other 2 treatments. Seedlings under substrate M_2 treatment had the highest ground diameter, which had reached 11.59 mm, followed by M_3 , which had reached 11.05 mm and the difference between the 2 is not significant; the ground diameter under container C_1 treatment was the highest, which had reached 13.16 mm, followed by C_4 , which had reached 11.82 mm and the ground diameter of the 2 treatments was significantly higher than that of the other 2 treatments. The height-to-diameter ratio of *Z. schneideriana* container seedlings in all treatments was less than 7, indicating a good seedling status. In terms of root morphology indexes, total length of root system, the root surface area, specific root length(SRL) and specific root area(SRA) of *Z. schneideriana* container seedlings treated with substrate M_1 were the highest, and the root volume of *Z. schneideriana* container seedlings under substrate M_3 treatment is the largest, which had reached 6.90 cm^3 while the above root indexes under matrix M_5 treatment were all ideal. The root morphological indexes of the *Z. schneideriana* container seedlings treated with containers C_1 , C_2 and C_3 are all ideal, and the results of 3 treatments were not significantly different. Through the data analysis of this test and considering economic factors, it is recommended to choose the container C_2 ($20\times 30\text{ cm}$ root control container) and matrix ratio of M_5 (25% agricultural and forestry waste + 65% nursery soil + 10% perlite) to cultivate *Z. schneideriana* container seedlings.

Key words: *Zelkova schneideriana*; substrate; container; seedling

榉树(*Zelkova schneideriana*)为榆科榉属落叶乔木,是我国重要的珍贵用材和园林绿化树种,被列为国家保护植物^[1]。目前榉树的造林绿化用苗量持续增加,但是对于榉树的研究,大多都是针对其生物学特性,叶色变化原因,园林应用,良种繁育、扦插、组培和大田育苗等方面^[2-9],对于榉树的容器育苗研究不是很多。开展对榉树容器育苗技术的研究,以尽快培养优质壮苗并且通过机械化模式提高育苗工作的效率,具有重要的现实意义。本试验以榉树为材料,研究基质配比、容器规格及两因素的交互作用对其容器苗生长的影响,为找出最适合榉树容器苗生长的容器规格和基质配方提供理论和实践依据。

不同容器制作材料、容器规格、育苗特性和价格差异很大。用于容器育苗的容器按制作材料可分为塑料容器(塑料薄膜、软塑料杯、硬塑料杯)、纸容器、无纺布容器等。按照能否分解,又可分为可降解与不可降解两大类,其中常用的不可降解育苗容器是黑色塑料容器,其成本低、操作技术含量低,但是培育出的苗木质量

不高,窝根、卷根现象严重;常用的可降解育苗容器是无纺布袋,其透水、透气性好,能控制根的生长,培育出的苗木质量好、移植成活率高,但是育苗年限短,成本高^[10]。育苗容器的形状有圆柱形、棱柱形、方形、锥形、蜂窝状等,选择合适的容器类型和尺寸有利于容器苗的生长^[11]。

基质是容器苗生产的基础,为苗木提供养分和水分,不含病虫害和杂草种子,质地轻、肥分高、保水性能好、透气性好是基质应有的最基本的特点^[12]。使用单一的育苗基质会导致基质的养分不足、基质的持水孔隙过低,通气性差等问题,所以容器育苗时大都使用复配基质^[13]。基质成分和配比共同决定了基质的养分状况和理化性质,其全氮、全磷、全钾含量以及容重、pH值等是影响容器苗生长的主要因素^[14],这些因子直接影响容器苗根系的发育和生长^[15-16]。并且基质配比变化带来的容重、总孔隙度、持水量及水分变化直接影响根系延伸和发展,从而间接影响着对养分的吸收^[17]。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地所处的金山区枫泾镇，地处东经121°01′，北纬30°53′，占地面积91.7 km²。金山区土壤起源类型以沼泽潜育土和草甸土为主，共有3个亚类、13个土属、28个土种，其中以青黄泥、黄斑青紫泥、青紫泥、青黄土、黄泥头等5个土种为主，土壤较肥沃，pH为6.5，有机质含量丰富，土壤保肥供肥能力强。该地区属于亚热带季风气候，四季分明；年日照时数约为1900 h；年降雨量约为1142 mm；年平均气温15.3℃，无霜期约230 d，适宜榉树的生长。

1.2 试验材料

以榉树幼苗作为材料，于2017年2月播种，5月27日选择生长状况一致的幼苗移入已经按照不同比例配好的基质和不同容器规格的育苗容器中，12月19日收获苗木，进行随机取样，测定相关指标。选取上海市金山区枫泾镇当地的苗圃土壤，以及采购的农林废弃物（成分为已腐熟的农作物秸秆）、珍珠岩作为基质配比的材料。

1.3 试验方法

1.3.1 容器育苗试验设计

试验采用双因素随机区组试验设计的方法，因素分别是容器规格和基质配比。容器规格有4个水平（表1）；基质配比有5个水平（表2）。共20个处理，1个区组内试验单元为20株，每个处理设3个重复。

表1 容器规格

Table 1 The containers size

容器编号	容器类型	容器规格/(cm × cm)
C ₁	黑色塑料控根容器	30 × 30
C ₂	黑色塑料控根容器	20 × 30
C ₃	黑色塑料控根容器	20 × 20
C ₄	普通无纺布容器	20 × 20

表2 基质成分配比

Table 2 The matrix proportion

基质配方	苗圃土/%	农林废弃物/%	珍珠岩/%
M ₁	90	0	10
M ₂	0	90	10
M ₃	45	45	10
M ₄	65	25	10
M ₅	25	65	10

1.3.2 测定指标及方法

1) 基质物理性质。基质混合后，随机取自然风干的混合基质，加满环刀，环刀规格为（直径×高）5 cm×5 cm（质量为 m_0 ，单位为g；体积 v_0 ，单位为cm³），称量（ m_1 ）。烘箱设定在105℃，烘干后称量（ m_2 ）。浸入水中，24 h后称量（ m_3 ）。最后去掉底盖，在铺有干沙的盘中倒置12 h后称量（ m_4 ）。

$$\text{容重}(\text{g}/\text{cm}^3) = (m_1 - m_0)/v_0 \quad (1)$$

$$\text{总孔隙度} = (m_3 - m_2)/v_0 \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{非毛管孔隙度} = (m_3 - m_4)/v_0 \times 100\% \quad (3)$$

$$\text{毛管孔隙度} = \text{总孔隙度} - \text{非毛管孔隙度} \times 100\% \quad (4)$$

2) 基质化学性质。测定不同基质下的全氮、全磷和全钾的化学性质。全氮和全磷用硫酸铜-硫酸钾-硫酸消解^[18]，采用AA3型连续流动分析仪进行测定。全钾的测定采用火焰光度计法^[19]。

3) 苗木形态指标。本次试验测定的苗木形态指标包括：苗高、地径（并计算高径比）；根系总长、根系表面积、根系体积和根干质量。其中根干质量测定的方法为：将根装入信封，放入烘干箱，105℃杀青20 min，然后将温度设定在70℃，烘至恒质量再用天平称其干质量。

4) 隶属函数法分析。以苗木生长相关理论与试验测定结果为依据，按照郝小琴等^[20]和翟新秘等^[21]的隶属函数分析法，对各个容器和基质的平均隶属函数值进行计算。隶属函数分析中涉及的相关参数的计算参照下式：

$$\text{标准差系数} V_j = \frac{\sqrt{\sum_{j=1}^n (X_j - \bar{X}_j)^2}}{\bar{X}_j} \quad (5)$$

$$\text{权重系数} W_j = \frac{V_j}{\sum_{j=1}^n V_j} \quad (6)$$

$$\text{隶属函数值} D = \sum_{j=1}^n [U(X_j) \times W_j] \quad (7)$$

若指标与苗木生长呈正相关，则用 $U(X_j) = (X_j - X_{\min})/(X_{\max} - X_{\min})$ 计算；若指标与苗木生长负相关，则用 $U(X_j) = 1 - (X_j - X_{\min})/(X_{\max} - X_{\min})$ 计算。式中， X_j 表示第 j 个指标的测定值， $X_{\max}$ 表示第 j 个指标的最大值， $X_{\min}$ 表示第 j 个指标的最小值。隶属函数 D 值为不同容器或基质对于苗木生长的综合评价值。

1.4 数据处理

所有测定结果以平均值±标准差展示。利用Excel 2007和SPSS 19.0进行试验数据处理。采用双因素方差分析和Duncan多重比较检验处理间差

异显著性（ $P<0.01$ 表示差异极显著； $P<0.05$ 表示差异显著）。

2 结果与分析

2.1 不同基质理化性质分析

2.1.1 不同基质物理性质分析

从表 3 可以得出：5 种基质的容重差异极显著（ $P<0.01$ ），其中 M_1 的容重最大，超过了适宜的基质容重范围值；其余 4 种基质的容重为 $M_2<M_5<M_4<M_3$ ，均处于适宜的基质容重（ $0.1 \sim$

0.8 g/cm^3 ）[22] 范围值内。5 种基质配比的总孔隙度都在适宜的范围内（ $54\% \sim 96\%$ ）[23]， M_2 、 M_3 和 M_5 的总孔隙度差异不显著， M_1 与 M_4 差异不显著， M_1 与 M_2 差异性极显著（ $P<0.01$ ）； M_2 、 M_5 的通气孔隙度（非毛管孔隙度）差异不显著， M_1 、 M_3 、 M_4 也差异不显著，但是 M_1 与 M_2 差异性显著（ $P<0.05$ ），而通气孔隙度影响的是根系的呼吸，从表 3 的数据推测 M_2 、 M_5 的根系呼吸作用强于 M_1 、 M_3 、 M_4 ；持水孔隙度的差异性规律与通气孔隙度一致。

表 3 不同基质配比的物理性质分析

Table 3 Analysis of physical properties of different matrix ratio

基质配方	容重/(g·cm ⁻³)	总孔隙度/%	非毛管孔隙度/%	毛管孔隙度/%
M_1	1.01 ± 0.02^{Aa}	52.69 ± 0.90^{Cb}	6.68 ± 8.03^{Bb}	46.02 ± 7.13^{Aa}
M_2	0.24 ± 0.02^{Ec}	60.99 ± 2.51^{ABa}	31.81 ± 5.79^{Aa}	29.18 ± 4.40^{Bb}
M_3	0.67 ± 0.04^{Cc}	59.70 ± 2.15^{ABab}	5.32 ± 3.66^{Bb}	54.38 ± 3.65^{Aa}
M_4	0.83 ± 0.06^{Bb}	56.53 ± 1.41^{BCb}	6.37 ± 4.38^{Bb}	50.16 ± 5.28^{Aa}
M_5	0.52 ± 0.20^{Dd}	62.21 ± 2.06^{Aa}	29.87 ± 4.97^{Aa}	32.35 ± 3.33^{Bb}

注：小写字母不同表示差异显著（ $P<0.05$ ），大写字母不同表示差异极显著（ $P<0.01$ ）。

2.1.2 不同基质化学性质分析

M_2 的全氮、全磷含量是最高的，全钾含量与其他基质差异显著，5 种不同基质配比的全氮、全磷含量皆存在显著性差异。从全氮含量来看 $M_2>M_5>M_3>M_4>M_1$ ；5 种基质配比的全磷与全氮含量变化一致；从全钾含量的角度来看 $M_5>M_1>M_3>M_4>M_2$ （表 4）。

表 4 不同基质配比的化学性质分析

Table 4 Analysis of chemical properties of different matrix ratio

基质配方	N	P	K
M_1	0.61 ± 0.15^{Dc}	0.30 ± 0.00^{Ec}	15.20 ± 0.61^{Aa}
M_2	3.62 ± 0.18^{Aa}	1.33 ± 0.01^{Aa}	12.07 ± 0.63^{Bb}
M_3	1.31 ± 0.05^{Cc}	0.46 ± 0.02^{Cc}	15.13 ± 0.82^{Aa}
M_4	0.88 ± 0.07^{Dd}	0.36 ± 0.01^{Dd}	14.94 ± 0.95^{Aa}
M_5	2.05 ± 0.04^{Bb}	0.56 ± 0.02^{Bb}	15.55 ± 0.77^{Aa}

注：小写字母不同表示差异显著（ $P<0.05$ ），大写字母不同表示差异极显著（ $P<0.01$ ）。

2.2 不同基质配比、容器规格对苗木生长性状的影响

2.2.1 苗高、地径、高径比的双因素方差分析

容器规格对苗木生长的高度和地径的影响达到了极显著水平（ $P<0.01$ ），对高径比的影响也达到了显著水平（ $P<0.05$ ）。基质比对容器苗苗高的影响呈极显著水平（ $P<0.01$ ），对地径的

影响呈显著水平（ $P<0.05$ ），对高径比的影响不显著。而容器规格和基质配比的交互效应对榉树容器苗苗高的影响呈极显著水平（ $P<0.01$ ），对地径的影响呈显著水平（ $P<0.05$ ），对高径比无显著影响。

2.2.2 基质比对苗木生长性状的影响

从表 5 分析得出：基质配比主效应影响下，苗高、地径的趋势相同，都是随着 M_2 、 M_3 、 M_5 、 M_1 、 M_4 依次减小，而高径比差异不显著。因此， M_2 、 M_3 较好， M_5 、 M_1 次之， M_4 最差。

表 5 容器规格、基质比对苗木生长性状影响的多重比较

Table 5 Multiple comparison of growth traits in different container size and matrix ratio

处理	苗高/cm	地径/mm	高径比
C_1	75.25 ± 5.13^b	13.16 ± 1.40^a	5.77 ± 0.65^b
C_2	56.24 ± 5.67^c	9.40 ± 1.59^c	6.08 ± 0.76^b
C_3	50.34 ± 3.13^d	8.68 ± 0.89^c	5.85 ± 0.62^b
C_4	79.66 ± 1.97^a	11.82 ± 1.35^b	6.83 ± 0.97^a
M_1	63.66 ± 13.10^{bc}	10.47 ± 1.64^b	6.08 ± 0.74^a
M_2	70.09 ± 12.48^a	11.59 ± 1.93^a	6.10 ± 0.45^a
M_3	65.07 ± 12.60^b	11.05 ± 2.52^a	5.96 ± 0.64^a
M_4	63.00 ± 15.57^c	10.20 ± 2.55^b	6.31 ± 1.40^a
M_5	65.01 ± 12.73^b	10.51 ± 2.49^b	6.27 ± 0.83^a

注：小写字母不同表示差异显著（ $P<0.05$ ）。

2.2.3 不同容器对苗木生长性状的影响

在不同容器方面,只有C₄的高径比与其他3个有显著差异($P<0.05$),而C₄高径比值最大,为6.83,而C₁、C₂、C₃之间差异不显著。同时,C₂和C₃的苗高总体上都低于C₁和C₄,因此从苗高上来看,C₁、C₄的容器规格较好,C₂、C₃较差。在苗高一定的情况下,高径比越小说明苗木生长越粗壮,其苗木质量越好。通常高径比以不超过7为好,本试验中苗木的高径比均低于7,比较理想。

2.3 不同基质配比、容器规格对容器苗根系的影响

2.3.1 容器苗根系的双因素方差分析

容器规格、基质配比及2个因素的交互作用均对容器苗根系的相关指标有很大的影响。从容器规格大小来看,除根系体积差异不显著以外,其他4个指标间都存在极显著差异($P<0.01$);从基质配比的效应来看,不同基质配比容器苗的根系体积、比根表面积(SRA)存在显著性差异,其他3个指标间存在极显著差异($P<0.01$);从容器规格和基质配比的交互效应来看,除比根表面积(SRA)未达显著差异水平以外,其他4个指标都达到极显著差异水平($P<0.01$)。

2.3.2 基质比对容器苗根系的影响

从表6的数据可以看出,根系总长长度由大

到小排序为M₅>M₁>M₂>M₄>M₃,其中M₅根系总长值最大为919.09 cm, M₃根系总长值最小为648.08 cm; M₁、M₅、M₂无显著性差异, M₃、M₄无显著性差异,即M₁、M₅、M₂较好, M₃、M₄较差。根系表面积由大到小排序为M₁>M₅>M₃>M₂>M₄,其中M₁根系表面积最大为683.38 cm², M₄根系表面积最小为524.01 cm²; M₁、M₃、M₅无显著性差异, M₂、M₃无显著性差异, M₁、M₂、M₃、M₅与M₄皆有显著性差异($P<0.05$),即M₁、M₅、M₃较好, M₂次之, M₄最差。根系体积由大到小排序为M₃>M₂>M₅>M₁>M₄, M₁、M₂、M₄、M₅无显著性差异, M₃根系体积值(69.04 cm³)与其他处理皆有显著性差异($P<0.05$),即M₃最好, M₁、M₂、M₄、M₅较差。SRL由大到小排序为M₁>M₅>M₄>M₂>M₃,其中M₁值最大为10.83, M₃值最小为6.51, M₁比M₃高4.32; M₂与M₃无显著性差异, M₄与M₅无显著性差异, M₁值与其他处理间皆有显著性差异($P<0.05$); SRA由大到小排序为M₁>M₅>M₄>M₃>M₂,其中M₁最大为8.75, M₂最小为4.89, M₁比M₂高3.86; M₁、M₄、M₅、无显著性差异, M₃、M₄无显著性差异, M₂、M₃无显著性差异。总得看来,在根系方面M₁、M₅基质配比较好, M₃、M₂其次, M₄最差。

表6 不同容器规格和基质配比根系相关指标的多重比较

Table 6 Multiple comparison of container size and matrix ratio on the root morphological index

处理	根系总长/cm	根系表面积/cm ²	根系体积/cm ³	SRL总长/质量	SRA总面积/质量
C ₁	984.90 ± 199.17 ^a	68.34 ± 9.68 ^a	5.62 ± 2.55 ^a	6.44 ± 1.13 ^c	0.45 ± 0.10 ^c
C ₂	779.55 ± 150.66 ^b	65.63 ± 7.83 ^a	5.57 ± 11.25 ^a	10.02 ± 2.92 ^b	0.85 ± 0.22 ^b
C ₃	648.52 ± 215.65 ^c	59.06 ± 10.37 ^b	5.61 ± 1.76 ^a	11.82 ± 3.63 ^a	1.13 ± 0.35 ^a
C ₄	744.63 ± 283.88 ^{bc}	51.07 ± 8.77 ^c	4.77 ± 3.12 ^a	6.85 ± 2.23 ^c	0.49 ± 0.14 ^c
M ₁	870.22 ± 193.69 ^a	66.61 ± 10.94 ^a	5.10 ± 1.58 ^b	10.83 ± 4.43 ^a	0.88 ± 0.45 ^a
M ₂	808.69 ± 180.15 ^{ab}	59.24 ± 8.75 ^b	5.48 ± 1.85 ^b	7.38 ± 1.77 ^c	0.57 ± 0.21 ^c
M ₃	648.08 ± 237.72 ^c	63.09 ± 14.44 ^{ab}	6.90 ± 2.83 ^a	6.51 ± 3.10 ^c	0.64 ± 0.24 ^{bc}
M ₄	700.92 ± 196.02 ^{bc}	52.40 ± 5.98 ^c	4.37 ± 2.40 ^b	9.31 ± 3.37 ^b	0.77 ± 0.40 ^{ab}
M ₅	919.09 ± 319.47 ^a	63.77 ± 10.11 ^{ab}	5.13 ± 1.94 ^b	9.89 ± 2.36 ^b	0.80 ± 0.38 ^a

注:小写字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

2.3.3 不同容器对容器苗根系的影响

从表6中还可以看出,在容器规格主效应的影响下,根系总长变化趋势从大到小为C₁>C₂>C₄>C₃;根系表面积变化趋势从大到小为C₁>

C₂>C₃>C₄;根系体积变化趋势从大到小为C₁>C₃>C₂>C₄;SRL和SRA变化趋势一致,从大到小为C₃>C₂>C₄>C₁。其中,在C₁的容器规格处理下,根系总长、根系表面积、根系体积都是最大值,

分别为 984.90 cm、6.84 cm²、5.62 cm³。从根系总长来看，C₁ 处理显著高于 C₂ 处理 26.43% ($P<0.05$)，显著高于 C₄ 处理 32.27% ($P<0.05$)，显著高于 C₃ 处理 51.87% ($P<0.05$)；从根系表面积来看，C₁ 处理显著高于 C₃ 处理 15.72% ($P<0.05$)，显著高于 C₄ 处理 33.80% ($P<0.05$)；从根系体积来看，4 种容器处理下的结果并没有显著性差异。C₁ 处理下 SRL、SRA 都为最小值，分别是 6.44 和 4.55；同时，C₁ 处理的 SRL、SRA 均显

著低于 C₂、C₃ 处理 ($P<0.05$)，不显著低于 C₄ 处理。从根系上总得来看，C₁、C₂ 较好，C₃、C₄ 较差。

2.4 不同容器和基质对于苗木生长的隶属函数分析

从表 7 可以看出，不同容器对各测定指标的隶属函数值之间差别不大，C₁ 和 C₂ 的平均隶属函数值较大；M₃ 的平均隶属函数值较低，比 M₅ 的低了 22.2%。其余 4 种基质的平均隶属函数值差别不大。

表 7 不同容器和基质对各测定指标的隶属函数值

Table 7 The membership function values of different containers and matrix ratio for each measurement index

处理	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁
C ₁	0.18	0.35	0.38	0.59	0.56	0.57	0.34	0.71	1.33	1.66	0.67
C ₂	0.23	0.48	0.28	0.46	0.86	0.91	0.39	0.92	0.54	1.19	0.63
C ₃	0.16	0.26	0.43	1.00	0.83	0.68	0.32	0.70	0.73	0.87	0.60
C ₄	0.09	0.39	0.27	1.03	0.44	1.12	0.24	0.67	0.98	0.91	0.61
M ₁	0.37	0.39	0.29	0.47	0.74	0.51	0.30	0.66	0.63	0.71	0.51
M ₂	0.47	0.37	0.13	0.42	0.49	0.46	0.34	0.66	0.83	1.10	0.53
M ₃	0.31	0.34	0.16	0.60	0.55	0.66	0.32	0.35	0.58	0.66	0.45
M ₄	0.42	0.36	0.28	0.68	0.77	0.58	0.20	0.64	0.55	0.60	0.51
M ₅	0.42	0.40	0.23	0.73	0.81	0.36	0.35	0.81	0.66	0.72	0.55

注：X₁、X₂、X₃、X₄、X₅、X₆、X₇、X₈、X₉和X₁₀分别代表苗高、地径、高径比、根总长、根鲜质量、SRL、根面积、SRA、根体积和根系活力；X₁₁代表平均隶属函数值。

3 结论与讨论

基质的物理性质一般关系到植物根系对水分和养分的吸收以及保证根系与外界环境的气体交换^[24]。在本试验中，除了 M₁ 的容重超过适宜的范围值以外，其他 4 种基质配比之间虽然有显著差异，但都在适应的范围内，且 M₂、M₃、M₅ 的容重较小。而 5 种基质的总孔隙度也都处在适宜的范围值内，且 M₂、M₃、M₅ 之间差异不显著。M₂、M₃、M₅ 含有更多的氮、磷、钾，更有利于容器苗的营养积累。分析樟树容器苗具体生长情况得知：M₂、M₃、M₅ 在苗高、地径上的表现好于 M₁、M₄；M₂、M₃、M₅ 对于樟树容器苗的根系生长也有很好的促进作用。SRA 的值体现了根吸收功能的强弱。M₃ 在促进樟树容器苗根伸长和增强根吸收功能上表现较差，并且其平均隶属函数值较低，比 M₅ 的低了 22.2%。因此选择基质类型时需要排除 M₃。故在基质配比这一方面，可供最终选择的为 M₂ 和 M₅。在选取合适的基质时，要考虑适用性和经济性两大原则。泥炭、蛭石和珍

珠岩是最常用的可以标准化的基质。但是随着生产规模的扩大，人们逐渐考虑添加处理过的工业和农业废弃物，以期降低育苗成本并且符合环保要求。选用农林废弃物等经济环保型育苗基质成为目前容器苗发展的趋势^[10, 25]。但目前秸秆的回收、运输和储存等体系还不够完善，跟苗圃土相比各方面成本较高^[26]。故农林废弃物越多，基质价格就越高，故建议选择 M₅ 基质配比。

为了培育高质量的容器苗，根据植物种类、育苗规格和育苗周期的不同选择适用于树种生物学特性和经济条件的育苗容器十分必要^[27]。在本试验中，容器 C₁、C₂、C₄ 的苗高、地径等形态指标均显著高于 C₃；但是根系总长、根系体积等指标以 C₄ 为最差。这可能是因为 C₄ 是无纺布，规格仅为 20 cm×20 cm，在生长中根系可以穿过无纺布，直达地下，导致容器苗在生长时可以吸收容器外土壤的养分，使得苗木生长较高，但是收获时会破坏容器外部的根系，同时收获时也非常困难。因此选择容器规格时需要排除 C₄。同时 C₁ 和 C₂ 的平均隶属函数值都较大。另一方面，

塑料薄膜容器还具有价格低廉、牢固、保温、保湿、播种后出苗早和育苗效果好等优点^[28]。故在容器规格这一方面,可供最终选择的为C₁和C₂。在一定的条件下,容器的规格越大,则越有利于容器苗的生长^[29];使用更大的容器,也更有利于苗木移栽后第1个生长季的幼苗生长和养分积累^[30],这是因为较大的容器可以促进苗木茎和根的生长^[31]。但由于容器苗是工厂化育苗,必须考虑经济方面。最好的育苗容器应该是成本低,同时有利于苗木的生长^[32]。在保证培育健壮优质苗的前提下,育苗容器要尽可能小,以提高苗圃地利用率^[33]。容器规格越大,所用基质越多,育苗成本也就越高。C₁的填充基质较多,但除了根系总长显著高于C₂外,其余指标均无明显差异。故建议选择C₂容器。

综上所述,通过分析测定数据,同时考虑经济因素,建议在培育榉树容器苗时选择规格为20 cm × 30 cm的控根容器和25%农林废弃物+65%园圃土+10%珍珠岩的基质配比。由于本试验用了苗圃土以及规格稍大的容器,导致基质重量较大,运输成本大,不利于推广使用。建议可以因地制宜,充分利用当地的材料和肥源,适当地添加木屑、泥炭土、树皮、花生壳、菇渣、稻壳和土木灰等轻基质,以更好地降低成本和推广使用^[34-35]。还可以在基质中添加一些物质,以更好地满足苗木的生长需求。如在培育番茄(*Lycopersicon esculentum*)幼苗的基质中添加适量的草酰胺;而使用生物保水剂则可以提高土壤持水容量、总孔隙度和毛管孔隙度,降低土壤容重^[13]。展望未来,可以开展针对榉树容器苗基质添加剂的试验,以更好地培育出优良的榉树容器苗。

[参 考 文 献]

- [1] 傅立国. 国家重点保护野植物名录(一) [J]. 植物杂志, 1999(5): 4-11.
- [2] 傅松玲, 郑兴林. 皖东石灰岩山地榆科树种的生理特性 [J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 1999, 23(3): 75-78.
- [3] 李淑琴. 榉树的育苗方法 [J]. 江苏林业科技, 2000, 27(3): 39-41.
- [4] 赵旺兔. 榉树生物学特性及园林应用研究 [D]. 南京: 南京林业大学, 2003.
- [5] 刘雪梅, 胡希军, 罗雪梅, 等. 榉树秋季叶色变化类型和生长特性 [J]. 经济林研究, 2014, 32(1): 121-125.
- [6] 赵黎明, 王海珍, 闻艺. 榉树良种引进与高效培育技术研究 [J]. 现代园艺, 2019(20): 38-39.
- [7] 占正军, 胡廷刚, 赵忠菊, 等. 不同扦插基质对榉树根系生长的影响 [J]. 现代农业科技, 2011(22): 213-214.
- [8] 江国治, 王亚艳, 宋曰钦. 不同基质对榉树扦插成活生长的影响 [J]. 安徽农学通报, 2019, 25(21): 73-74.
- [9] 艾丹, 殷兆晴, 王建, 等. 我国榉树组培快繁研究现状与发展趋势 [J]. 绿色科技, 2019(5): 95-96.
- [10] 曹媛媛, 杨晓玥, 吴文, 等. 不同容器和基质配比对榉树容器苗营养积累的影响 [J]. 中南林业科技大学学报, 2020, 40(4): 14-21.
- [11] 戚连忠, 汪传佳. 林木容器育苗研究综述 [J]. 林业科技开发, 2004(4): 10-13.
- [12] 武亮鲜. 林业容器育苗产业发展概况与展望 [J]. 农技服务, 2016, 33(15): 104.
- [13] 刘连明. 浅析容器育苗基质 [J]. 南方农业, 2015(24): 68-69.
- [14] 邓华平, 杨桂娟, 王正超, 等. 轻型基质理化性质变化对金叶榆容器苗生长的影响 [J]. 中南林业科技大学学报(自然科学版), 2010, 30(8): 35-40.
- [15] Davis A S, Jacobs D F. Quantifying root system quality of nursery seedlings and relationship to outplanting performance [J]. New Forests, 2005, 30(2/3): 295-311.
- [16] Cuesta B, Vega J, Villar-Salvador P, et al. Root growth dynamics of Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) seedlings in relation to shoot elongation, plant size and tissue nitrogen concentration [J]. Trees, 2010, 24(5): 899-908.
- [17] 及利, 杨雨春, 王君, 等. 不同轻基质配比对核桃楸容器苗根系形态和养分累积的影响 [J]. 西部林业科学, 2021, 50(1): 42-49.
- [18] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [19] 白婷. 东京野茉莉容器育苗技术研究 [D]. 南京: 南京林业大学, 2014.
- [20] 郝小琴, 姚鹏鹤, 高峥荣, 等. 低温胁迫对微胚乳超甜超高油玉米耐寒性生理生化特性的影响 [J]. 作物学报, 2014, 40(8): 1470-1484.
- [21] 翟新秘, 秦利军, 项阳, 等. 隶属函数分析法对25份贵州玉米种质抗旱性评价研究 [J]. 种子, 2018, 37(9): 51-55.
- [22] 李静, 赵秀兰. 无公害蔬菜无土栽培基质理化特性研究 [J]. 西南农业大学学报, 2000, 22(2): 112-115.
- [23] 游慕贤. 茶花 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2004.
- [24] 陈连庆, 裴致达. 马尾松容器育苗菌根化对苗木生长及基质的影响 [J]. 林业科学研究, 1995, 8(1): 44-47.

- [25] 罗太琼. 容器育苗质量调控技术研究 [J]. 农业与技术, 2014, 34(9): 11–12.
- [26] 孙晓鹏, 杨晓静. 中国农作物秸秆资源综合利用现状及发展建议 [J]. 农村科学实验, 2019(19): 43–44.
- [27] 包东方. 论林木容器育苗技术 [J]. 农民致富之友, 2018(22): 109.
- [28] 张文欢, 范保峰, 朱占宁, 等. 子午岭林区油松容器育苗初探 [J]. 现代园艺, 2014(16): 44.
- [29] 王红星, 黄喜军. 容器规格对杉木容器育苗的影响 [J]. 现代农业科技, 2019(13): 121–121, 124.
- [30] Sun Q Y, Dumroese R K, Liu Y. Container volume and subirrigation schedule influence *Quercus variabilis* seedling growth and nutrient status in the nursery and field [J]. Scandinavian Journal of Forest Research, 2018, 33(6): 560–567.
- [31] Chu X L, Wang X H, Zhang D B, et al. Effects of fertilization and container-type on nutrient uptake and utilization by four subtropical tree seedlings [J]. Journal of Forestry Research, 2020, 31(4): 1201–1213.
- [32] 张纪卯. 不同基质和容器规格对油杉容器苗生长的影响 [J]. 福建林学院学报, 2001, 21(2): 176–180.
- [33] 邹诚. 浅析育苗容器及其制作机械的国内外发展概况 [J]. 林业机械与木工设备, 2001, 29(12): 4–7.
- [34] 惠兴艳. 轻基质网袋容器育苗优点及其技术关键 [J]. 现代园艺, 2019(13): 64–65.
- [35] 鞠晓雪, 迟秀丽, 赵欢欢, 等. 野茉莉轻基质网袋容器栽培技术 [J]. 浙江农业科学, 2020, 61(7): 1372–1376.

(责任编辑 张 坤)

