浙 江 林 业 科 技，2021，41（1）：93－97
J Zhejiang For Sci Technol

doi:10.3969/j.issn.1001-3776.2021.01.014

不同控释肥加载量和容器规格对纳塔栎容器苗生长的影响

王松[1,2]，方芳[1,2]，何理坤[2]，范正文[1,2]，陈邦锦[1,2]，王树凤[3]

（1. 台州市林业技术推广总站，浙江　台州　318000；2. 台州市林业局，浙江　台州　318000；
3. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所，浙江　富阳　311400）

摘要：以纳塔栎 *Quercus texana* 1 年生容器苗为研究对象，采用析因试验设计，研究不同控释肥加载量和容器规格对纳塔栎苗高和地径生长的影响，并提出优化育苗方案。结果表明，容器规格对纳塔栎苗高和地径生长均产生极显著影响（$P<0.01$），容器越大，苗高生量越大，地径越粗；控释肥不同加载量对纳塔栎地径生长和高径比的影响不明显，但对苗高生长影响极显著（$P<0.01$），在控释肥 3.5 kg·m^{-3} 的加载量下，纳塔栎具有最大的高生长量和高径比；控释肥加载量和容器规格之间存在的交互作用对苗高生长和高径比产生了极显著影响（$P<0.01$），但对地径生长的影响不明显。综合不同容器规格和控释肥加载量的交互作用以及对育苗成本的考虑，结果发现，在使用 18 cm × 20 cm 的容器和 3.5 kg·m^{-3} 控释肥加载量条件下，纳塔栎苗高生长最优，同时具有较好的地径生长。

关键词：纳塔栎；容器规格；控释肥；生长

中图分类号：S792.18，S723.1^{+}33　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1001-3776（2021）01-0093-05

Effect of Different Controlled-release Fertilizer and Container Size on Growth of Container *Quercus texana* Seedlings

WANG Song[1,2]，FANG Fang[1,2]，HE Li-kun[2]，FAN Zheng-wen[1,2]，CHEN Bang-jin[1,2]，WANG Shu-feng[3]

(1. Taizhou Forestry Extension Station of Zhejiang, Taizhou 318000, China; 2. Taizhou Forestry Bureau of Zhejiang, Taizhou 318000, China;
3. Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Fuyang 314000, China)

Abstract: In March 2016, 1-year container *Quercus texana* seedlings were selected for experiment on different controlled-release fertilizer and container size in Tiantai, Zhejiang province. In November of the same year, determinations were carried out on height, basal diameter growth. The results showed that the size had significant positive effect on growth of height and basal diameter of seedlings ($P<0.01$). The effect of different controlled-release fertilizer on basal diameter growth and height-diameter ratio of seedlings was not obvious, but significant on height, especially 3.5 kg/m^3 fertilizer had the largest height growth and height-diameter ratio. Multi-factors analysis of variance demonstrated that there was significant interaction effect ($P<0.01$) between controlled-release fertilizer and container size on height growth and height-diameter ratio, whereas not significant on the basal diameter growth. Based on the interaction effect of the container size and fertilizer and consideration of seedling cost, we concluded that container of 18 cm × 20 cm and with 3.5 kg/m^3 controlled-release fertilizer was the best combination.

Key words: *Quercus nuttallii*; container size; controlled-release fertilizer; growth

苗木质量是影响造林成活率的重要因素。目前，在苗木质量控制方面，基质配比、营养加载以及选用合适的容器是当前提高苗木质量的重要手段[1]。研究发现，控释肥加载可以减少氮的挥发和淋洗损失，可明显地促

收稿日期：2020-08-26；修回日期：2020-11-04
基金项目：中央财政林业科技推广示范资金项目（〔2015〕TS12）；中国林业科学研究院中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金（CAFYBB2017ZD001）
作者简介：王松，工程师，从事森林培育工作；E-mail:329236267@qq.com。通信作者：王树凤，副研究员，博士，从事林木抗逆育种研究；E-mail:wangshufeng6609@163.com。

进苗木株高、地径生长及干物质积累，苗木总生物量不断增加[2-4]。容器的大小影响苗木根系对养分和水分的吸收，进而影响苗木的形态、生理特性[5-7]。

纳塔栎 *Quercus texana* 原产美国，上个世纪 90 年代开始引入我国，在我国长江中下游地区表现出良好的适应性。纳塔栎材质优良，秋叶呈黄、红、紫红等不同的颜色，并且耐水湿，对重金属污染也有一定的抗性，是集观赏、材用以及生态等价值于一体的优良园林绿化树种[8]。纳塔栎引种后，国内对该树种的研究较少，只有中国林科院亚热带林业研究所、江苏省林业科学研究院开展了一些适应性研究[8-9]。近年来，随着我国生态建设以及对彩叶树种需求的增加，国内苗木市场对纳塔栎的关注度增大，对其育苗措施以及叶色变化等方面的研究逐渐增多[10-12]，但在苗木质量控制方面的研究极少。

本文以 1 年生纳塔栎容器苗为研究对象，通过设置不同的容器规格和控释肥加载量，研究不同组合对苗木生长的影响，对优化纳塔栎育苗措施具有一定的参考意义。

1 材料与方法

1.1 育苗地概况

试验地位于浙江省天台县西部农业园区林业种苗科技示范园内，地理坐标为 120°50′ E，29°10′ N，属于中亚热带季风气候区，冬夏长，春秋短，四季分明，雨水充足，光照适宜。年平均气温在 16.9 ~ 17.3℃，极端最高气温为 39℃，极端最低气温为 – 9℃，无霜期在 241 ~ 270 d，年均降水量在 1 480 ~ 1 530 mm。试验苗木放置于全自动遮荫棚中，大棚高度为 2.2 m，安装有喷灌系统，覆盖一层 50%透光率的遮阳网。

1.2 试验材料

纳塔栎 1 年生实生苗，采用轻基质无纺布容器育苗，容器规格：直径 × 高为 4.5 cm × 10 cm，挑选高度均一，无病虫害的健壮苗木，移栽至容器内，试验前平均苗高为 35 cm，平均地径为 0.8 cm。育苗基质为泥炭 40%、谷糠 20%、珍珠岩 10%、黄土 30%（体积比）。泥炭选用东北泥炭，谷糠经腐熟半年以上。控释肥为美国辛普劳公司生产的爱贝施（Apex）长效控释肥，肥效为 9 个月。

1.3 试验设计

设置容器规格和控释肥加载量 2 个因素的析因设计试验：选用 3 种容器规格（C）（直径 × 高）分别为 14 cm × 18 cm(C_1)、18 cm × 20 cm(C_2)、20 cm × 20 cm(C_3)；3 种控释肥加载量(F)分别为 3 kg·m^{-3}(F_1)、3.5 kg·m^{-3} (F_2)、4 kg·m^{-3}(F_3)。按照析因设计，共 9 个试验处理（见表 1），每个处理重复 3 次，完全随机区组设计，每小区 30 盆。2016 年 3 月底，按试验要求进行苗木移栽，在育苗试验过程中及时喷水，保持基质湿润。培育过程中不进行追肥，其他管理措施同常规容器育苗。2016 年 11 月底，苗木生长停止后测量数据。

表 1 基于不同容器规格和不同控释肥加载量的析因设计
Table 1 Factorial design of different size of containers and different controlled-release fertilizer

控释肥加载量	容器规格		
	C_1	C_2	C_3
F_1	F_1×C_1	F_1×C_2	F_1×C_3
F_2	F_2×C_1	F_2×C_2	F_2×C_3
F_3	F_3×C_1	F_3×C_2	F_3×C_3

1.4 生长率调查

分别于试验开始前和结束后测定苗高和地径，并计算高径比、苗高和地径的生长量以及净生长率，其计算公式如下：

苗高生长量 = 试验结束后苗高 – 试验前苗高

地径生长量 = 试验结束后地径 – 试验前地径

苗高净生长率 =（试验结束后苗高 – 试验前苗高）/试验前苗高 × 100%

地径净生长率 =（试验结束后地径 – 试验前地径）/试验前地径 × 100%

1.5 数据处理与分析

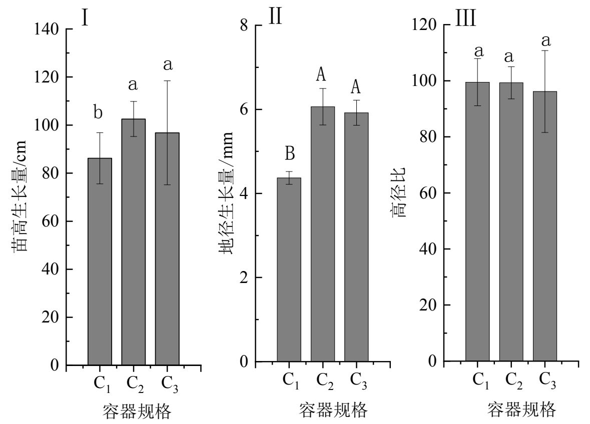
所有数据采用 Excel 表格输入，OriginLab 2018 作图；数理统计采用 SPSS 25 统计软件进行方差分析，其中不同控释肥加载量和不同容器规格之间的交互作用采用多元方差分析（MANONA），并采用 Tukey 方法进行

Post Hoc 检验（P<0.05）。

2　结果与分析

2.1　不同容器规格对纳塔栎生长的影响

从图 1 中可以看出，容器规格对纳塔栎苗高和地径生长均有影响，容器越深，对苗高和地径生长越有利，特别是地径，在较大规格容器（C_2、C_3）中苗木地径生长明显高于在较小规格容器（C_1）（P<0.01）中的。多元方差分析发现，容器规格对地径生长的贡献率（10.3%）要高于苗高（9.4%）(表 2）。在深度为 20 cm 的容器培养条件下，纳塔栎地径较深度为 18 cm 的容器高出 13.66%（图 1-Ⅱ），说明增加容器的深度有利于提高苗木的地径生长，使苗木更加粗壮。而在相同深度的容器（C_2 和 C_3）之间，无论苗高还是地径，差异均不显著，这表明相同深度的容器，口径的增加对苗高和地径生长影响并不明显。尽管容器规格对苗高和地径生长均产生了显著影响，但对苗木高径比的影响并不明显（图 1-Ⅲ），说明容器规格对纳塔栎苗木的整体形态影响不大。



注：图柱上不同大写字母表示不同处理间差异极显著(P<0.01)，不同小写字母表示不同处理间存在显著差异(P<0.05)；下同。

图 1　不同容器规格对纳塔栎苗高和地径生长量以及高径比的影响

Figure 1　Effect of different container sizes on growth of height and basal diameter and height/diameter ratio of *Q. texana* seedlings

2.2　不同控释肥加载量对纳塔栎生长的影响

控释肥可以随苗木生长缓慢释放养分，有效降低土壤中氮素因挥发、淋失或反硝化脱氮引起的损失，在苗木培育和造林中受到越来越多的重视。由图 2 可以看出，纳塔栎地径生长对控释肥的加载量并不敏感，在 3 种控释肥加载量条件下，地径生长变化不大（图 2-Ⅱ）；但不同控释肥加载量对苗高生长和高径比的影响均达到显著水平（P<0.05），在中等程度的加载量（F_2）下，具有最大的高生长量和高径比（图 2-Ⅰ、Ⅲ）。这说明相对于地径生长来说，控释肥加载量对纳塔栎苗高生长的影响更加明显，多元方差分析也发现（表 2），控释肥加载量对苗高生长的贡献率可达 19.6%，而对地径生长的贡献率只有 0.3%；低加载量（F_1）和高加载量（F_3）条件下的苗高生长均不及中等程度的加载量。由此说明，控释肥的加载量需要控制在一定范围内才能获得最优的生长量。

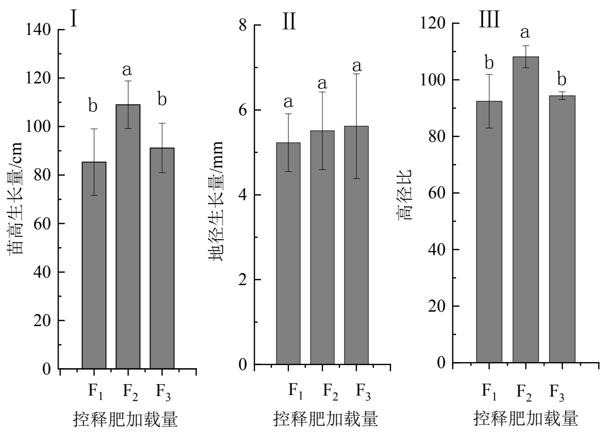


图 2　不同控释肥加载量对纳塔栎苗高和地径生长以及高径比的影响

Figure 2　Effect of different controlled-release fertilizer on growth of height and basal diameter and height/diameter ratio of *Q. texana* seedlings

2.3　不同容器规格与控释肥加载量对纳塔栎生长的交互作用

从图 3 可以看出，无论是苗高生长还是地径生长，在不同组合之间均存在极显著差异（P<0.01），其中，以 F_2C_3 组合条件下，纳塔栎的苗高生长量最优（图 3-Ⅰ），其次为 F_2C_2 组合；而对地径生长而言，无论控释肥加载量多少，在较大规格容器（F_1C_2、F_2C_2、F_3C_2 和 F_1C_3、F_2C_3、F_3C_3）中培养的纳塔栎的地径生长量均明显高于在较小规格的容器（F_1C、F_2C_1、F_3C_1）(图 3-Ⅱ）中培养的，而在相同容器规格之间并不存在显著差异。同时，我们发现，苗高净生长率（图 3-Ⅰ）和地径净生长率（图 3-Ⅱ）在不同组合之间的变化趋势与生长量变化相似，说明纳塔栎生长速率在很大程度上依赖于生长量的变化。

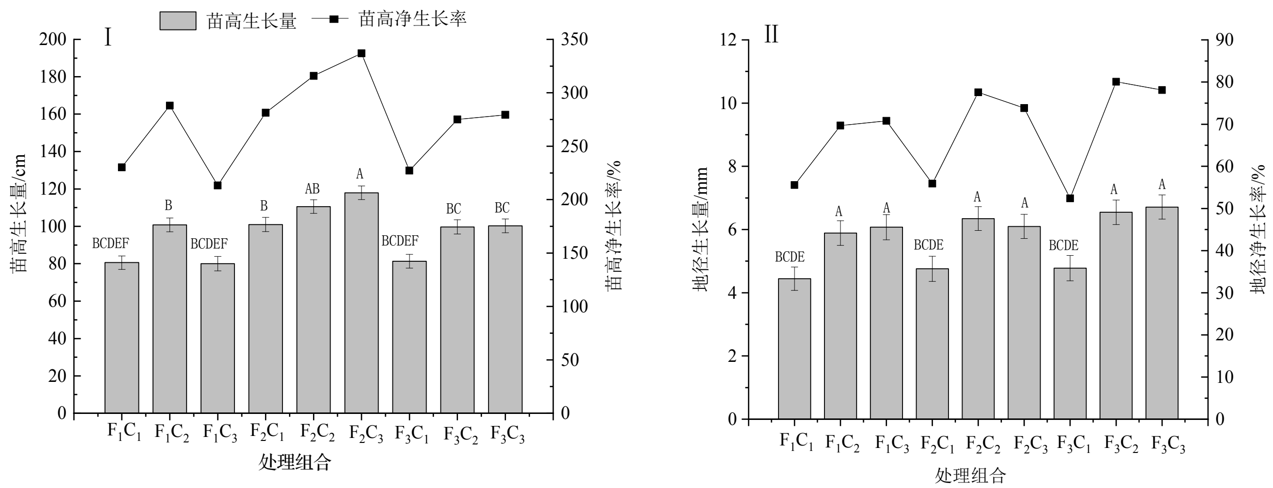


图 3 不同控释肥加载量及容器规格对纳塔栎苗高和地径生长的影响

Figure 3 Effect of different controlled-release fertilizer and container sizes on height and basal diameter growth of *Q. texana* seedlings

运用两因素多元方差分析方法对控释肥加载量和容器规格对苗高、地径以及高径比的影响进行分析(表2)，结果发现，控释肥加载量和容器规格之间存在极显著的交互作用（P<0.01），但交互作用仅对苗高生长和高径比具有明显的统计学意义（P<0.01），对地径生长的影响不明显。综合分析控释肥加载量和容器规格的交互作用，发现在使用深度 20 cm 容器栽培条件下（C_2或C_3），施用 3.5 kg·m^{-3}的控释肥（F_2），对纳塔栎地径和苗高生长最有利，但考虑到容器成本以及基质使用量等，推荐使用C_2规格的容器（18 cm×20 cm）

表 2 多因素方差分析表及交互检验

Table 2 MANOVA and tests of post horc

变异来源	因变量	平方和	自由度	均方	F	P	效应贡献率 η^2
控释肥加载量	苗高	28 619.340	2	14 309.670	28.577	0	0.196
	地径	3.832	2	1.916	0.361	0.697	0.003
	高径比	12 105.303	2	6 052.652	19.861	0	0.145
容器规格	苗高	12 166.488	2	6 083.244	12.148	0	0.094
	地径	143.072	2	71.536	13.484	0	0.103
	高径比	609.315	2	304.657	1.000	0.370	0.008
控释肥加载量×容器规格	苗高	12 468.765	4	3 117.191	6.225	0	0.096
	地径	6.79	4	1.698	0.320	0.864	0.005
	高径比	6 205.139	4	1 551.285	5.090	0.001	0.080
误差	苗高	117 173.815	234	500.743			
	地径	1 241.453	234	5.305			
	高径比	71 312.322	234	304.754			
总变异	苗高	4 290 789.750	243				
	地径	44 891.654	243				
	高径比	2 440 867.261	243				

3 讨论与结论

容器苗由于具有起苗和运输方便，不伤根系，栽植时带有完整的根团等优点，可以显著提高造林成活率。然而，容器苗的培育受容器规格的限制，容器小，成本相对较低，容易运输，但容器过小不利于根系的发育，导致苗木质量受影响；大规格容器更有利于苗木根系发育，从而促进苗木生长，特别是随着苗龄的增长，当根系生长量超过小规格容器承受范围时，大容器的促进效应越明显[13]。马雪红等[14]研究发现，容器规格对木荷 *Schima superba* 容器苗生长和质量影响显著，随着容器规格的增大，苗高和地径生长明显提高，总干物质量明显

增多。程中倩等[15]研究表明，容器深度对栓皮栎 *Q. variabilis* 根系结构的影响显著，深容器可促进根系径级为 3 ~ 4 mm 的根系发育，否则易造成窝根。李峰卿等[16]研究发现，在生产中宜选用较大规格容器（15 cm × 20 cm）培育纳塔栎优质苗木。本研究也发现，容器越深，对苗高和地径的生长越有利，但在相同深度下，容器口径的增加并未显著影响苗木生长，因此，在纳塔栎容器育苗过程中，宜采用细高类型的容器。

营养加载可以促进苗木生长和养分积累，促进苗木造林后的早期生长，并提高苗木的抗逆性[17-19]。控释肥具有随苗木生长缓慢释放，肥效受环境、土壤因子影响小等特点，可在整个生长季持续提供养分[20]。Oliet 等发现，控释肥可以大大提高叙利亚松 *Pinus halepensis* 移栽的成活率，并能提高苗木对营养元素的吸收[18]。Villar-Salvador 等使用不同 N 素含量的控释肥培育冬青栎 *Q. ilex*，发现较高 N 含量的控释肥能显著提高苗高生长、高径比以及根部 N 含量[19]。国内对控释肥的研究主要集中在农作物、花卉以及果树的高效栽培方面，在林木种苗方面的应用很少。祝燕等[4]以黄花落叶松 *Larix olgensis* 1 年生播种苗为研究对象，进行梯度剂量的控释氮肥与普通氮肥对比处理，表明控释氮肥有利于氮向苗木的根和茎分配。付妍琳[21]以不同苗龄油松 *P.tabuliformis* 容器苗为研究对象，选择 2 种养分比例和释放期均相同仅包膜结构（养分释放模式）不同的控释肥料，分别对播种苗和移栽苗开展苗木施肥试验，结果表明，肥料释放模式与施用量的选择均受苗木年龄的影响。本研究也发现，适当施用控释肥可有效促进纳塔栎的苗高生长，提高苗木的高径比，但对地径生长影响不大。

综上所述，容器规格和控释肥加载量对纳塔栎的生长均产生显著影响，控释肥的效应主要体现在苗高生长和高径比方面，而容器规格的效应主要体现在地径生长；因此，在纳塔栎容器育苗过程中，要选用有一定深度的容器以利于苗木根系的发育；同时，应适当控制营养元素的加载，在促进苗高生长的同时，以防苗木过高，造成倒伏。

参考文献：

[1] 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.

[2] 朱本岳，俞巧钢，郑永平，等. 控释肥在苗木生产中的应用[J]. 浙江大学学报（农业与生命科学版），2000，26（3）：274 – 276.

[3] 李峰卿，王秀花，楚秀丽，等. 缓释肥N / P 养分配比及加载量对 3 种珍贵树种大规格容器苗生长的影响[J]. 林业科学研究，2017，30（5）：743 – 750.

[4] 祝燕，马履一，刘勇，等. 控释氮肥对长白落叶松苗木生长的影响[J]. 南京林业大学学报（自然科学版），2011，35（1）：24 – 28.

[5] APHALO P，RIKALA R. Field performance of silver-birch planting-stock grown at different spacing and in containers of different volume[J]. New For，2003，25（2）：93 – 108.

[6] CLOSE D C，PATERSON S，CORKREY R，et al. Influences of seedling size, container type and mammal browsing on the establishment of *Eucalyptus globulus* in plantation forestry[J]. New For，2010，39（1）：105 – 115.

[7] DOMINGUEZ-LERENA S，SIERRA N H，MANZANO I C，*et al*. Container characteristics influence *Pinus pinea* seedling development in the nursery and field[J]. For Ecol Manag，2006，221（1）：63 – 71.

[8] 陈益泰，孙海菁，王树凤，等. 5 种北美栎树在中国长三角地区的引种生长表现[J]. 林业科学研究，2013（03）：344 – 351.

[9] 黄利斌，李晓储，朱惜晨，等. 北美栎树引种试验研究[J]. 林业科技开发，2005，19（1）：30 – 33.

[10] 陈叶平，王林春，孙圳. 纳塔栎播种育苗试验[J]. 山东林业科技，2016（4）：45 – 49.

[11] 郁春柳. 纳塔栎容器育苗基质筛选[J]. 江苏林业科技，2016（01）：18 – 20.

[12] 吕秀立，施季森，沈烈英，等. 栎类树种转色期叶色变化的生理学研究[J]. 园林科技，2015（01）：8 – 11.

[13] SOUTH D B，HARRIS S W，BARNETT J P，et al. Effect of container type and seedling size on survival and early height growth of *Pinus palustris* seedlings in Alabama[J]. Fort Ecol Manag，2005，204（2）：385 – 398.

[14] 马雪红，胡根长，冯建国，等. 基质配比、缓释肥量和容器规格对木荷容器苗质量的影响[J]. 林业科学研究，2010，23（4）：505 – 509.

[15] 程中倩，李国雷. 氮肥和容器深度对栓皮栎容器苗生长、根系结构及养分贮存的影响[J]. 林业科学，2016，52（4）：21 – 29.

[16] 李峰卿，姚甲宝，曾平生. 光照强度和容器规格对纳塔栎 1 年生容器苗生长的影响[J]. 华南农业大学学报，2017，38（3）：87 – 92.

[17] JACOBS D F，ROSE R，HAASE D L. Development of Douglas-fir seedling root architecture in response to localized nutrient supply[J]. Can J For Res，2003（33）：118 – 125.

[18] OLIET J A，PLANEELES R，ARTERO F，et al. Field performance of *Pinus halepensis* planted in Mediterranean arid conditions: relative influence of seedling morphology and mineral nutrition[J]. New For，2009，37（3）：313 – 331.

[19] VILLAR-SALVADOR P，PLANELLES R，ENRIQUEZ E，et al. Nursery cultivation regimes, plant functional attributes, and field performance relationships in the Mediterranean oak *Quercus ilex* L.[J]. For Ecol Manag，2004，196（2）：257 – 266.

[20] COERTZ H M. Controlled release technology[M]// Howe-Grant M. Encyclopedia of Chemical Technology. New York：John Wiley＆Sons Inc，1993：254 – 274.

[21] 付妍琳. 控释肥释放模式和施肥量对不同苗龄油松苗木质量的影响[D]. 北京：北京林业大学，2016.