

赤皮青冈容器苗不同基质配比和缓释肥施用量的生长效应

吴小林¹, 张东北¹, 楚秀丽^{2*}, 王秀花¹, 周志春²

(1. 浙江省庆元县实验林场, 浙江 庆元 323800;

2. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400)

摘要:以赤皮青冈1年生轻基质网袋容器苗为对象,采用析因试验设计,研究不同基质配比和缓释肥施用量对其生长及根系发育的影响,并提出优化育苗方案。结果表明,除根系发育的缓释肥效应不明显外,赤皮青冈容器苗生长对基质配比和缓释肥施用均较为敏感。随着基质中泥炭比例的增加,地径、生物量及根系指标值均呈现显著的先增高再降低现象,当泥炭所占比例为60%时,地径、各部位生物量及根系发育指标均达最大值。随着缓释肥施用量增大,苗高、生物量和根体积先升高再降低,当缓释肥施用量为 $2.5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 时,相应指标值最大,且显著大于其它缓释肥施用处理,但其根系形态指标如根长、根表面积和根直径的缓释肥效应较小,不同缓释肥施用量间差异不显著。综合基质配比和缓释肥施用量两因素效应及其交互效应,采用模糊数学隶属函数法,为赤皮青冈1年生容器苗优选出最优育苗方案及备选的其它4种较优育苗方案。最优育苗方案为配比基质中泥炭:谷糠体积比6:4,并增施 $2.5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 缓释肥爱贝施(Apex)。

关键词:赤皮青冈;容器苗;基质配比;缓释肥;生长效应

中图分类号:S723.1

文献标识码:A

Effect of Substrate Ratio and Slow-release Fertilizer Dose on the Growth of Containerized *Cyclobalanopsis gilva* Seedlings

WU Xiao-lin¹, ZHANG Dong-bei¹, CHU Xiu-li², WANG Xiu-hua¹, ZHOU Zhi-chun²

(1. Experimental Forest Farm of Qingyuan County, Zhejiang Province, Qingyuan 323800, Zhejiang, China;

2. Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Fuyang 311400, Zhejiang, China)

Abstract: In factorial experiment design, one-year-old non woven fabric containerized *Cyclobalanopsis gilva* seedlings cultivated with light substrate were used to study the effect of different substrate ratios and varied doses of slow-release fertilizer on the growth and root trait development. It is aimed to select the optimum scheme about substrate ratio and fertilizer doses for the seedlings. The results showed that the growth traits of the containerized seedlings took an obvious effect on the substrate ratio and slow-release fertilizer doses, while the effect of fertilizer on root growth was not enough to be noticed. The ground diameter, biomass and root index showed a significantly increase at first and then decreased along with the increase of peat proportion in the matrix. When the proportion of peat reached 60%, the ground diameter, biomass and root characteristics reached the maximum. At the same time, the seedling's height, biomass and root volume increased at first, and then decreased with the increasing slow-release fertilizer doses. As soon as applying slow-release fertilizer at doses of $2.5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, the corresponding parameters

收稿日期:2014-06-10

基金项目:浙江省农业新品种选育重大科技专项竹木育种协作组重点项目(2012C12908-5);浙江省公益性技术应用研究计划项目(2012C32SAB40003)

作者简介:吴小林(1967—),男,浙江庆元人,工程师,主要从事珍贵树种培育技术等研究。

* 通讯作者:助理研究员,博士. E-mail:xiulic0207@163.com

value reached to the largest and significantly greater than that of other doses of slow-release fertilizer. However, the effect of slow-release fertilizer on the root morphology indexes such as root length, root surface area and average diameter was not obvious. There was no significant difference in the root traits among different doses of slow-release fertilizers. Based on two factors' effect of matrix ratio and slow-release fertilizer doses and their interaction effects, the optimum cultivation scheme and other four alternative programs for one-year-old containerized *C. gilva* seedlings were selected by fuzzy mathematics method. The optimal scheme for the seedlings is that volume ratio of peat to bran in substrate is 6:4 and with 2.5 kg slow-release fertilizer (Apex) per cubic metre matrix.

Key words: *Cyclobalanopsis gilva*; containerized seedling; substrate ratio; slow-release fertilizer; growth effect

青冈属 (*Cyclobalanopsis* Oerst.) 树木为散孔材或半散孔材,红褐或黄褐色,材质坚重,多为珍贵硬木,是家具、地板、装饰、工艺等上等用材。赤皮青冈 (*C. Gilva* (Blume) Oerst.) 是该属树木中材质最为优异的一种,树干通直高大,俗称红楮,其价值不低于欧美的橡木 (*Quercus* spp.) 和山毛榉 (*Fagus* spp.) 木。赤皮青冈分布于浙江、福建、江西、湖南等我国南方省份,生长较快、适应性强、造林成效好,作为珍贵用材树种极有发展前途。其种子为顽拗性、淀粉类种子,难贮藏、易受虫害,育苗过程中播种等时间节点要求较严,且苗木主根发达,侧根稀少致使移植成活率低,造成其规模发展和经营存在困难。

容器苗因其特有的优点,如起苗和运输不伤根系、栽植时带有完整的根团、能有效延长造林时间,可显著提高造林成活率^[1-2]。特别在立地较差的条件下,容器苗较裸根苗具有更强的优势^[3-5]。在容器育苗中,基质配比和缓释肥的施用量决定了苗木的生长环境稳定性和可获得的养分条件,一直是受关注的研究热点^[6-7]。泥炭以其质量轻、利于运输且能满足容器育苗基质所需的其它条件而作为当今轻基质容器苗主要的基础基质,而缓释肥因其施用方便,节约成本,且减少环境污染而成为设施育苗的首选^[5]。然而现有轻基质容器育苗主要用于松树 (*Pinus* spp.) 和桉树 (*Eucalyptus* spp.) 等速生树种^[8-9],对珍贵用材树种相关研究较少。自对木荷 (*Schima superba* Gardn. et Champ.)、南方红豆杉 (*Taxus wallichiana* Zucc. var. *mairii* (Lemée et H. Lév.) L. K. Fu et Nan Li)、银杏 (*Ginkgo biloba* L.)、红豆树 (*Ormosia hosiei* Hemsl. et Wils.) 等树种进行容器规格、基质配比、化学控根等研究^[10-13]后,基质组配对浙江楠 (*Phoebe chekiangensis* C. B. Shang)、闽楠 (*P. Bournei* (Hemsl.) Yang) 容器苗生长的影响^[14] 以及其养分库的缓释肥效应^[15] 已进行较深入的研究。但因生物学特性的不同,优化的轻

基质容器育苗措施因树种而异^[16]。本文采用析因试验设计,系统研究基质配比、缓释肥施用量等对赤皮青冈1年生轻基质网袋容器苗生长的影响,为实现其规模化发展和经营提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 育苗地概况

容器育苗试验在浙江省庆元县实验林场育苗基地具有喷雾遮阳设施的钢构大棚内进行。试验地的地理位置为 119°03'26"E, 27°37'20"N, 平均海拔高度 450 m, 年平均气温 17.6℃, 7 月平均气温 26.9℃, 极端最高气温 41.1℃, 年降水量 1 721.3 mm, 无霜期 255 d。大棚高度 2.2 m, 安装有喷雾喷灌系统, 棚顶覆盖一层 50% 透光率的遮阳网。

1.2 供试材料

供试赤皮青冈种子产自福建建瓯, 经水选大小均一, 无病虫害。育苗基质主要包括东北泥炭和谷糠。泥炭纤维含量 200 g · kg⁻¹, pH 值 6.0, 粗灰分 158 g · kg⁻¹, 有机质 720.9 g · kg⁻¹, 总腐植酸 381.8 g · kg⁻¹, 全氮 14.2 g · kg⁻¹, 全磷 0.7 g · kg⁻¹, 全钾 2.7 g · kg⁻¹, 干密度 0.3 kg · m⁻³。所用谷糠经腐熟 1 a, 基本不含苗木生长所需养分。选用美国辛普劳公司生产的爱贝施 (Apex) 长效控释肥, 其全氮含量为 180 g · kg⁻¹, 有效磷含量为 80 g · kg⁻¹, 全钾含量为 80 g · kg⁻¹, 肥效 9 个月。育苗容器为 4.5 cm × 10 cm 规格的无纺布网袋。

1.3 试验设计和容器苗培育

设置了基质配比和缓释肥施用量 2 个因素的容器育苗析因设计试验。泥炭: 谷糠按体积比设置 3 个配比处理 (5:5、6:4 和 7:3)^[10-11,13], 缓释肥施用量设置 5 个水平 (1.0 kg · m⁻³、1.5 kg · m⁻³、2.0 kg · m⁻³、2.5 kg · m⁻³ 和 3.0 kg · m⁻³)^[10,13]。按照析因试验设计, 共设置 15 个试验处理 (表 1), 重复 3 次。

表1 试验因素及试验处理

试验因素	因素水平及处理				
基质配比(泥炭:谷糠体积比)	5:5		6:4		7:3
缓释肥施用量/(kg·m ⁻³)	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
基质配比× 缓释肥施用量	5:5×1.0	5:5×1.5	5:5×2.0	5:5×2.5	5:5×3.0
	6:4×1.0	6:4×1.5	6:4×2.0	6:4×2.5	6:4×3.0
	7:3×1.0	7:3×1.5	7:3×2.0	7:3×2.5	7:3×3.0

按试验要求配制成的基质,经人工数次混合后再用2D150型搅拌机搅拌均匀,过孔径1cm筛,再经轻基质网袋容器机加工成网袋肠容器。将网袋肠整捆放入水池4~6h浸湿后,按试验要求的规格(4.5cm×10cm)人工切割网袋容器,再将其放入42cm×42cm的育苗盘中,每育苗盘放置81个网袋容器,每重复内各处理有2个育苗盘,即每重复内每处理各162袋。2012年3月上旬按试验要求进行点播育苗,点播前赤皮青冈种子经温室沙贮催芽处理。容器育苗试验过程中要做到及时喷水,保持基质湿润,其它管理措施同常规容器育苗,试验期间每周调换各处理苗盘位置,以消除边缘效应。

1.4 生长调查和统计分析

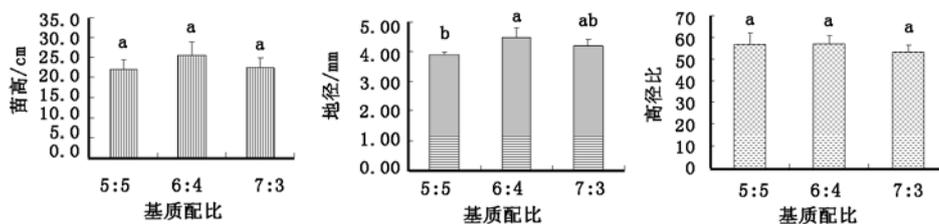
2012年11月底苗木生长停止后,每重复各试验处理随机选择30株生长正常的容器苗,量测其苗高和地径,并随机取10株代表性容器苗进行根系扫描和生物量测定。根系参数采用加拿大Regent公司生产RHIZO Pro STD1600+型根系图像分析系统测定。生长量等以单株测定值为单元,采用SAS/STAT软件中的GLM程序进行容器苗生长性状的方差分析和多重比较,以检验基质配比和缓释肥施用量及其间互作对赤皮青冈容器苗生长和根系等性状的影响。在方差分析时高径比数据经反正弦转换。

育苗方案优选依据的隶属值计算依照模糊数学中隶属函数的方法^[17],相关各指标的具体隶属值计算公式:隶属值=(X-X_{min})/(X_{max}-X_{min})×100%,式中:X为某处理的某指标值,X_{max}为该指标的最大值,X_{min}为该指标的最小值。若某一指标与苗木生长等呈反向关系,则通过反隶属函数计算其隶属值,计算公式:隶属值=[1-(X-X_{min})/(X_{max}-X_{min})]×100%。

2 结果与分析

2.1 基质配比和缓释肥施用量对赤皮青冈容器苗生长的影响

2.1.1 基质配比 经方差分析并从图1可知,赤皮青冈生长指标对基质配比的反应情况各异。不同基质配比间苗高和高径比差异不显著,而地径差异达到显著水平。随着配比基质中泥炭比例从50%提高到70%,苗高和地径先增大后减小,泥炭比例为60%时其苗高和地径生长量均最大,分别为25.56cm和4.49mm,较泥炭比例为50%时分别提高了16.05%和14.80%,同时高径比也有所提高。但当泥炭比例提高至70%时,因泥炭的饱和持水量很高而影响配比基质的透气性,结果苗高、地径生长量反而有所降低。因此,泥炭与谷糠最佳配比为6:4时能够很好地促进赤皮青冈容器苗的生长。



注:图中字母相同为统计分析差异显著,字母不同册差异不显著;下同。

图1 不同基质配比条件下赤皮青冈1年生容器苗的生长表现

2.1.2 缓释肥施用量 图2表明,配比基质中增施缓释肥对赤皮青冈苗高、地径和高径比皆有明显的影响。随着缓释肥施用量的增加,各生长指标值均

表现先增高再降低的趋势,其中苗高、高径比在缓释肥施用量间差异显著。缓释肥施用量为2.5kg·m⁻³时,赤皮青冈1年生苗木的高生长量最大,达

27.12 cm,较缓释肥施用量 1.5 kg · m⁻³时的苗高提高了 31.22%,若继续增施缓释肥其苗高和高径比显著下降,高径比受缓释肥施用量影响显著的主要原因是苗高所致。地径受缓释肥施用量的影响较

小,但仍以缓释肥施用量 2.5 kg · m⁻³时地径最大。所以从生长量角度考虑,培育赤皮青冈轻基质容器苗的适宜缓释肥施用量为 2.5 kg · m⁻³。

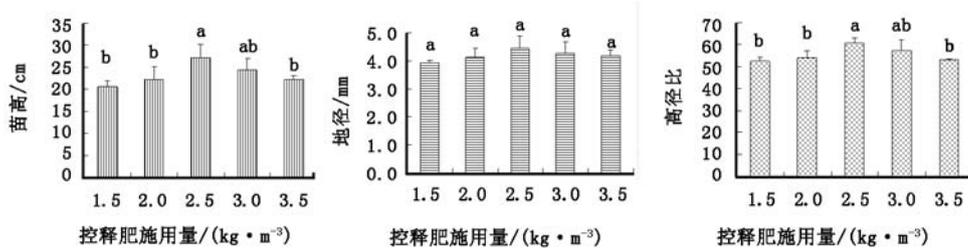


图2 不同缓释肥施用量对赤皮青冈1年生容器苗生长的影响

2.2 基质配比和缓释肥施用量对赤皮青冈容器苗生物量积累的影响

2.2.1 基质配比

经单因素方差分析,基质配比对1年生赤皮青冈容器苗生物量影响显著(表2)。赤皮青冈单株叶、茎、根和单株干质量均随着基质配比中泥炭比例的提高先增加再降低。当基质配比中泥

炭:谷糠配比为6:4时,单株叶、茎、根和单株干质量均显著大于其它配比的基质,其中单株干质量分别比配比5:5和配比7:3增加了20.39%和21.90%。赤皮青冈生物量结果再次表明,基质配比中泥炭:谷糠比例为6:4时较适合其生长。

表2 不同基质配比对赤皮青冈1年生容器苗生物量的影响

基质配比	叶/g	茎/g	根/g	单株干质量/g
5:5	1.067 ± 0.166b	0.778 ± 0.104b	0.960 ± 0.115b	2.805 ± 0.336b
6:4	1.227 ± 0.228a	1.054 ± 0.263a	1.096 ± 0.178a	3.377 ± 0.639a
7:3	1.019 ± 0.176b	0.809 ± 0.179b	0.943 ± 0.147b	2.771 ± 0.491b
F值	4.817 **	9.241 **	4.753 **	6.852 **

注:表中字母相同为统计分析差异显著,字母不同则差异不显著; **表示差异极显著, *表示差异显著。下同。

2.2.2 缓释肥施用量

配比基质中施用缓释肥对赤皮青冈1年生容器苗生物量影响显著(表3)。单株叶、茎、根和单株干质量均随着基质配比中缓释肥施用量的增加先增多再减少。当缓释肥施用量为2.5 kg · m⁻³时,各部位及单株干质量均显著大于其

它缓释肥施用量处理,以单株干质量为例,其比缓释肥施用量 1.5 kg · m⁻³时增加了 43.82%。该结果与上述缓释肥施用量对赤皮青冈1年生容器苗生长量影响的分析结果一致,即配比基质中缓释肥施用量为 2.5 kg · m⁻³时,赤皮青冈容器苗生长较好。

表3 缓释肥施用量对赤皮青冈1年生容器苗生物量的影响

缓释肥施用量/(kg · m ⁻³)	叶/g	茎/g	根/g	单株干质量/g
1.5	0.928 ± 0.109c	0.701 ± 0.103c	0.871 ± 0.126c	2.500 ± 0.324c
2.0	1.055 ± 0.165bc	0.823 ± 0.158bc	0.991 ± 0.109bc	2.869 ± 0.413bc
2.5	1.349 ± 0.163a	1.109 ± 0.253a	1.140 ± 0.112a	3.596 ± 0.499a
3.0	1.174 ± 0.208b	0.963 ± 0.241ab	1.019 ± 0.220ab	3.157 ± 0.616b
3.5	1.018 ± 0.106c	0.805 ± 0.107bc	0.976 ± 0.112bc	2.800 ± 0.307bc
F值	9.856 **	6.653 **	4.120 **	7.723 **

2.3 基质配比和缓释肥施用量对赤皮青冈容器苗根系发育的影响

2.3.1 基质配比

基质配比显著影响赤皮青冈根

系发育,不同基质配比间根长、根表面积及根体积差异极显著(表4),均以泥炭:谷糠体积比6:4时效果较好,相应指标显著优于其它基质配比,比其它基质

配比处理根系指标值高出10%左右。该结果表明赤皮青冈1年生容器苗根系的发育对基质中泥炭所占比例变化较敏感,泥炭:谷糠体积比设为5:5或

7:3时,其容器苗根系生长发育将受到影响,致使根长、根表面积和根体积显著减小。

表4 基质对比对赤皮青冈1年生容器苗根系发育的影响

基质配比	根长/cm	根表面积/cm ²	根直径/mm	根体积/cm ³
5:5	114.495 ± 14.686b	31.454 ± 2.813b	0.912 ± 0.058	0.702 ± 0.054b
6:4	125.818 ± 17.456a	34.771 ± 3.853a	0.912 ± 0.042	0.777 ± 0.082a
7:3	106.261 ± 11.671b	30.132 ± 3.187b	0.931 ± 0.021	0.690 ± 0.073b
F值	6.607**	7.809**	1.01	6.669**

2.3.2 缓释肥施用量 施用缓释肥对赤皮青冈容器苗根系发育的影响较基质配比弱,仅根体积在不同缓释肥施用量间差异显著(表5)。根体积与根生物量直接相关,这与前述缓释肥对赤皮青冈生物量的影响分析一致,即不同缓释肥施用量对根生物量影响极显著。而表5中结果显示,赤皮青冈根系形

态指标中根长、根表面积和根直径在不同缓释肥施用量间差异不显著,这可能与主根发达、须侧根稀少的生物学特性有关,主根直接影响根体积和根系生物量,而侧根数量的多少与根长和根表面积直接相关,须侧根较少可能导致不同缓释肥施用量间根长、根表面积和根直径差异不明显。

表5 缓释肥施用量对赤皮青冈容器苗根系发育的影响

缓释肥施用量/(kg·m ⁻³)	根长/cm	根表面积/cm ²	根直径/mm	根体积/cm ³
1.5	108.81 ± 19.54	29.87 ± 4.61	0.91 ± 0.04	0.66 ± 0.09 b
2.0	114.98 ± 19.36	32.11 ± 3.97	0.93 ± 0.05	0.73 ± 0.07 ab
2.5	123.07 ± 15.30	34.32 ± 2.81	0.92 ± 0.04	0.77 ± 0.04 a
3.0	117.25 ± 17.05	32.63 ± 4.18	0.91 ± 0.05	0.74 ± 0.10 ab
3.5	113.51 ± 10.30	31.67 ± 2.23	0.92 ± 0.04	0.72 ± 0.05 ab
F值	0.887	1.736	0.284	2.690*

2.4 不同因素及其交互作用对赤皮青冈容器苗生长的影响

基质配比和缓释肥施用量的两因素方差分析结果表明(表6),赤皮青冈1年生容器苗各生长性状的两因素效应均达显著水平,且苗高和单株干质量的两因素交互效应也显著。根系形态指标如根长、

根表面积和根直径受缓释肥施用的影响较基质配比小,且两因素的交互效应不显著,但根体积的缓释肥施用量、基质配比及其两因素交互效应均较显著,这与上文相关单因素分析结果一致。因此,容器育苗最佳的基质配比和缓释肥施用量处理并不能依据单因素分析结果进行简单的断定。

表6 赤皮青冈1年生容器苗生长的两因素方差分析

变异来源	苗高	地径	单株干质量	根长	根表面积	根直径	根体积
基质配比	26.565**	30.72**	20.041**	7.495**	10.620**	0.953	11.018**
缓释肥施用量	26.207**	7.574**	20.041**	1.276	2.898*	0.286	4.846**
基质配比×缓释肥施用量	2.929*	2.251	2.731*	1.567	1.941	1.059	2.501*

注:表中数值为方差分析F值,*表示效应显著,**表示效应极显著。

2.5 赤皮青冈1年生容器育苗方案优选

在容器育苗生产实践中,不仅要求苗木生长好、出圃质量高,而且要求苗木培育的成本低。这里依据模糊数学中隶属函数的方法^[17],综合各因素对赤皮青冈1年生容器苗生长的主效应和互作效应,以差异达显著水平的苗高、茎干质量、根干质量、单株干质量和根体积隶属值均值为优选标准,为赤皮青

冈轻基质容器育苗选出了5种(前5名)优化育苗方案(表7),以供生产单位根据各成分价格的波动而灵活应用。结合基质及缓释肥成本,培育优质的赤皮青冈1年生容器苗,排名第1的育苗方案(泥炭:谷糠=6:4,缓释肥施用量为2.5 kg·m⁻³)为最优方案。

表7 基于指标隶属值的赤皮青冈1年生轻基质容器育苗方案优选

基质配比	缓释肥施用量/($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	苗高	茎干质量	根干质量	单株干质量	根体积	平均值	排名
6:4	2.5	1.00	1.00	0.93	1.00	0.81	0.95	1
6:4	3	0.65	0.87	1.00	0.92	1	0.89	2
7:3	2.5	0.62	0.65	0.72	0.71	0.69	0.68	3
6:4	2	0.53	0.50	0.54	0.55	0.74	0.57	4
5:5	2.5	0.42	0.33	0.58	0.52	0.59	0.49	5

3 讨论

研究显示,赤皮青冈1年生容器苗生长及其根系发育对不同基质配比表现出明显的响应差异。在泥炭与谷糠的配比基质中,其营养成分随着泥炭比例的提高而增加。本试验中赤皮青冈容器苗生长量则随着泥炭比例的增加先增加而后又降低,表明赤皮青冈对水肥条件要求较高,但怕水湿,需要透气性较好的育苗基质。较高泥炭比例(70%)的配比基质其饱和持水率大、透气性差,不利于赤皮青冈容器苗根系的发育,但若泥炭中配比适量的谷糠(泥炭:谷糠=6:4)却能有效改善基质的透气性,使根系与基质形成紧密的根团从而促进容器苗的根系生长。本研究认为赤皮青冈最适宜的泥炭:谷糠基质配比为6:4。不同类型树种因其生物学特性的差异而对基质配比有不同的要求。如适宜于木荷^[10]和南方红豆杉^[13]轻基质容器苗的基质配比均为泥炭:谷糠体积比为7:3,红豆树为5:5^[13],而浙江楠容器苗生长则随着泥炭比例的增加而提高^[13]。本文研究结果表明,赤皮青冈1年生容器苗的生长受基质中泥炭与谷糠比例改变的影响较大,特别是地径、各部位生物量及根系形态特征受基质中泥炭比例变化较敏感,泥炭比例为60%的配比基质较适宜于其1年生容器苗的生长。

容器育苗中所用的轻基质除泥炭外基本无其它养分来源。因此,施用缓释肥是设施轻基质容器育苗必不可少的环节和重要技术措施^[5]。缓释肥一方面可根据苗木生长需求缓慢释放养分^[18-20],另一方面可减少育苗过程中传统的多次施肥这一繁琐环节,从而可降低育苗成本^[5]。赤皮青冈1年生容器苗生长特别是其生物量的缓释肥效应显著,而其根系除根体积(与根系生物量直接相关)外,根系形态指标如根长、根表面积和根直径并未随着缓释肥施用量的增加表现出明显的变化。表明基质中增施一定量的缓释肥能够促进赤皮青冈容器苗生长,但缓释肥施用量的多少对赤皮青冈容器苗根系发育影响

不大。造成这种现象的原因可能与赤皮青冈根系特征有关,即其根系主根发达,须侧根稀少,主根直接影响根系生物量和根体积,而根长、根表面积等形态指标直接受须侧根数量多少的影响,须侧根少可能导致不同缓释肥施用量间苗木根长、根表面积差异不明显。但赤皮青冈容器苗须侧根远优于裸根苗。依据本研究结果,对赤皮青冈1年生轻基质容器苗,缓释肥施用量为 $2.5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 时苗高及生物量均最大,继续增施缓释肥,其容器苗的生长量反而有所降低,类似结果在挪威云杉(*Picea abies* (L.) H. Karst.)^[21]、木荷^[10]上也曾获得,这可能与过量的缓释肥会抑制地下部分根系的生长有关。

赤皮青冈容器育苗中基质配比、缓释肥施用量对苗木生长和根系发育存在显著的交互效应,如两因素对苗高、单株干质量和根体积的交互效应明显。因此,基质配比和缓释肥施用量处理间并不孤立,而是彼此相互联系和相互作用的,可根据基质配比的变化相应地调整缓释肥的施用量,容器育苗优选方案不能仅依据单个处理因素的分析结果进行简单的组合。本研究综合各因素对生长的主效应和互作效应,为赤皮青冈轻基质容器育苗选出了最优育苗方案,即泥炭:谷糠体积比6:4配比基质,并增施 $2.5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 缓释肥爱贝施(Apex)。另外给出其它4种较优育苗方案,以供不同等级苗木的市场价格波动和各种处理措施生产成本变化时参考。优化育苗方案的确定,突破了1年生赤皮青冈容器苗根系不发达、生长慢的技术瓶颈,为该珍贵用材树种轻基质网袋容器苗的产业化生产提供了科学依据。

参考文献:

- [1] 王月海, 房用, 史少军, 等. 平衡根系无纺布容器苗造林试验[J]. 东北林业大学学报, 2008, 36(1): 14-15.
- [2] Edward R W, Kristjan C V, Andrew P. Root characteristics and growth potential of container and bare-root seedlings of red oak (*Quercus rubra* L.) in Ontario, Canada[J]. New forests, 2007, 34(2): 163-176.
- [3] 马常耕. 世界容器苗研究、生产现状和我国发展对策[J]. 世界

- 林业研究, 1994, (5): 33 - 39.
- [4] 沈国舫. 森林培育学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001.
- [5] 楚秀丽, 孙晓梅, 张守攻, 等. 日本落叶松容器苗控释肥生长效应[J]. 林业科学研究, 2012, 25(6): 697 - 702.
- [6] 贾斌英, 徐惠德, 刘桂丰, 等. 白桦容器育苗的适宜基质筛选[J]. 东北林业大学学报, 2009, 37(11): 64 - 67.
- [7] 邓华平, 杨桂娟. 不同基质配方对金叶榆容器苗质量的影响[J]. 林业科学研究, 2010, 23(1): 138 - 142.
- [8] 韦小丽, 朱忠荣, 尹小阳, 等. 湿地松轻基质容器育苗苗技术[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2003, 27(5): 55 - 58.
- [9] 程庆荣. 蔗渣和木屑作尾叶桉容器育苗基质的研究[J]. 华南农业大学学报, 2002, 23(2): 11 - 14.
- [10] 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.
- [11] 王月生, 周志春, 金国庆, 等. 基质配比对南方红豆杉容器苗及其移栽生长的影响[J]. 浙江林学院学报, 2007, 24(5): 643 - 646.
- [12] 孙 盛, 彭祚登, 董凤祥, 等. Cu、Zn 等制剂对银杏容器苗的控根效果[J]. 林业科学, 2009, 45(7): 156 - 160.
- [13] 周志春, 刘青华, 胡根长, 等. 3 种珍贵用材树种轻基质网袋容器育苗方案优选[J]. 林业科学, 2011, 47(10): 172 - 178.
- [14] 王 艺, 王秀花, 张丽珍, 等. 缓释肥加载对浙江楠和闽楠容器苗生长和根系发育的影响[J]. 植物资源与环境学报, 2013, 22(3): 81 - 87.
- [15] 王 艺, 王秀花, 吴小林, 等. 缓释肥加载对浙江楠和闽楠容器苗生长和养分库构建的影响[J]. 林业科学, 2013, 49(12): 57 - 63.
- [16] Francesco F, Francesco P N. Effect of container type nursery techniques on growth and chlorophyll content of *Acer platanoides* L. and *Liquidambar styraciflua* L. plants[J]. Journal of Food, Agriculture & Environment, 2006, 4(3&4): 209 - 213.
- [17] 乔志霞, 沈火林, 安 岩. 番茄耐高温胁迫能力鉴定方法的研究[J]. 西北农业学报, 2006, 15(6): 114 - 120.
- [18] Gandeza A T, Shoji S, Yamada I. Simulation of crop response to polyolefin coated urea I. Field dissolution[J]. Soil Science Society of America Journal, 1991, 55: 1462 - 1467.
- [19] Hawkins B J, Burgess D, Mitchell A K. Growth and nutrient dynamics of western hemlock with conventional or exponential greenhouse fertilization and planting in different fertility conditions[J]. Canadian Journal Forest Research, 2005, 35(4): 1002 - 1016.
- [20] Cortina J, Vilagrosa A, Trubat R. The role of nutrients for improving seedling quality in drylands[J]. New Forests, 2013, 44(5): 719 - 732.
- [21] Majdi H. Changes in fine root production and longevity in relation to water and nutrient availability in a Norway spruce stand in northern Sweden[J]. Tree Physiology, 2001, 21(14): 1057 - 1061.