

青钱柳不同株行距对幼林生长和叶片生物量的影响

吕明亮¹, 徐高福², 何俊², 柏明娥³

(1. 衢州市柯城区林业技术推广中心, 浙江 衢州 324000; 2. 淳安县新安江生态开发集团有限公司, 浙江 淳安 311700;
3. 浙江省林业科学研究院, 浙江 杭州 310023)

摘要: 选用 30 cm × 30 cm, 50 cm × 50 cm, 80 cm × 80 cm, 100 cm × 100 cm, 150 cm × 150 cm 和 200 cm × 200 cm 6 种不同株行距进行栽培试验, 研究株行距对青钱柳 *Cyclocarya paliurus* 幼林生长和叶片生物量的影响。结果表明, 种植后第 1 至第 2 年, 株行距大的苗高大于株行距小的苗高, 但从种植第 3 年开始, 株行距小的苗高逐渐大于株行距大的苗高; 种植第 3 年, 苗木地径最大的为株行距 100 cm × 100 cm, 与株行距 30 cm × 30 cm, 50 cm × 50 cm 和 80 cm × 80 cm 的苗木地径均差异显著 ($P < 0.05$), 但与株行距 150 cm × 150 cm 和 200 cm × 200 cm 的苗木地径无显著差异; 苗木的冠幅生长随着株行距的增大而增大, 但株行距 (100 cm × 100 cm) ~ (200 cm × 200 cm) 之间变化幅度已不明显; 单株叶片生物量最大的为株行距 100 cm × 100 cm, 株行距越小, 单株叶片生物量越小, 而林地单位面积生物量越大。青钱柳的株行距以 100 cm × 100 cm 的综合指标较好, 是以叶用为栽培目标的适宜密度。

关键词: 青钱柳; 株行距; 人工栽培; 叶片生物量

中图分类号: S792.13 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3776 (2020) 02-0051-06

Experiment on Different Plant-Row Spacing of *Cyclocarya paliurus* on Growth and Leaf Biomass

LU Ming-liang¹, XU Gao-fu², He Jun², BAI Ming-e³

(1. Quzhou Kecheng Forestry Extension Center of Zhejiang, Quzhou 324000, China; 2. Chun'an Xinanjiang Ecological Development Group Corporation of Zhejiang, Chun'an 311700, China; 3. Zhejiang Academy of Forestry, Hangzhou 310023, China)

Abstract: 3 000 leaf-use *Cyclocarya paliurus* seedlings (1-year) were planted with six densities (30 cm×30 cm, 50 cm×50 cm, 80 cm×80 cm, 100 cm×100 cm, 150 cm×150 cm and 200 cm×200 cm) for experiment. In May and September 2017, May and November 2018 and October 2019, determinations were carried out on growth traits of seedling and in October 2019, on single seedling biomass and stand unit area leaf biomass. The results showed that height growth of seedlings with high density was larger than that with lower one 1-2 year later, but it became opposite 3 years later. Ground diameter of seedlings with density of 100 cm×100 cm was the largest. Canopy of seedlings increased with the increase of density, but the range from 100 cm×100 cm to 200 cm×200 cm was not significant. Seedlings with density of 100 cm×100 cm had the biggest single plant leaf biomass, the experiment showed that the smaller the density, the smaller the single plant leaf biomass, the larger the per unit area biomass.

Key words: *Cyclocarya paliurus*; plant-row spacing; cultivation; leaf biomass

青钱柳 *Cyclocarya paliurus* 系胡桃科 Juglandaceae 高大落叶乔木, 为我国特有的单种属植物, 是冰川世纪幸存下来的珍贵树种。青钱柳树形高大挺拔, 材质优良, 果似铜钱, 不仅是优良的观赏绿化树种和用材树种^[1], 同时也是很好的天然保健食品资源。现代医学研究表明, 青钱柳具有明显的降血糖^[2-3]、降血压^[4]、降血脂^[5-6]、

收稿日期: 2019-09-29; 修回日期: 2020-01-30

基金项目: 浙江省林业科研成果推广项目 (2018B06); 浙江省省属科研院所扶持专项 (2017F30019)

作者简介: 吕明亮, 高级工程师, 从事林业技术推广; E-mail: lml3025123@163.com。通信作者: 柏明娥, 研究员, 从事资源植物开发; E-mail: baiminge66@163.com。

抗氧化^[7-8]、抗肿瘤^[9-10]和增强机体免疫功能^[11-12]等多种功效，特别是对糖尿病患者具有很好的调理作用，被医学界称之为“天然胰岛素”、“植物界的大熊猫”、人类生命的“第三棵树”^[13]。在民间用其叶制茶饮已具有悠久的历史，其汤泽金黄、味甜，又被称为“甜茶”^[14]。随着对青钱柳药用价值的开发，市场对资源的需求量不断增加，为解决天然资源的不足造成产业瓶颈的问题，近年已逐步开展青钱柳资源的人工培育。史晓华^[15]、杨万霞^[16]等在研究了青钱柳种子的休眠和萌发机理的基础上，提出了打破种子休眠、提高种子发芽率的处理技术；黄宏亮等^[17]研究了采用不同处理方法对当年播种育苗出苗率和出苗时间的影响，并观察了 1 年生幼苗的生长特性；连雷龙^[18]通过对黎川县岩泉林场 20 年生青钱柳人工纯林的调查发现，青钱柳快速生长在前 20 年，年高生长量可达 0.5~0.6 m，胸径平均生长量为 0.7 cm，20 年生青钱柳平均树高为 11.8 m，平均胸径为 14.5 cm；张勇、莫天艳、黄海明等^[19-21]分别从引种育苗、种苗培育、苗期管理、造林试验、树形控制等方面总结了青钱柳的人工栽培技术。鉴于青钱柳人工林培育目的是以收获叶片为主的叶用原料林，如何营造高产高效的定向培育栽培模式将是今后研究的重点和方向。本试验选用不同的株行距进行青钱柳人工栽培试验，经过 3 年的定期调查和分析，研究不同株行距对青钱柳幼林生长和叶片生物量的影响，以期对青钱柳叶用林的定向培育提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于淳安县新安江生态开发集团有限公司梓桐口林场，地理位置为 118°52′13.4″ E，29°39′06.1″ N，海拔 120 m，坡度 25°，坡向东南，中下坡。属亚热带季风气候，温暖湿润，雨量充沛，四季分明，光照充足，年平均气温 15~17℃，无霜期 230~270 d，最冷月（1 月）均温 5℃，最热月（7 月）均温 28.9℃，极端最低气温 -7.6℃，极端最高气温 41.8℃，年平均日照时数 1 951 h，年降水量 1 489 mm。土壤类型为黄红壤，土层厚 40~60 cm，质地为砾质砂土。土壤养分指标测定结果见表 1。试验地原为柑桔 *citrus reticulata* 园，因受天气影响大部分柑桔树被冻死，于 2016 年冬季进行清理、水平带状整地后改种青钱柳。种植后对死亡苗木进行同龄苗补植，至 2019 年保存率约为 94%。

表 1 试验地土壤养分状况
Table 1 Soil nutrient in tested plots

测定指标	全 N/(g·kg ⁻¹)	全 P/(g·kg ⁻¹)	速 N/(mg·kg ⁻¹)	速 P/(mg·kg ⁻¹)	速 K/(mg·kg ⁻¹)	有机质/(g·kg ⁻¹)	pH
数值	2.5	1.76	99.10	35.20	70.01	35.44	4.48

1.2 试验设计

于 2017 年 3 月，采购湖南省张家界市宏茂生态种苗有限公司的 1 年生青钱柳实生苗 3 000 株，平均苗高为 62.21 cm，平均地径为 9.20 mm，按 30 cm×30 cm，50 cm×50 cm，80 cm×80 cm，100 cm×100 cm，150 cm×150 cm，200 cm×200 cm 共 6 种株行距进行种植，每种株行距设 5 个重复，每个重复种植 100 株。种植后于每年 9 月对试验样地进行松土、除草并施用复合肥（金华惠农农资有限公司，N 15%，P₂O₅15%，K₂O 15%）200 kg·hm⁻²。试验区总面积 3 000 m²。

1.3 指标测定

测定方法：分别于 2017 年 5 月和 9 月、2018 年 5 月和 11 月以及 2019 年 10 月，对不同株行距的苗木生长指标进行测定，每个重复固定 10 株测定株高、地径、冠幅，根据测定数据计算平均生长量并进行差异性分析。

叶片生物量的测定：于 2019 年 10 月，从每个密度种植区随机选择 5 株样株，逐株将全部叶片摘下，放入保鲜袋，带回室内，将上述叶片置于 60℃烘箱中烘干至恒质量，然后称取干叶质量。根据干叶质量分别计算单株叶片生物量和林地单位面积叶片生物量：

$$\text{单株叶片生物量 (g·株}^{-1}\text{)} = \text{总的干叶质量 (g)} / \text{株数 (株)}。$$
$$\text{林地单位面积叶片生物量 (kg·hm}^{-2}\text{)} = \text{单株叶片生物量 (g·株}^{-1}\text{)} \times \text{种植密度 (株·hm}^{-2}\text{)} / 1\,000。$$

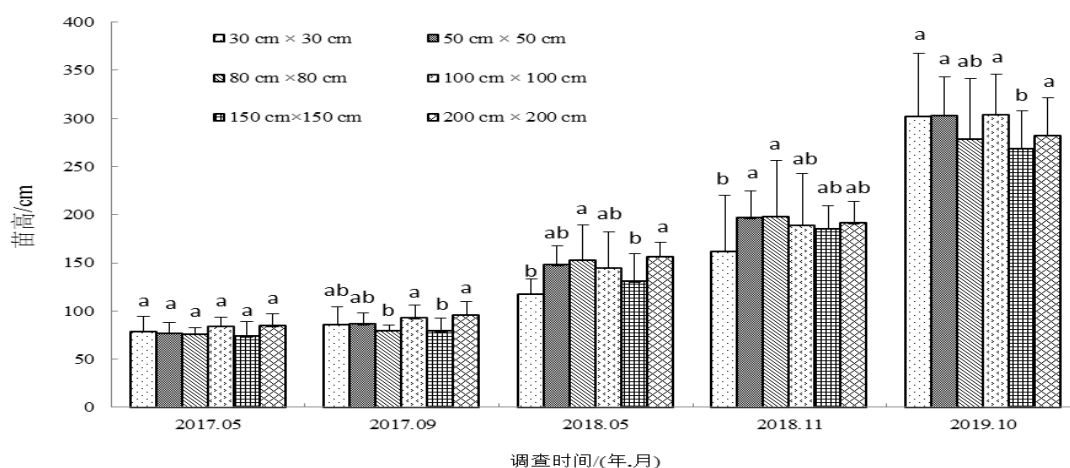
1.4 数据处理

数据采用 Excel 软件进行绘图，采用 SPSS 17.0 软件进行方差分析和多重比较。

2 结果与分析

2.1 株行距对高生长的影响

不同株行距在 2017–2019 年的苗高生长变化见图 1。从苗高生长变化情况来看, 2017 年 5 月刚种植时青钱柳苗高基本在 76~85 cm 之间, 相比较起始值最大的为株行距 200 cm×200 cm, 最小的为 80 cm×80 cm, 但各处理间差异不显著; 至 2017 年 9 月时, 不同密度间的苗高开始表现出一定的差异, 株行距为 200 cm×200 cm 和 100 cm×100 cm 的苗高显著大于株行距为 150 cm×150 cm 和 80 cm×80 cm 的 ($P<0.05$), 但与株行距 30 cm×30 cm 和 50 cm×50 cm 的苗高无显著差异; 至第 2 年即 2018 年 5 月时, 苗高最高的仍为 200 cm×200 cm 株行距, 且与株行距 150 cm×150 cm 和 30 cm×30 cm 的苗高差异显著 ($P<0.05$), 但与株行距为 100 cm×100 cm, 80 cm×80 cm 和 50 cm×50 cm 的苗高无显著差异; 至 2018 年 11 月时, 苗高最高的为株行距 80 cm×80 cm, 与株行距最小的 30 cm×30 cm 的苗高有显著差异 ($P<0.05$), 与其它株行距间差异不显著; 至 2019 年 10 月时, 苗高最高的为 100 cm×100 cm, 但与 30 cm×30 cm, 50 cm×50 cm 和 200 cm×200 cm 的苗高无显著差异。从苗高的生长变化来看, 种植后第 1 至第 2 年, 株行距小的苗高要大于株行距大的苗高, 但从种植后第 3 年开始, 株行距大的苗高生长速度逐渐大于株行距小的苗高生长速度。



注: 误差线上标有不同小写字母表示同一调查时间不同处理间差异显著 ($P<0.05$); 各处理间的多重比较采用 LSD 法。下同。

图 1 不同株行距对青钱柳苗高生长的影响

Figure 1 Height growth of *C. paliuru* seedlings with different densities

2.2 株行距对地径生长的影响

由图 2 可看出, 在不同株行距下, 刚种植即 2017 年 5 月时, 苗木的地径在 9.94~10.92 mm 之间, 相比较地径起始值最大的为株行距 200×200 cm, 最小的株行距为 80 cm×80 cm, 但各处理间差异不显著; 至 2017 年 9 月时, 各密度间地径生长表现出一定的差异, 苗木地径最大的为株行距 50 cm×50 cm, 与株行距 30 cm×30 cm, 80 cm×80 cm 的苗木地径有显著差异 ($P<0.05$), 其次为株行距 200 cm×200 cm 和 150 cm×150 cm, 最小的为 30 cm×30 cm; 至 2018 年 5 月时, 地径最大的为株行距 200 cm×200 cm, 其次为 100 cm×100 cm 和 150 cm×150 cm, 显著大于株行距为 80 cm×80 cm, 50 cm×50 cm 和 30 cm×30 cm 株行距的地径 ($P<0.05$); 至 2018 年 11 月时, 地径最大的为株行距 100 cm×100 cm, 最小的为株行距 30 cm×30 cm, 且两者间差异显著 ($P<0.05$); 至 2019 年 10 月时, 地径最大的仍为株行距 100 cm×100 cm, 且与株行距 30 cm×30 cm, 50 cm×50 cm 和 80 cm×80 cm 的地径差异显著 ($P<0.05$)。从地径的生长变化来看, 刚种植时株行距对苗木地径的生长影响不明显, 但从种植后第 2 年开始, 随着株行距的增大地径逐渐增大, 但增大至一定范围后对地径的变化影响不大, 即株行距在 (100 cm×100 cm)~(200 cm×200 cm) 间的苗木地径已无显著差异。

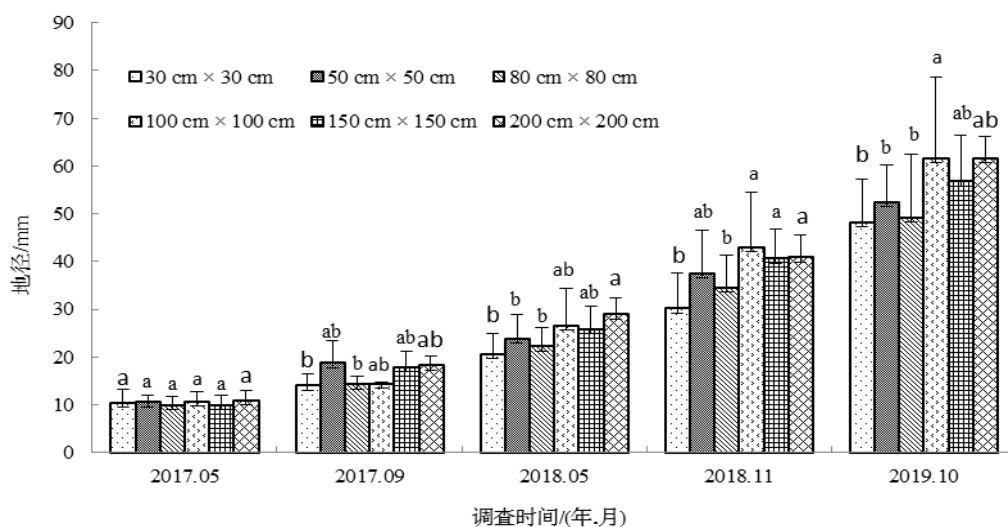
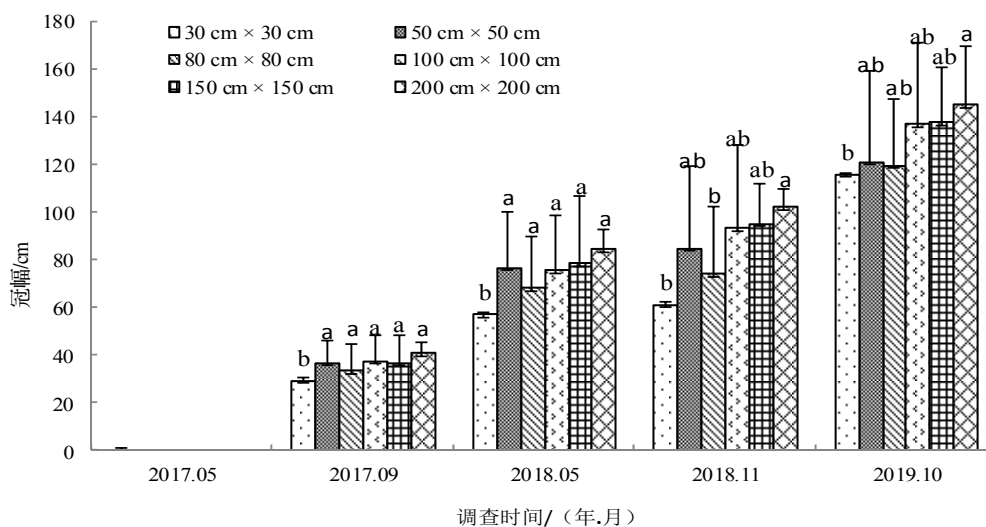


图2 不同株行距对青钱柳苗木地径生长的影响

Figure 2 Ground diameter growth of *C. paliuru* seedlings with different densities

2.3 株行距对冠幅生长的影响

青钱柳为落叶树种,由图3可知,刚种植(2017年3月)至2017年5月,叶芽刚刚萌发,此时冠幅普遍较小,故未作测量。待生长至2017年9月时,冠幅最大的为株行距200 cm×200 cm,其次为100 cm×100 cm,冠幅最小的为株行距30 cm×30 cm,且与其它密度间存在显著差异($P<0.05$)。



注:苗木的冠幅均为测得苗木的东西和南北方向宽度的平均值。

图3 不同株行距对青钱柳苗木冠幅生长的影响

Figure 3 Canopy growth of *C. paliuru* seedlings with different densities

至2018年5月时,冠幅最大的仍为株行距200 cm×200 cm,其次为150 cm×150 cm,最小的仍为株行距30 cm×30 cm,且与其它株行距的冠幅存在显著差异($P<0.05$);至2018年11月时,冠幅的变化规律与前期生长相似,最大的仍为株行距200 cm×200 cm,最小的仍为株行距30 cm×30 cm,且与80 cm×80 cm的冠幅无显著差异外,与其它株行距的冠幅存在显著差异($P<0.05$);至2019年10月时仍表现出相同的变化规律。由图3可以看出,苗木的冠幅生长基本上随着株行距的增大而增大,但株行距从100 cm×100 cm至200 cm×200 cm之间变化幅度已不明显。

2.4 株行距对叶片生物量的影响

青钱柳主要以采摘叶片为主，以叶片作为制茶和加工用原料，因此提高叶片生物量是主要的栽培目标。从图 4 可以看出，种植至第 3 年时，不同密度的青钱柳单株叶片生物量间存在明显差异，单株叶片生物量最大的株行距为 100 cm×100 cm 的，达 568.46g·株⁻¹，其次为株行距 200 cm×200 cm 的，其单株叶片生物量为 518.67 g·株⁻¹，两者间差异不显著，但与其它株行距的单株叶片生物量存在显著差异（*P*<0.05）。

根据株行距测算林地单位面积的叶片生物量，结果见图 5。从图 5 可以看出，林地单位面积的叶片生物量随着株行距的增大而逐渐减小，即单位面积的叶片生物量最大的为株行距 30 cm×30 cm，最小的为 200 cm×200 cm，且二者之间差异显著（*P*<0.05）。

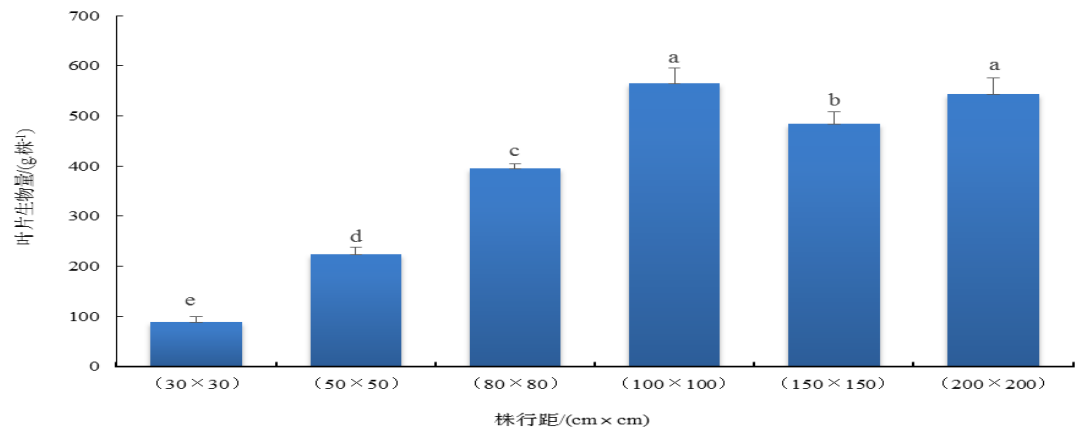


图 4 不同株行距对单株叶片生物量的影响

Figure 4 Effect of different planting densities on single plant leaf biomass

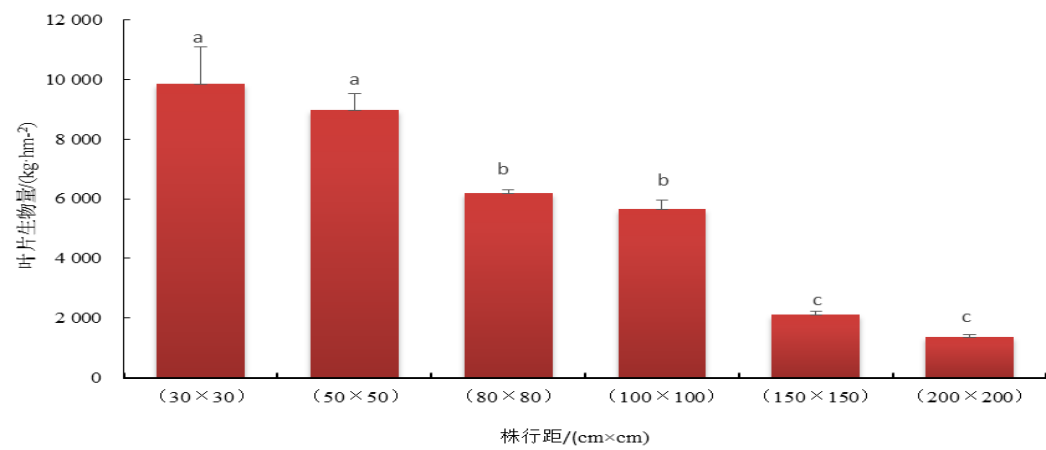


图5 不同株行距对林地单位面积叶片生物量的影响

Figure 5 Effect of different planting densities on unit area leaf biomass

3 结论与讨论

从青钱柳不同株行距的试验结果可以看出，种植后不同密度对苗木生长存有一定的影响。从苗高的生长变化来看，刚种植时，株行距小的苗高要大于株行距大的苗高，但从种植后第 3 年开始，株行距大的苗高逐渐大于株行距小的苗高；从地径的生长变化来看，地径最大的为株行距 100 cm×100 cm，随着株行距的增大，地径逐渐增大，但增大至一定范围后对地径的变化影响不大，即从株行距 100 cm×100 cm 至 200 cm×200 cm 地径已无显著差异；从苗木的冠幅变化来看，基本上随着株行距的增大而增大，但株行距 100 cm×100 cm 至 200 cm×200 cm 冠幅变化幅度已不明显；从叶片的生物量来看，单株叶片生物量最大的为株行距 100 cm×100 cm，株行距越小，单株叶片生物量越小，而林地单位面积生物量越大。

种植密度是指在单位面积土地上种植的植株数量,密度效应(Density Effect)是指当种群个体数目增加或减少时,相邻个体之间的相互影响,如相互竞争生长环境中的水分、CO₂、光照、养分等资源、影响群体内的透光和通风、改变土壤与环境因子及影响病虫害和倒伏等各种生理障碍的发生程度,使不同的种植密度下的作物在产量、品质及生理特性等方面表现不同。适当提高种植密度,可以增加植株对资源的利用,从而增加产量,但是密度过大,会造成资源的不足,影响植株的正常生长,这在玉米 *Zea mays*、花生 *Arachis hypogaea* 等常见农作物和药用植物方面的研究已得到大量证实^[22-25]。种植密度的选择除了考虑植物生物学和生态学特性外,更主要的是取决于栽培目标。朱桂河^[26]通过对培育以采摘嫩芽为目的的菜用香椿 *Toona sinensis* 不同栽培密度的研究表明,菜用香椿适宜的栽植密度为 19 500~24 000 株·hm⁻²,结合修剪、环割、采摘和更新枝留养等配套技术达到高产的目的;曾祥艳^[27]通过 6 种不同种植密度对以叶用为栽培目标的多穗柯 *Lithocarpus polystachy* 的生长特性研究表明,种植 1 年后,各密度试验林植株生长指标值都有一定的差异,其中株行距为 100 cm×100 cm 的试验林其综合生长指标最好。针对青钱柳的种植密度,有文献报导^[28]工程造林时选择株行距 3 m×2 m 或 2 m×2 m,工业原料林造林时采用株行距 1.5 m×1.5 m 或 2 m×2 m,也有文献报导^[29]考虑到青钱柳人工林培育的目的是短周期工业原料林资源开发,收获的主要是叶子,宜采用矮林作业的方式,在生产中建议初植密度为 5 000~10 000 株·hm⁻²。从本试验结果分析表明,青钱柳的株行距以 100 cm×100 cm 的综合指标较好,可作为以叶用林为栽培目标的初始密度,后期尚需对苗木生长及生物量作进一步观察,同时结合修剪、整形、矮化等配套技术进一步研究提高产量和品质的栽培措施。

参考文献:

- [1] 徐高福,柏明娥,朱杭瑞,等.青钱柳的多功能价值与繁育利用技术研究进展[J].林业调查规划,2013,38(5):32-34.
- [2] 李磊,谢明勇,易醒.青钱柳多糖组分及其降血糖活性研究[J].江西农业大学学报,2001,23(4):484-486.
- [3] 上官新晨,陈锦屏,吴少福,等.青钱柳提取物对家兔实验性糖尿病模型降血糖作用的研究[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2003,31(6):117-120.
- [4] 黄敬耀,楼兰英,徐彭.摇钱树叶的药理研究(简报)[J].中药通报,1986,11(11):63.
- [5] 黄明圈,上官新晨,徐明生,等.青钱柳多糖降血脂作用的研究[J].江西农业大学学报,2011,33(1):157-161.
- [6] 赵静,吴茹,李楠,等.青钱柳多糖对高脂血症小鼠 SOD、GSH-Px、CAT 基因 mRNA 表达的影响[J].江苏农业科学,2017,45(4):124-127.
- [7] 董彩军,谢明勇,聂少平,等.青钱柳提取物体外抗氧化活性研究[J].食品科学,2007,28(10):31-34.
- [8] 陈玮玲,钟培培,王远兴.青钱柳叶活性成分的抗氧化活性及 UPLC-QTOF-MS/MS 分析[J].食品科学,2017,38(8):122-128.
- [9] 刘昕,王顺启,谢明勇,等.青钱柳多糖对人宫颈癌 HeLa 细胞和人脐带内皮细胞生长的影响[J].食品科学,2007,28(10):520-522.
- [10] 韩澄,聂少平,黄丹菲,等.青钱柳多糖对人胃癌 MGC-803 细胞生长的影响[J].天然产物研究与开发,2009(21):952-955.
- [11] 黄贝贝,肖凤仪,张文平,等.青钱柳对小鼠免疫功能的影响[J].江西中医学院学报,2004,16(5):59-60.
- [12] 陈家群.青钱柳、罗汉果、Vc 对训练小鼠抗疲劳能力影响的实验研究[D].桂林:广西师范大学,2005.
- [13] 唐梅,赵立春,扈芷怡,等.青钱柳化学成分及药理作用研究进展[J].国际药学研究杂志,2017,44(9):851-859.
- [14] 何春年,彭勇,肖伟,等.青钱柳神茶的应用历史与研究现状[J].中国现代中药,2012,14(5):62-68.
- [15] 史晓华,徐本美,黎念林,等.青钱柳种子的休眠与萌发的研究[J].种子,2002(5):5-8.
- [16] 杨万霞.青钱柳种子休眠原因及萌发生理的初步研究[D].南京:南京林业大学,2004.
- [17] 黄宏亮,柏明娥,方建华,等.青钱柳播种育苗及苗期生长特性研究[J].山东林业科技,2015,217(2):40-43.
- [18] 连雷龙.青钱柳的栽培技术[J].林业科技开发,2003,17(3):51-52.
- [19] 张勇.珍稀树种青钱柳引种育苗及造林试验[J].安徽农学通报,2016,22(10):97-98.
- [20] 莫天艳.青钱柳开发与叶用林造林技术[J].吉林农业,2014,(12):69-70.
- [21] 黄海明.青钱柳育苗、造林及加工利用技术[J].安徽林业科技,2015,41(1):77-79.
- [22] 李风海,周芳,王志斌.不同玉米品种最佳密度研究[J].种子,2007,26(2):77-80.
- [23] 葛再伟,杨丽英.不同种植密度对花生生育及产量的影响[J].花生学报,2002(3):33-35.
- [24] 裴铁雄,陈永,黄培强.甘蔗新品种的不同种植密度试验研究[J].中国糖料,2014(4):6-10.
- [25] 刘晓珏.种植密度对黄精生长发育及干物质积累的影响[D].陕西:西北农林科技大学,2017.
- [26] 朱桂河.香椿矮化速成栽培配套技术[J].浙江林学院学报,2001,18(2):161-164.
- [27] 曾祥艳,陈金艳,廖健明,等.不同栽培密度对多穗柯幼林生长的影响[J].经济林研究,2014,32(1):113-116.
- [28] 查选周.浅析青钱柳苗木培育与综合利用技术[J].林业科技,2015,32(6):140.
- [29] 张敏,杜忠,李俊,等.青钱柳苗木培育及人工林定向造林技术[J].现代农业科技,2017,(4):138-139,144.