

罗明道, 洪舟, 李科, 等. 交趾黄檀 1 年生容器苗分级标准研究[J]. 华南农业大学学报, 2019, 40(2): 76-82.
LUO Mingdao, HONG Zhou, LI Ke, et al. Grading standards of one-year-old container seedlings of *Dalbergia cochinchinensis*[J]. Journal of South China Agricultural University, 2019, 40(2): 76-82.

交趾黄檀 1 年生容器苗分级标准研究

罗明道^{1,2}, 洪舟¹, 李科¹, 徐大平¹, 张宁南¹, 麦宝莹², 黄锡钊²

(1 中国林业科学研究院 热带林业研究所, 广东 广州 510520; 2 广东省佛山市高明区 林业科学研究所, 广东 佛山 528515)

摘要:【目的】开展 1 年生交趾黄檀 *Dalbergia cochinchinensis* 容器苗质量评价, 为其壮苗培育和人工林规模发展提供技术支撑。【方法】应用主成分分析法确定交趾黄檀苗木分级指标, 通过平均值±标准差法和逐步聚类法比较分析各等级苗木比例、标准以及在广东阳江、高明和福建漳州不同级别苗木的早期造林效果的差异, 确定合理的交趾黄檀苗木质量分级方法与分级标准。【结果】苗高 (*H*) 和地径 (*D*) 2 个性状的主成分贡献率分别为 59.85% 和 26.02%, 累积方差贡献率为 85.87%, *H* 和 *D* 可作为 1 年生交趾黄檀苗木分级指标, 各等级苗木之间存在着显著差异。2 种不同方法确定的交趾黄檀各等级苗木比例、等级取值范围无明显差异。应用平均值±标准差法分级的交趾黄檀合格苗 (I 和 II 级苗) 在各试验点的早期生长表现良好、造林成活率 (90% 以上) 较高; 造林 3 和 12 个月时, 苗木建成形态和成活率与造林时的 *H* 和 *D* 呈极显著正相关。【结论】综合各等级苗木比率、等级取值范围、早期造林效果以及实际育苗生产过程, 1 年生交趾黄檀苗木质量分级宜采用平均值±标准差法, 其分级标准为: I 级苗, $H \geq 119.76\text{ cm}$, $D \geq 7.66\text{ mm}$; II 级苗, $69.62\text{ cm} \leq H < 119.76\text{ cm}$, $5.04\text{ mm} \leq D < 7.66\text{ mm}$; III 级苗, $H < 69.62\text{ cm}$, $D < 5.04\text{ mm}$ 。

关键词: 交趾黄檀; 容器苗; 分级; 平均值±标准差法; 逐步聚类法; 红木树种; 造林效果
中图分类号: S723.1+1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-411X(2019)02-0076-07

Grading standards of one-year-old container seedlings of *Dalbergia cochinchinensis*

LUO Mingdao^{1,2}, HONG Zhou¹, LI Ke¹, XU Daping¹, ZHANG Ningnan¹, MAI Baoying², HUANG Xizhao²
(1 Research Institute of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Guangzhou 510520, China;
2 Research Institute of Forestry of Gaoming Zone, Foshan 528515, China)

Abstract: 【Object】 To evaluate the quality of one-year-old container seedlings of *Dalbergia cochinchinensis*, and provide a technical basis for its seedling cultivation and plantation development. 【Method】 Seedling grading indexes were determined by principal components analysis. We used the mean ± standard deviation and progressive clustering methods to analyze the proportions of seedlings in different grades, grading standards and differences among grades in afforestation effects at early stage of seedlings in Yangjiang, Gaoming of Guangdong and Zhangzhou of Fujian. The suitable grading method and standards were determined. 【Result】 The principal component contribution rates of seedling height (*H*) and ground diameter (*D*) were 59.85% and 26.02%, respectively. *H* and *D* could be used as the grading indexes for one-year-old *D. cochinchinensis* seedlings, and these traits were significantly different among different graded seedlings. The cumulative variance contribution rate of seedling height and ground diameter was 85.87%. There were no obvious differences in the proportions of seedlings in each grade and grading ranges between two grading

methods. Qualified *D. cochinchinensis* seedlings (Grade I and II) determined by the mean $\pm$ standard deviation method performed well in the early growth period and had higher survival rates ($>90\%$) at all test sites. Seedling traits and survival rates after planting of 3 and 12 months had highly significant positive correlations with *H* and *D* at planting time. 【Conclusion】 The mean $\pm$ standard deviation method is more feasible for grading of one-year-old *D. cochinchinensis* seedlings by comprehensively evaluating the proportions of seedlings in different grades, ranges of grading indexes, early afforestation effect and practical seedling cultivation. The grading standards are as follows: Grade I of $H \geq 119.76$ cm and $D \geq 7.66$ mm; grade II of 69.62 cm $\leq H < 119.76$ cm and 5.04 mm $\leq D < 7.66$ mm; grade III of $H < 69.62$ cm and $D < 5.04$ mm.

Key words: *Dalbergia cochinchinensis*; container seedling; grading; mean $\pm$ standard deviation method; progressive clustering method; redwood; afforestation effect

交趾黄檀 *Dalbergia cochinchinensis*, 商品名大红酸枝, 属于蝶形花亚科 Papilionoideae 黄檀属 *Dalbergia*。在明清时期, 其与小叶紫檀 *Pterocarpus santalinus*、海南黄花梨 *D. odorifera* 并称为宫廷专用的“三大贡木”, 在国家标准《红木: GB/T 18107—2000》中属于红酸枝木类^[1]。交趾黄檀天然分布于北纬 10°~22°的东南亚, 包括泰国、老挝、柬埔寨的大多数地区以及越南南部^[2]。2006 年, 中国林业科学研究院热带林业研究所引种交趾黄檀于海南乐东尖峰岭、广东阳江和肇庆以及福建漳州地区, 10 年生交趾黄檀表现良好^[3], 随后国内开始大量培育交趾黄檀苗木。交趾黄檀种子主要来源于东南亚国家^[4], 其苗木检验工作无标准可依, 极大地影响了苗木质量评估。对交趾黄檀苗木的质量标准进行分级, 将对交趾黄檀的高效培育和后期加工利用起到极大的促进作用。

在林业生产中, 苗木分级是为了使出圃苗达到林业生产部门相应规定的标准, 提高造林成活率和早期苗木生长速率, 减少造林后的林分分化现象^[5-6]。苗木的形态指标和生理指标是进行苗木分级的 2 个常见依据^[7], 常用的形态指标包括苗高、地径、高径比和根系状况等^[8]。在珍贵树种苗木分级研究中, 多采用平均值 $\pm$ 标准差法^[9]和逐步聚类法^[10]对部分珍贵树种的苗木开展分级评价。目前, 珍贵树种中的红木树种苗木分级研究主要集中在降香黄檀 *D. odorifera*^[11-13]及其他红木树种^[14], 对交趾黄檀苗木的分级研究鲜见报道。

本研究应用平均值 $\pm$ 标准差法和逐步聚类法对 1 年生交趾黄檀容器苗苗木进行分级, 比较各级苗木造林效果, 探讨不同等级苗木对气候条件的响应, 最后确定交趾黄檀苗木分级方法和标准, 为交趾黄檀壮苗培育和苗木培育技术规程制定提供技术支撑, 推动交趾黄檀朝着规范化、产业化方向发展。

1 材料与方法

1.1 育苗地概况

育苗地位于广东省广州市天河区中国林业科学研究院热带林业研究所苗圃 (23°11'N, 113°22'E), 该地属海洋性亚热带季风气候, 年平均气温 22℃, 最冷月平均气温 13.6℃, 最热月平均气温 28.6℃, 年平均降雨量为 899.8~1 623.6 mm, 全年无霜, 四季交替明显。

1.2 育苗措施

2015 年 6 月, 将购买于柬埔寨菩萨省威荣地区 Kra Vine 山脉 (12°22'N, 103°15'E) 的交趾黄檀种子用 0.5 g·L⁻¹ 高锰酸钾溶液浸泡 30 min 消毒, 用 45℃ 温水浸泡 12 h 后, 撒播至已消毒的沙床上。待幼苗长出 4 片真叶时, 移栽至黄心土基质的营养袋 (8 cm×16 cm)。按照苗圃常规育苗方法进行日常管护: 及时浇水和除草, 每个月施肥 (复合肥溶液 0.2~0.5 g·L⁻¹) 1 次、用 1 000 倍多菌灵杀菌 2 次。

1.3 苗木抽样调查

2016 年 4 月下旬, 在苗木上山造林之前随机抽取 300 株 1 年生交趾黄檀容器苗 (3 次重复, 每个重复 100 株), 测定其苗高 (*H*)、地径 (*D*), 洗除基质后测其主根长。同时, 利用 CI-203 仪器测定从顶梢开始第 3~8 片叶子的叶面积。再从每个重复中随机抽取 30 株置于烘箱, 105℃ 条件下杀青 30 min, 60℃ 条件下干燥至恒质量, 用电子天平分别称量各样苗的茎、叶、根生物量 (精确到 0.01 g), 并计算如下指标^[15]: 高径比=苗高/地径; 茎根比=地上生物量/地下生物量; 苗木质量指数=苗木总生物量/(高径比+茎根比)。

1.4 苗木分级

1.4.1 平均值 $\pm$ 标准差法 计算样苗群体性状的平均值和标准差, 将“平均值+标准差”和“平均值-标准差”分别作为各级别苗木的上、下限值^[9]。

1.4.2 逐步聚类法 利用 300 株苗的最大值和最小值进行标准化计算, 以确保所有观测数据进行比较和分析的准确性。利用 R-3.4.2 统计分析软件进行逐步聚类, 对苗高及地径标准化值进行初始 3 类聚类。计算各级样苗苗高和地径标准化值的平均值, 并以此平均值作为各级苗的凝聚中心, 计算每株苗与各凝聚中心的距离, 最后依据最短距离原则判定苗木所属的级别^[16]。

1.5 造林试验

人工林造林时的苗木质量关系到造林存活率的高低、幼林初期的生长速度和成林的可能性, 苗木质量可采用造林存活率及幼林期的生长量进行

评价^[17], 本研究应用标准差±平均值法和逐步聚类法对交趾黄檀苗木进行分级。2016 年 5 月初, 根据平均值±标准差法确定的各级别苗木分别在广东省阳江市阳东区合山镇阳江百盛园珍贵树种基地 (简称 YJ)、佛山市高明区杨梅镇高明林科所 (简称 GM) 和福建省漳州市龙海镇漳州市林下国有林场 (简称 ZZ) 进行造林试验, 试验地基本情况见表 1。试验点均采用完全随机排列方式, 10 株小区, 8 次重复。造林时穴状 (50 cm ×50 cm×40 cm) 整地, 株行距为 3 m×3 m, 每穴施有机肥 2.5 kg。造林后按照常规栽培措施进行抚育管理。分别于造林后 3 和 12 个月调查交趾黄檀存活率以及苗高、地径。

表 1 试验地基本情况
Table 1 Basic information of test site

试验地 Test site	位置 Location	经纬度 Longitude and latitude	海拔/m Elevation	年降雨量/mm Annual rainfall	年均温/℃ Annual average temperature	无霜期/d Frost-free season	土壤类型 Soil type
阳江 (YJ) Yangjiang	广东省阳江市阳东区合山镇	N21°59'28" E112°09'54"	25	2 136	23	350	砖红壤 Latosol soil
高明 (GM) Gaoming	广东省佛山市高明区杨梅镇	N22°47'34" E112°41'55"	73	1 683	21	335	赤红壤 Lateritic red soil
漳州 (ZZ) Zhangzhou	福建省漳州市龙海镇	N24°28'46" E117°30'29"	150	1 440	21	312	酸性红壤 Acid red soil

1.6 数据处理

对所有样苗的 12 个生长性状数据进行统计分析, 筛选分级指标, 采用的精度公式: $p = (1 - SE/\bar{x}) \times 100\%$, 其中, SE 为标准差, $\bar{x}$ 为平均值。应用平均值±标准差法和逐步聚类方法进行苗木分级, 确定分级标准; 对各时期、各级苗木生长表现进行 Duncan's 多重比较, 分析不同级别的苗木造林效果。主成分分析、逐步聚类分析均采用 R-3.42 软件

进行, 采用 Pearson 系数进行相关性分析^[18]。

2 结果与分析

2.1 苗木分级指标的确定

根据调查所得数据, 交趾黄檀苗木 12 个生长指标基本符合正态分布。对交趾黄檀苗木各性状进行标准差、标准误和精度统计 (表 2)。从表 2 结果可以看出, 各苗木性状的精度均在 95% 以上, 符合

表 2 交趾黄檀苗木各性状调查及精度检验
Table 2 Traits and precision tests of *Dalbergia cochinchinensis* seedlings

项目 Item	苗高/cm Seedling height	地径/cm Ground diameter	高径比/% Height-to-diameter ratio	主根长/cm Taproot length	茎根比/% Stem-to-root ratio	叶面积/cm ² Leaf area
$\bar{x}$	94.69	6.35	14.92	17.54	2.34	15.33
SD	25.07	1.31	2.67	7.59	0.68	4.47
SE	1.45	0.08	0.15	0.44	0.04	0.26
P/%	98.46	98.81	98.97	97.5	98.32	98.31

生物量/g Biomass						质量指数 Seedling quality index
项目 Item	根 Root	茎 Stem	叶 Leaf	地上部 Aboveground	全株 Total	
$\bar{x}$	4.77	2.74	8.25	10.99	15.76	0.92
SD	3.04	2.1	5.47	7.24	10.06	0.63
SE	0.18	0.12	0.32	0.42	0.58	0.04
P/%	96.32	95.59	96.17	96.2	96.31	96.05

《苗木调查方法》^[19]的精度要求,符合制定苗木标准时的精度要求。为确定影响交趾黄檀苗木质量的主导因子,本研究对株高、地径、根长、根生物量、全株生物量、地上部生物量和高径比等 12 个性状进行主成分分析(表 3)。从表 3 可以看出,苗高和地径 2 个性状的主成分贡献率分别为 59.85% 和 26.02%,累积方差贡献率为 85.87%,可以很好地表达 1 年生交趾黄檀容器苗的质量。因此,本研究将苗高和地径定为 1 年生交趾黄檀苗木分级的指标。

2.2 苗木分级

2.2.1 平均值±标准差法的苗木分级效果 计算 300 株样苗苗高和地径的平均值和标准差,将平均值+标准差和平均值-标准差分别作为各级别苗木的上、下限值,即得到交趾黄檀苗木的分级标准(表 4)。应用平均值±标准差法进行苗木分级,合格苗(I 和 II 级苗)的比例达到 82.66%,且不同级别交趾黄檀在苗高和地径上达到显著差异。

2.2.2 逐步聚类法的苗木分级效果 经 3 次聚类修订后样苗分级结果保持不变,最终得到各级苗的

表 3 交趾黄檀苗木不同性状的主成分特征值、贡献率及累积贡献率
Table 3 Eigenvalues, contribution rates and cumulative contribution rates of principal components of *Dalbergia cochinchinensis* seedling traits

主成分 Principle component	特征值 Eigenvalue	贡献率/% Contribution rate	累积贡献率/% Cumulative contribution rate
苗高 Seedling height	7.19	59.85	59.85
地径 Root collar diameter	1.57	26.02	85.87
高径比 Height-to-diameter ratio	1.17	6.87	92.74
主根长 Taproot length	0.95	2.13	94.87
茎根比 Stem-to-root ratio	1.22×10 ⁻³	0.36	99.93
叶面积 Leaf area	0.62	1.35	96.22
根生物量 Root biomass	0.31	1.12	97.34
茎生物量 Stem biomass	8.98×10 ⁻²	0.96	98.30
叶生物量 Leaf biomass	5.45×10 ⁻²	0.71	99.01
地上生物量 Aboveground biomas	2.24×10 ⁻²	0.56	99.57
总生物量 Total biomass	5.13×10 ⁻¹⁷	0.15	≈100.00
质量指数 Seedling quality index	1.21×10 ⁻¹⁷	6.71×10 ⁻¹⁷	≈100.00

表 4 1 年生交趾黄檀分级标准与不同苗木等级级别间的生长表现¹⁾
Table 4 Grading standards and growth performances in different grades of one-year-old *Dalbergia cochinchinensis* seedlings

分级方法 Grading method	苗木等级 Seedling quality	分级标准 Grading standards	占比/% Ratio	苗高 (H)/cm Seedling height	地径 (D)/mm Root collar diameter
平均值±标准差法 Mean ± standard deviation	I	$H \geq 119.76\text{cm}, D \geq 7.66\text{ mm}$	10.33	136.03±8.39a	8.69±0.78a
	II	$69.62\text{ cm} \leq H < 119.76\text{ cm},$ $5.04\text{ mm} \leq D < 7.66\text{ mm}$	72.33	98.04±17.13b	6.43±0.92b
	III	$H < 69.62\text{ cm}, D < 5.04\text{ mm}$	17.33	62.42±7.83c	4.94±0.79c
逐步聚类法 Progressive clustering	I	$H \geq 115.34\text{ cm}, D \geq 7.35\text{ mm}$	13.33	133.85±8.94a	8.32±0.17a
	II	$68.65\text{ cm} \leq H < 115.34\text{ cm},$ $4.87\text{ mm} \leq D < 7.35\text{ mm}$	71.66	96.11±16.62b	6.35±0.91b
	III	$H < 68.65\text{ cm}, D < 4.87\text{ mm}$	15.01	60.46±6.29c	4.86±0.83c

1) 同一方法的同列数据后,不同小写字母表示不同等级间差异显著 (P<0.05, Duncan’s 法)
1) Different lowercase letters in the same column of each method indicate significant difference among grades (P<0.05, Duncan’s method)

凝聚中心分别为 (0.71, 0.70)、(0.46, 0.51) 和 (0.17, 0.22), 并计算每个级别样苗苗高和地径标准方差之和的平方根作为该级别的半径。再将凝聚中心和半径在 R-3.4.2 软件中算出 I 级苗和 II 级苗的苗高、地径标准化值下限。将这些值转化为初始值, 即可得到交趾黄檀 1 年生苗木的分级标准 (表 4)。应用逐步聚类法进行苗木分级, 合格苗 (I 和 II 级苗) 比例达到 84.99%, 不同级别苗木在生长性状间差异显著。

2.2.3 苗木分级标准确定 按照平均值±标准差与逐步聚类法对苗木分别进行分级, 得到的分级标准十分相近, 结合实际生产中平均值±标准差比较容易操作, 故确定交趾黄檀 1 年生苗木的分级标准为平均值±标准差法, 其分级标准 (表 4) 为: I 级苗, $H \geq 119.76\text{ cm}$, $D \geq 7.66\text{ mm}$; II 级苗, $69.62\text{ cm} \leq H < 119.76\text{ cm}$, $5.04\text{ mm} \leq D < 7.66\text{ mm}$; III 级苗, $H < 69.62\text{ cm}$, $D < 5.04\text{ mm}$ 。I 级苗的平均苗高 136.03 cm, 地径 8.69 mm; II 级苗的平均苗高 98.04 cm, 地径 6.43 mm; III 级苗的平均苗高 62.42 cm、地径 4.94 mm。

2.3 不同等级苗木造林效果

2.3.1 不同等级苗木成活率比较 造林是评价苗木质量优劣最有效的方法之一, 优质的苗木能明显提高造林成活率和幼林生长量^[19]。对不同等级交趾

黄檀苗木造林后 3 和 12 个月时的生长表现进行统计分析 (表 5)。结果表明: 交趾黄檀在定植 3 个月, 其成活率保持稳定。在阳江试验点中, I 级和 II 级苗的成活率为 100.00% 和 97.50%; 在高明试验点中, I 级和 II 级苗的成活率分别达到了 96.25% 和 95.00%; 在漳州试验点中, I 级和 II 级苗的成活率分别达到了 100.00% 和 93.75%。在阳江、高明和漳州 3 个试验点中, III 级苗的成活率分别为 78.75%、76.25% 和 80.00%。在造林 12 个月时, 阳江和漳州 2 个试验点 III 级苗的成活率均下降 1.58%, 高明试验点 III 级苗的成活率不变。

2.3.2 不同时期苗木的生长变化及其相关性 通过对不同等级交趾黄檀造林时以及造林后 3 和 12 个月时的苗高和地径统计分析 (表 5) 可知, 在不同的试验点, 不同等级交趾黄檀苗木生长差异显著, 其中, I 级苗的生长指标最优、II 级苗居中、III 级苗最差。I 级苗的苗高和地径年生长量比 III 级苗分别提高了 59.23% 和 77.19%; II 级苗的苗高和地径年生长量比 III 级苗分别提高了 34.38% 和 52.34%。造林时苗木高度和地径与后期苗木形态建成和成活率呈极显著正相关 (表 6)。因此, 采用苗高和地径作为 1 年生交趾黄檀苗木分级指标是科学合理的。

表 5 各试验点不同等级交趾黄檀苗木生长情况¹⁾

Table 5 Growth performances of *Dalbergia cochinchinensis* seedlings in different grades at each test site

试验地 Test site	苗木等级 Seedling quality	造林时 Planting		造林3个月后 Three months after planting			造林12个月后 Twelve months after planting		
		苗高/cm Seedling height	地径/mm Ground diameter	苗高/cm Seedling height	地径/mm Ground diameter	存活率/% Survival rate	苗高/cm Seedling height	地径/mm Ground diameter	存活率/% Survival rate
阳江 (YJ) Yangjiang	I	138.88±14.19a	11.69±1.97a	141.88±14.24a	12.76±1.98a	100.00	316.75±13.30a	32.25±1.67a	100.00
	II	97.69±13.15b	7.16±0.64b	99.61±13.11b	7.99±0.65b	97.50	252.21±12.63b	25.33±1.14b	97.50
	III	64.26±5.81c	4.67±0.55c	65.53±5.53c	5.08±0.53c	78.75	183.03±4.99c	17.65±1.22c	77.50
高明 (GM) Gaoming	I	129.29±13.75a	10.74±1.96a	131.35±32.15a	12.18±8.05a	96.25	286.94±13.27a	35.33±1.64a	96.25
	II	93.67±13.36b	6.16±0.64b	99.52±17.51b	7.21±0.59b	95.00	222.19±13.02b	27.38±1.15b	95.00
	III	54.82±5.14c	3.66±0.53c	51.67±5.68c	4.17±0.52c	76.25	143.04±5.06c	15.96±1.21c	76.25
漳州 (ZZ) Zhangzhou	I	126.80±4.76a	10.05±1.68a	127.93±13.98a	11.13±1.93a	100.00	286.66±13.11a	35.31±1.62a	100.00
	II	93.88±13.41b	6.16±0.50b	94.58±13.39b	6.95±0.64b	93.75	222.45±12.83b	27.38±1.14b	93.75
	III	53.41±7.49c	3.72±0.54c	54.38±7.51c	4.44±0.71c	80.00	153.81±6.55c	18.16±1.68c	78.75

1) 相同试验地的同列数据后, 不同小写字母表示不同等级间差异显著 ($P<0.05$, Duncan's 法)
1) Different lowercase letters in the same column of each site indicate significant difference among grades ($P<0.05$, Duncan's method)

表 6 不同定植时期交趾黄檀苗期性状间相关性分析¹⁾

Table 6 Correlation analysis among growth traits of *Dalbergia cochinchinensis* seedlings at different time after planting

性状 Trait	造林3个月后 Three months after planting			造林12个月后 Twelve months after planting		
	苗高	地径	成活率	苗高	地径	成活率
	Seedling height	Ground diameter	Survival rate	Seedling height	Ground diameter	Survival rate
苗高(定植) Seedling height (Planting)	0.99**	0.98**	0.98**	0.96**	0.90**	0.92**
地径(定植) Root collar diameter (Planting)	0.98**	0.99**	0.85**	0.90**	0.87**	0.85**

1) “**”表示相关性达到 0.01 的显著水平(Pearson 相关)

1) “**” indicates significant correlation at $P<0.01$ level (Pearson correlation)

3 讨论与结论

苗木品质是由一系列苗木性状体现的, 在进行苗木质量评价时, 测定指标越多, 所得到的苗木质量相关信息就越全面^[20]。然而在生产中, 很难将苗木所有的性状 (特别是与根系有关的指标及生理生化指标) 全部进行测定。由于生长性状间存在着密切的相关性, 多个指标的信息往往是重叠的, 可以考虑选择 2~3 个重要性状进行分析^[21]。在制定苗木分级标准时, 应考虑选取既能直观表现苗木质量, 又容易测量且在生产上简单易用的性状作为苗木的分级指标^[22]。在林业生产上, 通常选择地径和苗高作为衡量苗木规格的重要指标^[23]。本研究经过主成分分析并结合实际生产, 选定地径和苗高作为 1 年生交趾黄檀苗木质量分级的指标。通过造林效果评价, 亦证明利用苗高、地径作为交趾黄檀苗木分级指标是合理可行的。这与其他珍贵树种分级研究的结论一致^[9, 11-14]。

当前有关苗木质量分级研究方法大多采用平均值±标准差法和逐步聚类法, 且不同方法的分级效果不同^[6, 8-9, 13]。本研究利用平均值±标准差法和逐步聚类法确定 1 年生交趾黄檀苗分级标准, 其分级效果差别不大。应用平均值±标准差法分级的合格苗 (I 和 II 级苗) 所占比例略少于逐步聚类法, 前者不合格苗 (III 级苗) 占比为 17.33%, 后者不合格苗占比为 15.01%, 二者合格苗比例控制在 85% 水平^[24]。此外, 从统计分析方法和使用简易程度考虑, 平均值±标准差法的数据统计相对于逐步聚类法简单, 工作量较小, 且便于生产上应用。

开展造林效果试验有助于将苗木分级与造林生产更好地衔接起来, 使得分级标准更为可靠^[25]。在广东、福建 2 省 3 地, 通过对定植初期、3 和 12 个月开展苗高和地径及存活率的综合分析可知, 苗木

的不同等级是交趾黄檀造林成活率最关键的决定因素, 种苗的选择是最重要的阶段。同时, 也证明采用平均值±标准差法确定的各分级标准合理可行。

苗木的生长与气候条件有一定的关系, 特别是纬度、气温和降雨量^[24]。交趾黄檀苗木种植 1 年后, 在阳江的 I 级苗苗高比高明和漳州分别高 10.38% 和 10.49%, II 级苗分别高 13.51% 和 13.37%; 但是, 在阳江合格苗的地径却比高明和漳州地区分别减少 8.71% 和 8.66% (I 级苗), 7.48% 和 7.49% (II 级苗)。这可能与阳江地区纬度较低, 光线比较充足, 造成苗木主要以高生长为主有关。

利用地径和苗高性状采用平均值±标准差法对 1 年生交趾黄檀苗木进行分级, 其分级标准为: I 级苗, $H \geq 119.76\text{ cm}$, $D \geq 7.66\text{ mm}$; II 级苗, $69.62\text{ cm} \leq H < 119.76\text{ cm}$, $5.04\text{ mm} \leq D < 7.66\text{ mm}$; III 级苗, $H < 69.62\text{ cm}$, $D < 5.04\text{ mm}$ 。苗高、地径 2 个指标任意一项不达等级标准, 则等级下降 1 级。在交趾黄檀苗木实际生产中, 除了根据苗高和地径进行分级外, 进行造林时应选择主干单一、通直, 苗木壮实, 枝叶繁茂, 无病虫害、色泽正常、根系发达的苗木。另外, 在不同地区, 还应考虑立地条件及育苗技术的差异, 各地应该结合具体情况和苗木生长情况进行苗木分级, 以上分级标准仅为各地在进行 1 年生交趾黄檀苗木出圃时提供参考。

参考文献:

[1] 中国林业科学研究院木材工业研究所. 红木: GB/T: 18107-2000 [S]. 北京: 国家质量技术监督局, 2000.

[2] MORITSUKA E, CHHANG P, TAGANE T, et al. Genetic variation and population structure of a threatened timber tree *Dalbergia cochinchinensis* in Cambodia[J]. *Tree Genet Genomes*, 2017, 13(6): 115.

[3] 吴培衍, 张荣标, 张金文. 红木树种新贵: 交趾黄檀[J]. *福建热作科技*, 2016, 41(4): 51-54.

[4] 李科, 洪舟, 杨曾奖, 等. 不同种源交趾黄檀种子形态及多点发芽率的差异[J]. 浙江农林大学学报, 2018, 35(1): 121-127.

[5] 鲁敏, 姜凤岐, 宋轩. 容器苗质量评定指标的研究[J]. 应用生态学报, 2002, 13(6): 763-765.

[6] 周新华, 黄拯, 厉月桥, 等. 杉木容器苗分级标准研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2017, 37(9): 68-73.

[7] 李玉莲, 张亚楠, 王子奕. 评价出圃苗木质量的几个主要指标[J]. 林业科技, 2007, 32(4): 12-13.

[8] 曾郁珉, 刘金凤, 苏俊武, 等. 高阿丁枫苗木分级研究[J]. 西部林业科学, 2006, 35(3): 43-48.

[9] 杨斌, 周凤林, 史富强, 等. 铁力木苗木分级研究[J]. 西北林学院学报, 2006, 21(1): 85-89.

[10] 封丹, 张厚江, 季梦婷. 苗木质量分级方法研究综述[J]. 林业机械与木工设备, 2016, 44(4): 10-15.

[11] 方碧江. 降香黄檀苗木分级标准的探讨[J]. 福建热作科技, 2009, 34(4): 30-32.

[12] 周双清, 周亚东, 吴群富, 等. 海南降香黄檀种苗分级标准[J]. 西部林业科学, 2015, 44(3): 26-30.

[13] 黎明, 黄柏华, 韦叶桥, 等. 降香黄檀轻基质容器苗分级标准研究[J]. 南方农业学报, 2016, 47(12): 2103-2107.

[14] 史富强, 杨斌, 付玉嫔, 等. 铁力木造林苗木分级标准及施肥试验研究[J]. 林业调查规划, 2010, 35(5): 28-30.

[15] 闫彩霞, 杨锦昌, 尹光天, 等. 米老排不同高度级苗木形态特征的分析[J]. 林业资源管理, 2013(5): 98-102.

[16] 楚秀丽, 吴利荣, 汪和木, 等. 马尾松和木荷不同类型苗木造林后幼林生长建成差异[J]. 东北林业大学学报, 2015, 43(6): 25-29.

[17] 周凤林, 李玉媛, 史富强, 等. 印度紫檀苗木分级研究[J]. 西部林业科学, 2004, 33(2): 29-33.

[18] 林元震, 陈晓阳. R 与 ASReml-R 统计分析教程[M]. 北京: 中国林业出版社, 2014: 99-136.

[19] 刘佳嘉, 李国雷, 刘勇, 等. 容器类型和胚根短截对栓皮栎容器苗苗木质量及造林初期效果的影响[J]. 林业科学, 2017, 53(6): 47-55.

[20] 王印肖, 田冬. 苗木质量分级与检测方法[J]. 河北林业科技, 2005(4): 61-62.

[21] 潘超美, 黄崇才, 郑芳吴, 等. 药用植物土沉香种苗分级标准的研究[J]. 广州中医药大学学报, 2012, 29(2): 180-184.

[22] 杨斌, 赵文书, 姜远标, 等. 思茅松造林苗木选择及施肥效应[J]. 浙江农林大学学报, 2005, 2(4): 396-399.

[23] 郑益兴, 冯永刚, 彭兴民, 等. 印楝 1 年生苗木生长节律与数量分级标准[J]. 南京林业大学学报 (自然科学版), 2008, 32(3): 25-30.

[24] 赵建华, 叶力勤, 安巍, 等. 宁夏枸杞苗木分级及不同质量苗木定植初期生长特征[J]. 浙江农林大学学报, 2011, 28(3): 450-454.

[25] 陈琳, 曾杰, 贾宏炎, 等. 容器规格和基质配方对红锥幼苗生长及造林效果的影响[J]. 林业科学, 2017, 53(3): 76-83.

【责任编辑 李晓卉】