

引进种源印度黄檀优株选择及优良无性系选择与评价

廖怀建[#], 邓疆[#], 杜婷, 石雷^{*}, 周成理

(中国林业科学研究院资源昆虫研究所, 昆明 云南 650224)

摘要: [目的] 印度黄檀 *Dalbergia sissoo* (Roxb.) 是一种经济价值比较高的用材树种, 对印度黄檀优株选择及优良无性系筛选, 可以为印度黄檀优良品种选育提供理论指导和支持。 [方法] 本研究测定 4 种国外引进种源 (N0、N2、I4 和 H6) 印度黄檀母株株高和胸径, 选择出 20 棵优株; 并通过嫁接进行无性系苗木繁殖, 测定 2 年生无性系苗木胸径和株高, 比较分析了 20 个无性系株高和胸径, 筛选出优良无性系用于印度黄檀优良品种选育。 [结果] 4 个种源的印度黄檀母株株高和胸径变异系数较大, 选择的 20 棵优株株高和胸径约等于或大于母株平均株高和胸径的 130%; 9 和 10 号无性系株高和胸径均明显大于其它无性系, 且变异系数远远小于母株; 其次为 12、18、19 和 20 号无性系; 9 和 10 号优株, 树干较直, 胸径较大, 超过母株平均值的 170%; 9 和 10 号无性系株高和胸径均超过对照的 130%, 可作为优良无性系。 [结论] 本研究选择了 20 棵印度黄檀优株, 并繁殖出 20 个无性系, 筛选出 9 和 10 号作为优良无性系, 用于之后的印度黄檀优良品种的选育。

关键词: 引进种源; 印度黄檀; 优株选择; 优良无性系选择

中图分类号: S722.7

文献标识码: A

文章编号: 1001-1498(2017)06-0916-05

Superior Plant and Clone Selection and Evaluation of Introduced *Dalbergia sissoo* Provenances

LIAO Huai-jian, DENG Jiang, DU Ting, SHI Lei, ZHOU Cheng-li

(Research Institute of Resources Insects, Chinese Academy of Forestry, Kunming 650224, Yunnan, China)

Abstract: [Objective] To select superior plant and clone of *Dalbergia sissoo*. [Method] The height and diameter at breast height (DBH) of mother plants of four introduced *D. sissoo* provenances were measured. Twenty trees were selected as superior plants; The clone seedlings were propagated by grafting, then the height and DBH were measured to find superior clones for selective breeding of good varieties for *D. sissoo* with comparative analysis height and DBH among the 20 clones. [Result] The height and DBH variable coefficient (VC) of mother plants of four *D. sissoo* provenances were very great, and both the height and DBH of the twenty selected superior plants were approximately equal to, or greater than 130% of the mean height and DBH of mother plants. The height and DBH of clone 9 and clone 10 were significantly greater than that of the other clones and the control, followed by clones 12, 19 and 20. The trunk was straight, and the DBH was large for superior plants 9 and 10, and the height and DBH of clones 9 and 10 were also 70% higher than the mean values of mother trees. The height and DBH of clones 9 and 10 were significantly higher than that of the other clones, and both 30% higher than the control. It is proved that clones 9

收稿日期: 2017-04-02

基金项目: 国家重点研发专项子专题(2016YFD0600600505); 云南省技术创新人才培养计划(2012HB054).

[#]: 共同第一作者.

作者简介: 廖怀建(1986—), 男, 博士, 助理研究员, 主要从事资源昆虫与植物培育研究.

^{*} 通讯作者: 石雷.

and 10 could be selected as superior clone. [**Conclusion**] Twenty superior plants were selected, and twenty clones were reproduced, and clones 9 and 10 were chosen as the superior clones for selective breeding of *D. sissoo*.

Keywords: introduced provenance; *Dalbergia sissoo*; superior plant selection; superior clone selection

印度黄檀 (*Dalbergia sissoo* Roxb.) 属蝶形花科 (Fabaceae) 黄檀属 (*Dalbergia*) 多用途速生木本植物, 主要分布于印度、巴基斯坦和尼泊尔等国家^[1]。印度黄檀木材具有优良的坚固性和弹性, 可用于制作家具、橱柜、乐器和胶合板^[2]; 石雷等^[3-5]对印度黄檀木材解剖结构及理化性质进行了研究, 结果显示木材的解剖结构径向变异趋势明显, 木材 PH 值为 5.39, 生长轮年龄与各解剖参数和结晶度相关性显著, 印度黄檀的综合品质系数为 $2\ 309 \times 105\text{Pa}$, 为高等级用材。这些性质均表明印度黄檀是优秀的用材, 具有很高的经济价值, 是一种值得推广的珍贵树种。石雷等在对引进的印度黄檀适生性气候因子研究显示, 印度黄檀适宜在年平均气温为 $20 \sim 27^\circ\text{C}$, 极端低温高于 0°C , 极端高温为 $39 \sim 43^\circ\text{C}$, 以及年平均降水量高于 600mm 的地区推广种植, 特别是云南省干热河谷地区^[6]。刘絮子等^[7]通过对气候条件分析认为, 云南省适宜种植印度黄檀的土地面积占 32.5%, 最适宜面积占 0.7%, 较适宜面积占 7.4%。

印度黄檀自 1999 年从国外引种到国内, 迅速得到推广, 现在广东省、海南省、福建省、云南省等均有大量种植。印度黄檀一般通过种子进行有性繁殖^[8]。国内虽有组织培养研究^[9], 但在国内未进行过印度黄檀优良品种的选育研究, 因此, 国内大面积种植的均为种子苗。调查发现, 种子苗分化较为严重, 长势参差不齐, 株高及胸径差异较大, 存在较多弯扭木, 这些因素极大影响了林分质量。中国林科院资源昆虫研究所自 2000 年起, 从国外引进了 4 个印度黄檀种源, 种植 11 年后观测发现, 不同种源种子苗中均存在少量生长快、树干挺直、株高及胸径具明显优势的植株, 若对这些优株进行无性系测定, 将有可能进一步筛选并培育出无性系新品种, 为印度黄檀高效优质林分的建设提供优质种苗。为此, 本研究对从 4 个国外引进的印度黄檀种源中选出的 20 棵优株, 并以此使用嫁接手段繁殖 20 个无性系, 对 20 个 2 年生无性系嫁接苗木胸径和株高进行比较分析, 试图从中选出优良无性系, 为进一步培育无性系新品种提供依据。

1 材料与方法

1.1 印度黄檀优株选择

作者于 2000 年、2002 年、2004 年和 2006 年分

别从尼泊尔、印度和洪都拉斯 3 个国家引进了 4 批印度黄檀种源, 分别将 4 种种源编号为 N0、N2、I4 和 H6, 引进的当年 7—8 月进行造林, 均种植于中国林业科学研究院资源昆虫研究所元江热区试验站 (云南省玉溪市元江哈尼族彝族傣族自治县)。2007 年 1 月 9 日, 对 4 个种源的印度黄檀人工林的株高和胸径进行测量, N0、N2、I4 和 H6 分别测定了 38、106、20 和 33 棵树。然后, 选取较为优秀的印度黄檀作为无性繁殖的优株, 以平均株高和胸径为标准, 选取株高和胸径大于或者约等于平均值的 130%, 作为优株, 共选择了 20 棵优株, 编号 1~20, 进行无性系繁殖。由于未能收集到 N2、I4 和 H6 种源的种子, 只收集到了 N0 种源的种子, 因此以 N0 种源种子进行培育实生苗作为对照。

1.2 无性系种植样地选择与处理

种植无性系苗木样地位于云南省元江哈尼族彝族傣族自治县中国林业科学研究院资源昆虫研究所热区试验站内。在元江热区试验站选择 1 块向阳的山丘, 通过推土机将山丘自上而下, 挖成类似于梯田的条状台地, 每块台地相距高度为 120cm 左右, 并在台地用水管布满喷灌设施, 便于给植株施水。同时, 利用挖掘机在每 1 块台地中挖好用于种植印度黄檀的深坑, 每个深坑相距 100cm 左右, 每个深坑深 50cm 左右, 直径 80cm 左右。

1.3 无性系种植、水肥管理及生长参数采集

将 20 棵印度黄檀优株, 通过嫁接的方式, 分别繁殖 2 代, 于第 3 代将选择的 20 个无性系进行编号 (1~20 号), 通过随机区组的方式, 于 2015 年 7 月 20 日种植在元江热区试验站上。设置 3 个小区, 每小区种植 127 棵树, 即每个无性系分别种植 6 棵树, 实生苗种植 7 棵树。因此, 3 个小区, 每个无性系各种植了 18 棵树, 实生苗种植了 21 棵树。种植完成后, 对根部进行浇水作业。于种植后第 3 天, 在根部撒上生根粉, 并同时浇水作业。之后, 每隔 3~5 天进行 1 次喷灌浇水作业, 每隔 3 个月进行 1 次施肥作业。于 2016 年 11 月 25 日进行株高和胸径数据的采集。

1.4 数据分析

不同无性系间的株高、胸径的差异, 采用 One-Way ANOVA 进行分析, 差异达到显著水平, 则采用

Duncan's 多重比较检验组间差异。优株和无性系的相对母株平均值和对照生长参数的生长增量,优株使用株高和胸径占母株平均值的百分比率表示,无性系使用株高和胸径占对照的百分比率表示。所有数据分析均在 SPSS 和 EXCELL 中进行。

2 结果分析

2.1 4 种种源印度黄檀优株选择

4 种种源印度黄檀母株生长参数如表 1,4 种种源印度黄檀母株的株高和胸径变异系数均超过了 20%。N0 种源株高变异系数最高,达到了 34.76%; N2 种源胸径变异系数最高,为 37.90%。因此,引进种源印度黄檀实生苗变异较大,不适宜直接用于印度黄檀造林以及优良品种的选育(表 1)。

以株高或者胸径平均值的 130% 的数值,为参考标准选择优株。N0 种源参考标准为株高 13.91

m,胸径 15.21 cm;N2 为株高 6.37 m,胸径 5.2 cm; I4 为株高 9.36 m,胸径为 7.41 cm;H6 为株高 9.23 m,胸径 10.27 cm(表 2)。选择的优株,优先满足株高和胸径均大于参考标准,其次选择株高或者胸径大于参考标准,而另一生长参数在参考标准附近。因此,通过比对每 1 棵母株的生长参数大小,选择出了 20 个优株,如表 1 所示。N0 种源选择了 8 棵优株,株高为 14.5~17.0 m,胸径为 13.5~18.0 cm,编号为 1~8;N2 种源选择了 6 棵优株,株高为 7.2~11.5 m,胸径为 6.9~8.2 cm,编号为 9~14;I4 种源选择了 3 棵优株,株高为 9.5~11.1 m,胸径为 7.8~9.2 cm,编号为 15~17;H6 种源也选择了 3 棵优株,株高为 10.0~11.9 m,胸径为 14.0~16.7 cm,编号为 18~20(表 3)。共选择了 20 棵优株进行无性系繁殖。

表 1 4 种种源印度黄檀选优林分生长情况

Table 1 The growth situation of four provenances *Dalbergia sissoo*

种源 Provenance	数量 Number	株高 Height /m			胸径 DBH /cm		
		平均值 Mean	变异幅度 Variation range	变异系数 VC	平均值 Mean	变异幅度 Variation range	变异系数 VC
N0	38	10.7	2.8~17.0	34.76	11.7	2.3~18.0	29.18
N2	106	4.9	1.8~11.5	32.90	4.0	1.1~8.2	37.90
I4	20	7.2	5.0~11.1	21.50	5.7	4.0~9.2	24.40
H6	33	7.1	4.2~11.9	30.70	7.9	3.3~16.7	50.70

表 2 4 种种源印度黄檀优株选择参考标准

Table 1 The standard for superior plant selection of four provenances *Dalbergia sissoo*

种源 Provenance	株高 Height /m	胸径 DBH /cm
N0	13.91	15.21
N2	6.37	5.20
I4	9.36	7.41
H6	9.23	10.27

2.2 印度黄檀无性系测定

通过方差分析,结果显示 20 个无性系间的株高和胸径的差异,均达到了极显著的水平,具有较大的选择潜力(表 4)。对 20 个无性系株高和胸径进行 Duncan's 多重比较,发现无性系 9、10 和 12 号表现出株高显著最高,其次为 20 和 19 号无性系(表 5); 9 和 10 号胸径也表现出显著最大,其次为 20、19 和 18 号,而 12 号与 9、10、20、19 和 18 号无显著差异,但要好于其它无性系(表 5);无性系 9 和 10 号株高变异系数为 11.73% 和 11.55%,远远小于其它无性

系,其胸径变异系数分别为 18.53% 和 17.68%,也小于大多数无性系,其次为 20、19 和 12 号,其株高和胸径变异系数相较于其它无性系也比较小;不过 18 号无性系胸径变异系数较大,为 28.51%。综上,无性系 9 和 10 号表现最好,优选为优良无性系。

表 3 印度黄檀优株生长参数

Table 3 Growth parameters of superior plants of *Dalbergia sissoo*

优株 Superior plant	株高 Height/m	胸径 DBH/cm	优株 Superior plant	株高 Height/m	胸径 DBH/cm
1	16.5	18.0	11	11.5	8.2
2	14.8	15.0	12	7.9	7.0
3	14.8	15.5	13	9.5	7.7
4	14.5	14.0	14	7.2	6.9
5	15.0	15.0	15	9.8	7.8
6	14.7	13.5	16	9.5	8.6
7	17.0	16.0	17	11.1	9.2
8	15.0	15.0	18	11.9	16.7
9	8.5	8.0	19	10.0	14.7
10	8.9	7.8	20	10.7	14.0

表4 印度黄檀无性系生长量方差分析

Table 4 Variance analysis for growth of *Dalbergia sissoo* clones

生长指标 Growth index	变差来源 Source	平方和 Quadratic sum	自由度 <i>DF</i>	均方和 Mean sum of square	<i>F</i>	显著性 Significance
株高 Height	组间 Among groups	65.551	20	3.278	6.436	<0.000 1
	组内 In group	208.788	410	0.509		
	总数 Total	274.340	430			
胸径 DBH	组间 Among groups	30.266	20	1.513	5.574	<0.000 1
	组内 In group	111.306	410	0.271		
	总数 Total	141.572	430			

表5 印度黄檀无性系株高、胸径及其变异系数

Table 6 The height, DBH, and coefficient variation of *Dalbergia sissoo* clones

无性系 Clone	株高 Height /m	株高变异系 数 VC /%	胸径 DBH /cm	胸径变异系数 VC /%
对照	2.88 ± 0.08e	25.90	1.61 ± 0.06efg	35.48
1	2.40 ± 0.21f	35.56	1.36 ± 0.12g	36.62
2	3.16 ± 0.22cde	29.29	1.81 ± 0.15def	34.77
3	3.20 ± 0.26cde	31.96	1.74 ± 0.15defg	34.27
4	3.19 ± 0.17cde	21.53	1.84 ± 0.15def	34.46
5	3.06 ± 0.20de	27.00	1.94 ± 0.15bcde	31.85
6	3.25 ± 0.13bcde	16.45	1.72 ± 0.09defg	20.71
7	2.98 ± 0.15e	20.37	1.58 ± 0.11efg	28.98
8	3.16 ± 0.18cde	23.12	1.85 ± 0.12cdef	26.25
9	3.93 ± 0.11a	11.73	2.35 ± 0.10a	18.53
10	4.01 ± 0.11a	11.55	2.31 ± 0.10a	17.68
11	3.03 ± 0.22e	30.29	1.74 ± 0.15defg	36.06
12	3.96 ± 0.16a	16.69	2.09 ± 0.10abcd	20.73
13	3.13 ± 0.21cde	27.10	1.49 ± 0.14fg	38.48
14	3.35 ± 0.12bcde	14.76	1.85 ± 0.11cdef	25.40
15	3.31 ± 0.17bcde	21.17	1.85 ± 0.12cdef	27.33
16	3.35 ± 0.14bcde	17.30	1.85 ± 0.08cdef	18.07
17	3.02 ± 0.15e	21.59	1.60 ± 0.10efg	27.54
18	3.64 ± 0.16abc	18.52	2.13 ± 0.14abcd	28.51
19	3.62 ± 0.13abcd	15.19	2.24 ± 0.09abc	16.51
20	3.76 ± 0.15ab	16.71	2.25 ± 0.12ab	22.98

同一列中不同小写字母表示不同无性系间数据差异水平达到 $P < 0.05$ 。Different lowercase letters in the same row means the significant level was at $P < 0.05$ 。

2.3 母株与无性系对比选择

无性系9号和10号在所有无性系中,株高分别达到了CK的136.46%和139.24%,胸径则分别达到了145.96%和143.48%,为所有无性系中最大;对于优株9号和10号,其株高和胸径均超过了N2种源母株平均株高和胸径的170%。其次为20号无性系,株高和胸径分别达到了CK的130.56%和139.75%,而20号优株株高和胸径也显著高于母株平均值的130%,分别为150.70%和177.22%。其它无性系,株高和胸径均未同时满足大于CK的130%,不过12号无性系株高超过了CK的130%,

胸径则为CK的129.81;而18和19号无性系胸径均超过了CK的130%,而株高要小于CK的130%,均低于CK株高的127%。因此,9和10号无性系,可以选择为优良无性系,其次为20号,再次为12号。

表6 优株和无性系分别相对于母株和实生苗生长增量(平均值)

Table 6 The growth increment (mean) of superior plant and clones compared with mother plants and seedling, respectively %

编号 Number	优株 Superior plant		无性系 Clone	
	株高 Height	胸径 DBH	株高 Height	胸径 DBH
CK(母株平均值) CK(Mean of mother plants)	100	100	100	100
1	154.21	153.85	83.33	84.47
2	138.32	128.21	109.72	112.42
3	138.32	132.48	111.11	108.07
4	135.51	119.66	110.76	114.29
5	140.19	128.21	106.25	120.50
6	137.38	115.38	112.85	106.83
7	158.88	136.75	103.47	98.14
8	140.19	128.21	109.72	114.91
9	173.47	200.00	136.46	145.96
10	181.63	195.00	139.24	143.48
11	234.69	205.00	105.21	108.07
12	161.22	175.00	137.50	129.81
13	193.88	192.50	108.68	92.55
14	146.94	172.50	116.32	114.91
15	136.11	136.84	114.93	114.91
16	131.94	150.88	116.32	114.91
17	154.17	161.40	104.86	99.38
18	167.61	211.39	126.39	132.30
19	140.85	186.08	125.69	139.13
20	150.70	177.22	130.56	139.75

3 讨论

本研究通过测定印度黄檀母株株高和胸径,同时比较各母株的株高和胸径,选择约等于或大于株

高和胸径平均值的 130% 的母株,作为优株。因此本研究共筛选出了 20 棵母株,作为繁殖无性系的优株。研究认为,优株的筛选,主要通过每个性状的比较,选择各个性状优良的母株^[10-14],对于作为具有重要经济价值的用材树种印度黄檀而言,株高和胸径的大小能够表现出印度黄檀的优良性。因此,挑选出株高较高、胸径较大的母株,可以作为优株。

20 个无性系生长量间存在显著差异,具有较大的选择潜力,通过多重比较分析,无性系 9 和 10 号株高和胸径显著最大,且变异系数相对较小,可作为优良无性系;其次 20、19 和 12 号表现较好,可作为备选优良无性系。研究认为,可以通过林木苗期相关性状的筛选,缩短林木育种周期并可加快育种进程^[15]。本研究通过比较 2 年生印度黄檀无性系苗木的生长参数(株高和胸径),以此达到快速筛选出优良无性系的目的。通过对苗木性状进行逐一比对、选择和改进,以此达到选择优良无性系^[16]。对于用材林木优良无性系测定与选择,均采用比较株高、胸径和地径的方法进行,通过这 3 个指标进行其它参数的转换,从而筛选出优秀的无性系,为选育优良的用材品种提供理论基础^[17-20]。本研究筛选出的 2 个印度黄檀优良无性系,株高和胸径的变异系数均小于母株。

印度黄檀 9 和 10 号无性系株高和胸径均大于 CK 的 130%,9 和 10 号优株的株高和胸径也超过了母株平均值的 170%,因此 9 号和 10 号可以确定为优良无性系。且据田间观察,9 和 10 号无性系,树形比较好,树干较直,胸径较粗,无明显的弯扭情况产生,远远好于其它无性系,其株高和胸径变异系数也远远小于其它无性系。而其它无性系,均有弯扭严重、树形较矮较细的情况出现,甚至有落叶直接死亡的情况产生。因此,本研究筛选出的优良无性系,能够保证比其它无性系和对照优秀,可以用于印度黄檀苗木的生产。本研究在国内第一次测定印度黄檀无性系,并筛选优良无性系。

4 结 论

本研究通过对 4 个种源的印度黄檀母株株高和胸径的测定,选择株高和胸径约等于或者大于平均值 130% 的母株作为优株,共筛选出 20 棵优株;然后通过嫁接成苗并移栽,测定 2 年生印度黄檀无性系,对 20 个无性系株高和胸径之间比较分析,同时进行生长增量分析,筛选出 2 个优良无性系,9 和 10 号无

性系,为进一步培育优良无性系新品种提供理论依据。

参 考 文 献:

- [1] Singh A K, Chand S. Plant regeneration from alginate - encapsulated somatic embryos of *Dalbergia sissoo* Roxb[J]. Indian Journal of Biotechnology, 2010(9): 319 - 324.
- [2] 唐 勇,陈艳彬. 印度黄檀的丰产栽培技术[J]. 四川林业科技,2012, 33(3): 121 - 122.
- [3] 石 雷,孙庆丰,邓 疆. 引进树种印度黄檀解剖构造变异性质及其化学性质的研究[J]. 林业科学研究, 2008, 21(2): 212 - 216.
- [4] 石 雷,孙庆丰,邓 疆. 引进树种印度黄檀木材解剖构造及物理力学性质的初步研究[J]. 林业科学研究, 2008, 21(3): 335 - 339.
- [5] 石 雷,孙庆丰,邓 疆. 人工幼龄印度黄檀木材解剖性质和结晶度的径向变异及预测模型[J]. 林业科学研究, 2009, 22(4): 553 - 558.
- [6] 石 雷,梁英扬,邓 疆. 印度黄檀适生性的气候因子研究[J]. 林业科学研究, 2010, 23(2): 191 - 194.
- [7] 刘絮子,石 雷,周汝良,等. 基于 GIS 的云南省印度黄檀造林区划研究[J]. 林业科学研究, 2012, 25(2): 169 - 173.
- [8] Bakshi M, Sharma A. Assessment of genetic diversity in *Dalbergia sissoo* clones through RAPD profiling [J]. Journal of Forestry Research, 2011, 22(3): 393 - 397.
- [9] 杜 婷,牛慈琼,石 雷,等. 印度黄檀茎段腋芽诱导培养研究[J]. 西南农业学报, 2016, 29(12): 2959 - 2964.
- [10] 范辉华,李乾振,汤行昊,等. 福建省紫薇种质资源调查与优良单株选择[J]. 林业资源管理, 2015(5): 162 - 165.
- [11] 钟志萍,高 洁,罗建勋,等. 软枝油茶引种栽培与优良单株选择初报[J]. 四川林业科技, 36(4): 22 - 27.
- [12] 王思良,楚永兴. 辣木优良家系选择初报[J]. 绿色科技, 2017(5): 13 - 14.
- [13] 张海啸,李爱清,张含国,等. 核桃楸种实性状变异规律及优良单株选择[J]. 东北林业大学学报, 2017, 45(3): 1 - 7.
- [14] 刘超逸,刘桂丰,方功桂,等. 四倍体白桦木材纤维性状比较及优良母树选择[J]. 北京林业大学学报, 2017, 39(2): 9 - 15.
- [15] 王明麻. 林木遗传育种学[M]. 北京:中国林业出版社, 2001.
- [16] 金 钊. 核桃优株选择及无性系测定[D]. 山东泰安:山东农业大学, 2014.
- [17] 刘光金,谌红辉,郭文福,等. 西南桦优株选择技术研究[J]. 林业科学研究, 2012, 25(4): 438 - 441.
- [18] 张荣标. 桉树无性系引种测定研究[J]. 林业科技通讯, 2016(6): 7 - 9.
- [19] 张新叶,李振芳,张亚东,等. 湖北引种滇楸优良无性系早期选择[J]. 中国农学通报, 2016, 32(10): 24 - 29.
- [20] 梁德洋,金允哲,赵光浩,等. 50 个红松无性系生长与木材性状变异研究[J]. 北京林业大学学报, 2016, 38(6): 51 - 59.

(责任编辑:张 玲)