

文章编号: 1000-5692(2004)01-0022-06

不同密度 2 代连栽马尾松人工林生产力水平比较

温佐吾

(贵州大学 林学院, 贵州 贵阳 550025)

摘要: 利用贵州省龙里林场哨上工区同一造林地上前后 2 次马尾松 *Pinus massoniana* 密度试验林 11 年生和 17 年生长情况的调查测定资料, 进行 2 代连栽马尾松人工林生产力水平以及土壤养分状况的比较分析。结果表明, 在立地指数 16 m 左右, 立地质量中等的造林地, 以 3 种不同密度连续栽培的 2 代马尾松人工林, 第 2 代林分的平均树高和优势水平均高, 均接近或超过第 1 代林分。所分析的几个土壤养分指标大多数项目均是第 2 代林分高于第 1 代林分, 基本上未出现生产力水平下降和地力衰退现象。因此, 试验研究地区立地指数在 16 m 左右的造林地, 第 1 代马尾松人工林采伐后, 可以再次营造第 2 代马尾松人工林。表 3 参 15

关键词: 森林经理学; 马尾松; 造林密度; 2 代连栽; 生产力

中图分类号: S758.5 **文献标识码:** A

对在同一造林地上连续 2 代或多代栽培针叶树人工林引起地力衰退、林分生产力水平降低的问题, 国内外许多学者都进行过调查研究^[1-3]。但国内对人工栽培历史比较悠久的杉木 *Cunninghamia lanceolata* 等树种研究较多^[6-9], 而对人工栽培历史较短的树种马尾松 *Pinus massoniana*, 只有对第 2 代幼林生长情况进行调查研究的少量报道^[10]。

1964 年, 原贵州农学院林学系在贵州省龙里林场哨上工区营造了第 1 代马尾松造林密度试验林。1980 年冬季, 由于大雪, 此处林龄仅 17 a 的试验林遭到毁灭性破坏。为继续进行试验, 1983 年春, 该系与龙里林场合作, 又在原试验地上营造了第 2 代马尾松造林密度试验林, 现林龄已超过 17 a。为研究同一造林地上 2 代连栽马尾松人工林在生产力水平上的差异和造林的地力变化状况, 本文对前后 2 代造林密度试验林的林分生长和土壤主要营养元素含量进行对比分析。

1 研究地区自然条件

研究地点位于贵州省龙里林场哨上工区, 属马尾松分布的中带西区。气候为中亚热带温和湿润类型, 年平均气温 14.8 °C, 极端高温 34.2 °C, 极端低温 -9.2 °C, ≥ 10 °C 年积温 4 467.1 °C, 无霜期 283 d, 年降水量 1 089.3 mm, 年平均相对湿度 79%。试验地海拔高度 1 150 m, 地貌为低中山台地, 坡向东南, 坡度为 5°~10°。母岩为石英砂岩, 土壤为薄腐殖质层壤壤质厚层山地黄壤。马尾松立地指数 16 m 左右, 立地质量中等。试验地前作为马尾松人工林, 林下灌木、草本主要为茅栗 *Castanea seguinii*, 小果南烛 *Lyonia ovalifolia*, 云南白珠 *Gaultheria yunnanensis*, 胡枝子 *Lespedeza bicolor*, 蕨 *Pteridium aquilinum* var. *latiusculum*, 五节芒 *Miscanthus floridulus*, 铁芒箕 *Dicranopteris pedata* 等。

收稿日期: 2003-07-03; 修回日期: 2003-10-03

基金项目: “九五”国家科技攻关资助项目(96-011-01-01)

作者简介: 温佐吾(1947-), 男, 四川新都人, 教授, 从事森林培育和次生林经营等研究。E-mail: wenzuowu@21cn.com

2 研究方法

2.1 试验设计、造林施工及样地测定

第 1 代试验林 (R1) 设置 5 个处理, 4 次重复。试验小区面积为 400 m^2 ($20 \text{ m} \times 20 \text{ m}$), 各试验小区按顺序逆向式排列。设计的 5 个处理分别为 $2.0 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$ ($3\ 333 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$), $1.5 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$ ($4\ 444 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$), $1.5 \text{ m} \times 1.0 \text{ m}$ ($6\ 666 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$), $1.0 \text{ m} \times 1.0 \text{ m}$ ($10\ 000 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$), $1.0 \text{ m} \times 0.5 \text{ m}$ ($20\ 000 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$)。

第 2 代试验林 (R2) 也设置 5 个处理, 3 次重复。试验小区面积同样为 400 m^2 ($20 \text{ m} \times 20 \text{ m}$), 各试验小区采用随机区组设计。设计的 5 个处理分别为 $3.0 \text{ m} \times 3.0 \text{ m}$ ($1\ 111 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$), $2.0 \text{ m} \times 2.0 \text{ m}$ ($2\ 500 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$), $1.5 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$ ($4\ 444 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$), $1.0 \text{ m} \times 1.0 \text{ m}$ ($10\ 000 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$), $0.7 \text{ m} \times 0.7 \text{ m}$ ($20\ 400 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$)。

2 代试验林的造林施工均采用全面整地, 拉线定点, 逐点挖穴定植的方法。栽植穴的规格为 $30 \sim 40 \text{ cm} \times 30 \sim 40 \text{ cm} \times 20 \sim 25 \text{ cm}$ 。试验均采用龙里县当地一般种源, 造林苗木为自育 1 年生 1 级苗和 2 级苗。苗木平均高 $15 \sim 20 \text{ cm}$, 平均地径 $0.20 \sim 0.25 \text{ cm}$ 。造林时间分别为 1964 年 3 月和 1983 年 3 月。对少数未成活的苗木, 均于翌年春用同龄苗进行补植。造林后每年松土锄草 2 次, 连续进行 3 a。此后, 除林分自然枯损及部分人为破坏外, 2 代试验林均未再实施过任何人为经营措施。

2 代试验林调查测定和记载的主要项目均有每木检尺, 各小区 30 株以上林木的树高、胸径、枝下高、冠幅以及 5 株优势木的树高。测定数据的计算和整理均按林分常规调查的要求进行, 其中平均胸径的计算采用断面平均法, 平均树高采用树高曲线法, 单株材积采用部颁二元立木材积式。

2.2 林分生长资料选择及分析比较方法

第 2 代试验林从造林次年开始, 每年 2~3 月均对各试验小区进行调查测定, 自试验开始以来从未间断。但由于特定的历史背景, 第 1 代试验林却仅在林龄 11 a 和 17 a 时, 分别进行过 2 次林分生长情况调查测定。因此, 本文中的第 2 代试验林的测定资料中, 选用 11 a 和 17 a 的数据, 与第 1 代试验林的生长情况进行分析比较。第 1 代试验林的部分生长数据, 引自文献 [11]。

根据 2 代试验林所设计的 5 个造林密度不完全一致的具体情况, 为使本项研究的分析比较具有较好的可比性, 我们分别在第 1 代和第 2 代试验林中, 选择造林时初植密度基本相同的 3 个处理进行比较, 即第 1 代试验林的第 2, 4, 5 处理和第 2 代试验林的 3, 4, 5 处理, 其初植密度分别为 $4\ 444 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $10\ 000 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 $20\ 000 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 左右, 并分别用字母 A, B, C 表示。

所选 2 代马尾松试验林 A, B, C 3 个处理造林的初植密度虽然相同, 但在林龄 11 a 和 17 a 时的保存密度却有明显差异。许多研究表明, 密度的不同对林分的树高生长无明显影响, 而对林分的胸径、单株材积和蓄积量生长却有比较明显的影响。同时, 在林分的各个生长指标中, 只有树高生长, 特别是平均优势高生长对造林地立地质量高低的反映最为灵敏, 可据此分析造林地的地力在前后 2 代试验林生长期间是否发生衰退^[9, 12, 13]。因此, 在分析比较 2 代马尾松试验林的生产力水平和是否发生地力衰退时, 以林分的树高生长 (包括平均木和优势木) 作为主要的评价指标。至于受密度影响较大的林分胸径和单株材积, 本文对其生长状况的比较, 只作为分析时的参考。

2.3 土样采集及分析

对第 1 代试验林下土壤的养分状况, 曾发表过土样分析资料^[14]。本次研究仍参照上次土样分析的做法, 在第 2 代试验林下土壤中分 $0 \sim 17 \text{ cm}$, $17 \sim 100 \text{ cm}$ 层采集混合土样。土壤分析的项目和方法分别为: 土壤有机质, 外加热法; 全氮, 凯氏定氮法; 全磷, 钼蓝比色法; 碱解氮, 碱解扩散法; 有效磷, 碳酸氢钠浸提法; 速效钾, $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 醋酸铵浸提法; 交换性盐基总量, $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 中性醋酸铵法; 酸碱度, pH 计法。

3 结果与分析

以下为 2 代马尾松试验林 3 个不同造林密度林分在林龄 11 a 和 17 a 时林分平均树高、优势木高、

胸径、单株材积生长状况和林下土壤养分状况的分析比较情况。

3.1 2代试验林分的树高生长

表1为2代马尾松试验林在林龄11a和17a时,林分平均树高和优势木平均高生长情况。

林分平均树高的比较结果表明,3种不同造林密度的马尾松试验林,B和C2个密度林分不论是在林龄11a,还是在17a,第2代林分的平均树高都超过第1代林分。其超过的幅度,最低的为4.4%,最高的达到20.2%。只有A密度林分在林龄17a时,第2代林分的平均树高比第1代低3.5%。但2个树高平均值之间的 t 检验表明,2代林分平均树高之间的差异未达到显著水平。

表1的数据还表明,3种不同密度试验林优势木平均高与林分平均高的比较结果相似,B和C2个密度的试验林分,不论是在林龄11a,还是在17a,第2代林分的优势木平均高都超过第1代林分。其超过的幅度,最低的为3.7%,最高的达到16.4%。A密度林分在林龄17a时,第2代林分的优势木平均高比第1代林分低2.1%。但优势木树高2个平均值之间的 t 检验表明,2代林分优势木平均高之间的差异也未达到显著水平。

表1 2代林分的平均树高与优势木平均高生长

Table 1 Mean height and dominant height of stands for two rotations

初植密度/ (株·hm ⁻²)	林龄/a	栽植代数	保存密度/ (株·hm ⁻²)	平均树高/ m	比第1代增长/ %	平均优势高/ m	比第1代增长/ %
4 444 (A)	11	R1	3 870	6.48		8.35	
	11	R2	3 780	6.66	2.8	8.65	3.6
	17	R1	3 658	11.36		12.67	
	17	R2	3 274	10.96	-3.5	12.41	-2.1
10 000 (B)	11	R1	9 225	6.80		8.94	
	11	R2	7 425	7.10	4.4	9.27	3.7
	17	R1	7 008	10.69		12.57	
	17	R2	5 912	12.14	13.6	13.62	8.4
20 000 (C)	11	R1	14 265	6.14		7.71	
	11	R2	11 967	6.95	13.2	8.63	11.9
	17	R1	9 600	10.00		11.17	
	17	R2	8 267	12.02	20.2	13.00	16.4

由于该2代密度试验林均未进行过抚育间伐,因此,其林分平均树高,特别是林分优势木平均高的生长状况,可反映造林地的立地质量状况。龙里林场哨上工区的马尾松造林密度试验林,第2代林分除A密度的平均树高和优势木平均高略低于第1代林分外,B和C2个密度第2代林分的平均树高和优势木平均高均超过第1代林分,这表明试验地区马尾松人工林的2代连栽基本上未引起林分生产力水平的降低。

3.2 2代试验林分的胸径和单株材积生长

表2为2代马尾松试验林在林龄11a和17a时,林分平均胸径和平均单株材积生长情况。

表2的调查数据表明,3种不同密度的马尾松试验林,A密度林分的平均胸径在林龄11a时,第2代林分比第1代林分低6.5%,到林龄17a时,2代林分的平均胸径已趋于相等。B和C2个密度的试验林分,不论是在林龄11a,还是在17a,第2代林分的平均胸径都超过第1代林分。超过的幅度最低的为8.7%,最高的达到12.5%。

表2的数据还表明,3种不同密度的试验林中,A密度林分的平均单株材积第2代林分均比第1代林分低。在林龄11a时,第2代林分比第1代林分低13.6%,单株材积2个平均值之间的 t 检验表明,其差异已达到显著水平。但到林龄17a时,第2代林分仅比第1代林分低2.6%,两者之间的差异已不显著。B密度和C密度2个林分,不论是在林龄11a,还是在17a,第2代林分的平均单株材积都超过第1代林分,而且超过的幅度还比较大,最少的超过18.2%,最多的超过50.8%。

当然,由于A,B,C3种密度的马尾松试验林在林龄11a和17a时,第2代林分的保存密度均

表 2 2 代林分的平均胸径与平均单株材积生长

Table 2 Mean DBH and individual tree volume of stands for two rotations

初植密度/ (株·hm ⁻²)	林龄/ a	栽植代数	保存密度/ (株·hm ⁻²)	平均胸径/ cm	比第 1 代 增长/ %	平均单株材积/ m ³	比第 1 代 增长/ %
4 444 (A)	11	R1	3 870	7.70		0.017 79	
	11	R2	3 780	7.20	-6.5	0.015 37	-13.6
	17	R1	3 658	10.70		0.051 80	
	17	R2	3 274	10.69	0	0.050 44	-2.6
10 000 (B)	11	R1	9 225	6.20		0.011 71	
	11	R2	7 425	6.70	8.1	0.013 84	18.2
	17	R1	7 008	8.90		0.034 43	
	17	R2	5 912	9.63	8.2	0.045 56	32.3
20 000 (C)	11	R1	14 265	5.30		0.007 81	
	11	R2	11 967	5.60	5.7	0.010 16	30.1
	17	R1	9 600	7.70		0.024 90	
	17	R2	8 267	8.66	12.5	0.037 56	50.8

比第 1 代林分低, 这使第 2 代林分的平均胸径和平均单株材积生长在很大程度上受到林分不同密度的影响。因此, 本文有关 2 代试验林平均胸径和平均单株材积的比较结果, 只能供分析研究时参考。

3.3 林下土壤养分状况

表 3 为 2 代马尾松试验林下土壤主要营养元素状况的分析结果。

表 3 2 代林分林下土壤养分状况

Table 3 Soil nutrient of stands for two rotations

栽植 代数	土样层次/ cm	有机质/ (g·kg ⁻¹)	全氮/ (g·kg ⁻¹)	全磷/ (g·kg ⁻¹)	碱解氮/ (mg·kg ⁻¹)	有效磷*/ (mg·kg ⁻¹)	速效钾/ (mg·kg ⁻¹)	pH 值 (H ₂ O)
R1	0~17	19.4	1.1	0.19	48.0	0.068 5	100	5.1
R2	0~17	24.1	2.6	0.70	76.1	0.520 6	45	4.7
R2 比 R1 增长%		24.2	136.4	268.4	58.5	660.0	-55.0	-7.8
R1	17~100	7.5	0.4	0.05	39.0	0.205 5	60	5.4
R2	17~100	4.9	2.1	0.50	38.1	0.383 6	32	5.0
R2 比 R1 增长%		-34.7	425.0	900.0	-2.3	86.7	-46.7	-7.4

说明: *按磷元素计算

表 3 中土壤养分状况的分析结果表明, 在 0~17 cm 层次, 第 2 代林分土壤的 pH 值比第 1 代林分有所降低, 即土壤的酸性略有增强。此外, 土壤中速效钾的含量, 第 2 代林分比第 1 代有比较明显的减少, 减少的幅度达到 55.0%。但所分析的其余项目, 即土壤中有有机质、全氮、全磷、碱解氮、有效磷的含量, 却均是第 2 代林分比第 1 代林分有不同程度增加。

在 17~100 cm 层次, 第 2 代林分土壤的 pH 值比第 1 代林分也有所降低。第 2 代林分土壤中速效钾的含量也与 0~17 cm 层次相似, 比第 1 代林分减少了 46.7%。另外, 土壤中有有机质和碱解氮的含量, 第 2 代林分比第 1 代林分也有所降低, 但土壤全氮、全磷和有效磷的含量, 第 2 代林分均比第 1 代有明显增加。

2 个层次土壤养分状况的分析结果表明, 除速效钾等个别营养元素外, 试验地第 2 代马尾松人工林地未出现明显的地力衰退现象。

4 小结与讨论

本文的研究结果表明, 在贵州省龙里林场哨上工区同一造林林地上, 所营造的 3 个密度 2 代马尾松密度试验林, 在 11 a 和 17 a 2 个年龄时, 第 2 代林分的平均树高和优势木平均高, 均接近或超过第 1 代林分, 这表明试验地区马尾松人工林的 2 代连栽基本上未引起林分生产力水平的降低。

龙里林场 2 代马尾松试验林的 3 个密度处理, 第 2 代林分的平均胸径基本上比第 1 代林分高, 平均单株材积除 A 密度处理外, 第 2 代林分都超过第 1 代林分。但是, 由于 3 种密度的试验林在林龄 11 a 和 17 a 时, 第 2 代林分的保存密度与第 1 代林分均有不同程度差异, 因此, 平均胸径和平均单株材积的比较结果, 只能供分析研究时参考, 不作为研究结论的依据。

2 代试验林分 0~17 cm 和 17~100 cm 2 个层次土壤养分状况的分析结果表明, 第 2 代马尾松人工林造林地的土壤, 除速效钾含量和 17~100 cm 层次有机质含量比第 1 代造林地有所减少外, 其余营养元素的含量, 第 2 代造林地均比第 1 代造林地有不同程度增加, 这表明试验林地在总体上未出现明显的地力衰退现象。

国外学者在研究辐射松 *Pinus radiata* 2 代连栽人工林地力衰退时曾指出, 地力衰退与立地质量密切相关。贫瘠的立地容易发生地力衰退, 肥沃的立地一般不会出现明显的地力衰退^[15]。我国学者在研究杉木人工林地力衰退时也发现, 由于南方丘陵地区质量较好的 I 类和 II 类立地已经很少, 大多数造林地的立地指数在 14 m 以下, 因而杉木人工林较普遍地出现地力衰退现象^[1]。本项研究调查的龙里林场哨上工区造林密度试验地, 马尾松的立地指数为 16 m 左右, 立地质量属于中等水平。第 1 代林分造林前, 试验地是灌丛草坡。由于连续 2 代栽培马尾松所形成的森林环境的作用, 以及林分枯枝落叶分解后营养元素对土壤的归还与补充, 使得试验地总体上未出现地力衰退现象, 第 2 代马尾松人工林的生产力水平也未明显降低。本项调查研究的结论与国内外许多学者对其他树种研究的结论相似, 即在立地质量较好的造林地, 连续栽培 2 代马尾松人工林, 第 2 代林分基本上不会出现生产力水平下降和地力衰退现象。因此, 试验研究地区立地指数在 16 m 左右的造林地, 第 1 代马尾松人工林采伐后, 还可以再次营造第 2 代人工林。

致谢: 研究得到贵州省龙里林场领导和有关同志的大力协助; 贵州大学林学院严仁发副教授帮助提供第 1 代密度试验林的部分测定资料, 生化所测试中心协助测定土壤养分状况, 1994 届和 2000 届几位毕业生参加了外业调查。特此致谢。

参考文献:

- [1] 盛玮彤. 我国人工林的地力衰退及防治对策[A]. 盛玮彤. 人工林地力衰退研究[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1992. 15—19.
- [2] 徐化成. 森林地力的动态特性和人工林的地力下降问题[A]. 盛玮彤. 人工林地力衰退研究[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1992. 3—10.
- [3] Berg P J. Developments in the establishment of second rotation radiata pine at Riverhead Forest [J]. *New Zealand J For*, 1975, **20**: 272—282.
- [4] Boardman R. Productivity under successive rotations of radiata pine [J]. *Aust For*, 1978, **41**: 177—179.
- [5] Yushan L. Assessment of plantation productivity in first and second rotations of *Pinus radiata* in New South Wales, Australia [J]. *Aust For*, 1997, **60**: 169—177.
- [6] 方奇. 杉木连栽对土壤肥力及其林木生长的影响[J]. 林业科学, 1987, **23** (4): 389—397.
- [7] 俞新妥. 杉木连栽林地土壤生化特性及土壤肥力研究[J]. 福建林学院学报, 1989, **9** (3): 263—271.
- [8] 陈楚莹. 改善杉木人工林的林地质量和提高生产力的研究[J]. 应用生态学报, 1990, **1** (2): 97—106.
- [9] 杉木人工林集约栽培技术研究专题组. 杉木人工林的地力衰退及防治技术[A]. 盛玮彤. 人工林地力衰退研究[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1992. 49—73.
- [10] 黄付平, 蔡灿星, 黎向东. 马尾松连栽对其幼林生长的影响[J]. 广西农业大学学报, 1994, **13** (4): 373—380.
- [11] 周政贤. 中国马尾松[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001. 117—119.
- [12] 孙时轩. 造林学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1992. 249—252.
- [13] 李景文. 森林生态学[M]. 第 2 版. 北京: 中国林业出版社, 1995. 258—260.
- [14] 张明. 黔中地区马尾松林下的土壤研究[J]. 贵州农学院丛刊, 1984, (4): 72—85.
- [15] Whyte A G D. Productivity of first and second crops of *Pinus radiata* on the moutere gravel of soils of Nelson [J]. *New Zealand J For*, 1973, **18**: 87—103.

Comparison of productivity between first and second rotation stands of *Pinus massoniana* planted in different densities

WEN Zuo-wu

(College of Forestry, Guizhou University, Guiyang 550025, Guizhou, China)

Abstract: The experimental planting density plantations in two rotations of *Pinus massoniana* are studied at the same site of the Longli Forest Farm of Guizhou Province. According to the data of 11-year and 17-year *Pinus massoniana* collected from the experimental plantations, productivity of the plantation and soil nutrient in first and second rotations are compared. The results show that in the plantation with the site index of 16 m and medium site quality, the mean height and dominant height of second rotation plantations approaches or exceeds all those of first rotation stands. Most analyzed soil nutrient factors of second rotation plantations are higher than those of first rotation plantations, and general decline in productivity and soil degradation of second rotation stands are not found. So the second rotation plantation can be established at the sites where site index is around 16 m after the first rotation plantation of *Pinus massoniana* are felled. [Ch, 3 tab, 15 ref.]

Key words: forest regulation; *Pinus massoniana*; density of plantation; first and second rotations; productivity

我校聘任中国科学院院士唐守正教授为客座教授

2003年12月18日上午,学校在东湖校区隆重举行中国科学院院士唐守正教授担任我校客座教授授聘仪式。校党委书记陈敬佑教授致欢迎辞。他说,唐守正教授是中国林业科学研究院首席科学家,中国科学院院士。唐守正教授是我校继张齐生院士和王明庥院士之后,请到的第3位院士。唐守正教授的加盟必将使我们走向更高更开阔的学术境界。他刻苦钻研的精神,善于创新的思维方式,对科学的真挚热爱,更会感染和激励我们每一位认识他、了解他的师生,成为一种无形的精神力量。我们相信,在校党委的正确领导下,通过全体教职员工的共同努力,特别是唐院士的无私奉献和精神熏陶,我校的学科建设及各方面工作必将取得更大的进展,为建设绿色浙江、培养适应社会发展需要的高质量人才做出更大的贡献。

常务副院长周国模教授向唐守正教授颁发聘书。

会上唐守正院士对浙江林学院发展寄予厚望,对学科专业建设和人才培养发表了意见。他表示愿与学校师生共同努力,为把浙江林学院建成全国知名大学尽自己的一份力量。

同日下午,生命科学学院举行唐守正院士有关“数字、林业、现状和发展”学术座谈会。晚上,唐守正先生给师生作了《数字林业与森林资源管理》为题的学术报告。