

不同造林密度对厚荚相思生长的影响^{*}

张方秋¹ 陈祖旭² 张卫华¹ 刘德浩¹

(1. 广东省林业科学研究院,广东 广州 510520; 2. 中国林业科学研究院热带林业研究所,广东 广州 510520)

摘要 厚荚相思不同栽植密度试验结果表明,不同株行距组合在单位面积蓄积量、单株生长量及干形指标间存在显著差异。种植密度在 1 665 株/hm² 以上时,株距与行距相近时单位面积蓄积量较高;密度为 1 245,1 005 株/hm² 时,株距小、行距大的组合的单位面积蓄积量优于株行距相近的组合,且同密度不同株行距之间单位面积蓄积量可提高 11% ~ 20%。不均衡行距试验显示,US16 和 US17 处理有利于单株生长,且相同密度条件下,不均衡行距模式的单位面积蓄积量明显优于均衡行距的组合。

关键词 密度;株行距组合;不均衡行距;生长;干形

中图分类号:S725.6 文献标识码:A 文章编号:1006-4427(2014)02-0029-06

Effects of Different Planting Densities on Growth of *Acacia crassicaarpa*

ZHANG Fangqiu¹ CHEN Zuxu² ZHANG Weihua¹ LIU Dehao¹

(1. Guangdong Academy of Forestry, Guangzhou, Guangdong 510520, China;

2. Research Institute of Tropical Forestry, CAF, Guangzhou, Guangdong 510520, China)

Abstract A plantation test was conducted to examine the effect of density on growth of *Acacia crassicaarpa*. Significant differences in volume per unit area, individual growth and stem form were found among different row-spacing modes. The mode of 1 665 plants hm⁻² which row was close to spacing had higher volume per unit area than other modes. For the density of 1 245 and 1 005 plants hm⁻², the volume per unit area of modes with lower spacing and higher row were 11% to 20% higher than those which row was close to spacing. In uneven spacing test, the treatment US16 and US17 were conducive to individual growth. Under the condition of same density, volume per unit area in the mode of uneven spacing was higher than those in the modes of even spacing.

Key words density; spacing combination; uneven spacing; growth; stem form

厚荚相思(*Acacia crassicaarpa*)原产于澳大利亚、巴布亚新几内亚,具速生、耐瘠薄、耐干旱等特性,在华南地区具有较好的适生性和丰产性,现已成为华南各省区重要的用材造林树种,每年以较大面积的发展速度增长^[1-3]。针对生产发展需要,研究切实可行的人工林高效栽培模式可有效提高营林效率,增加内部收益率。本试验研究不同造林密度对厚荚相思生长的影响,以找出满足生产需要的最佳种植密度^[4-5]。

1 试验地概况

试验地位于广东省东莞市林业综合试验场上雾坑林区,地处北纬 22°50',东经 113°40',海拔 129.0 m。该林区属亚热带季风性气候,年均温 22 ℃,最热月平均温 28.7 ℃,最冷月平均温 15.1 ℃,年降雨量 1 778.6 mm,年平均日照时数 1 932.1 h,无霜期 348 d。土壤为花岗岩发育成的红壤,pH 值为 5.4,林地为马

^{*} 基金项目:广东省教育部产学研结合项目(2009B090300294);“十二五”农村领域国家科技计划课题(2012BAD01B04)。

第一作者:张方秋(1964-),男,研究员,主要从事林木遗传育种研究,E-mail:fqzhang001@qq.com。

尾松(*Pinus massoniana*)林的采伐迹地,地形属低山丘陵类型。

2 材料和方法

2.1 试验材料

试验采用厚荚相思优良种源培育壮苗(营养袋苗),1997年3月造林,试验苗高30 cm。试验采用块状整地方式,植穴规格50 cm×50 cm×40 cm,基肥每穴施500 g 磷肥+50 g 复合肥。

2.2 试验设计

试验分不同株行距组合试验和行距不均衡试验。完全随机区组设计,不同株行距组合试验设计12个不同密度处理(表1);行距不均衡试验设计不同株距、行距模式18个(表2),各4次重复,其中2次重复行距为水平方向,2次重复行距为垂直方向。

表1 不同株行距组合试验概况

处理	株行距/m	密度 /(株·hm ⁻²)	处理	株行距/m	密度 /(株·hm ⁻²)	处理	株行距/m	密度 /(株·hm ⁻²)
S1	1.0×3.0	3330	S5	2.0×2.0	2505	S9	2.0×4.0	1245
S2	1.5×2.0	3330	S6	1.5×4.0	1665	S10	2.5×3.2	1245
S3	1.0×4.0	2505	S7	2.0×3.0	1665	S11	2.0×5.0	1005
S4	1.5×2.6	2505	S8	2.4×2.5	1665	S12	3.3×3.3	1005

表2 行距不均衡试验概况

处理	株距/m	行距/m	密度 /(株·hm ⁻²)	处理	株距/m	行距/m	密度 /(株·hm ⁻²)
US1	1.0	3.0,1.0,3.0,1.0	4995	US10	1.5	7.0,1.5,7.0,1.5	1560
US2	1.0	4.0,1.0,4.0,1.0	3990	US11	2.0	4.0,2.0,4.0,2.0	1665
US3	1.0	5.0,1.0,5.0,1.0	3330	US12	2.0	5.0,2.0,5.0,2.0	1425
US4	1.0	6.0,1.0,6.0,1.0	2850	US13	2.0	6.0,2.0,6.0,2.0	1245
US5	1.0	7.0,1.0,7.0,1.0	2490	US14	2.0	7.0,2.0,7.0,2.0	1110
US6	1.5	3.0,1.5,3.0,1.5	2955	US15	2.5	4.0,2.5,4.0,2.5	1230
US7	1.5	4.0,1.5,4.0,1.5	2415	US16	2.5	5.0,2.5,5.0,2.5	1065
US8	1.5	5.0,1.5,5.0,1.5	2040	US17	2.5	6.0,2.5,6.0,2.5	930
US9	1.5	6.0,1.5,6.0,1.5	1770	US18	2.5	7.0,2.5,7.0,2.5	840

2.3 数据调查与分析

林龄3.5 a 生时每木测量树高、胸径、冠幅、枝下高、通直度、分枝数,计算单株材积和单位面积蓄积量。分枝数用采用平方根进行变换处理。调查数据采用 Excel 和 SAS 数理统计软件进行整理分析^[6],多重比较采用 Duncan 法。

3 结果分析

3.1 不同株行距造林效果比较

3.1.1 相同密度不同株行距组合生长和干形方差分析 林分的生长与干形和造林密度的关系密切,且通直度和分枝数数值越小,表现越好。从表3可知:3 330 株/hm²和1 005 株/hm²密度下不同株行距的树高、胸径、材积之间无显著差异,通直度间差异极显著;在1 665 株/hm²密度下,不同株行距的树高、材积、枝下高等指标有显著或极显著差异;2 505 株/hm²密度下不同株行距的生长和干型均差异不显著;1 245 株/hm²密度下除了胸径和枝下高,其余指标间均不存在显著差异。

3.1.2 不同株行距单位面积蓄积量差异性分析 对不同株行距组合的单位面积蓄积量进行方差分析结果

显示,不同株行距组合间单位面积蓄积量存在极显著差异(表4),说明设计和林地配置合理。

表3 相同密度不同株行距组合下单株生长方差分析

造林密度 /(株·hm ⁻²)	树高	胸径	材积	冠幅	枝下高	通直度	分枝数
3330	1.42	0.14	0.02	0.50	0.48	9.52 ^{**}	8.51 ^{**}
2505	1.70	2.03	1.42	0.47	0.04	0.48	0.46
1665	7.66 ^{**}	1.55	3.60 [*]	2.30	6.97 ^{**}	1.28	0.98
1245	0.27	10.03 ^{**}	3.44	1.44	5.21 [*]	2.58	0.40
1005	0.22	0.20	0.76	10.23 ^{**}	4.97 [*]	9.15 ^{**}	0.39

注:“^{*}”表示同密度不同株行距之间单株生长在α=0.05水平上显著,“^{**}”表示在α=0.01水平上显著。

表4 不同株行距组合单位面积蓄积量方差分析

变异来源	df	SS	MS	F	P
总处理间	14	231.99	16.571	16.57 ^{**}	0.0001
处理间	11	227.85	20.714	20.56 ^{**}	0.0001
重复间	3	4.15	1.381	1.37	0.2543
误差	131	131.96	1.007		
总变异	145	363.95			

注:“^{**}”表示在α=0.01水平上差异显著。

DUNCAN 多重比较结果(表5)表明:处理S2的蓄积量最大,达77.928 m³/hm²,显著大于S4以及1665,1245,1005株/hm²密度的所有处理。由厚荚相思3.5 a生的林分生长看,密度2505株/hm²的单位面积蓄积量显著高于1005,1245株/hm²。种植密度在1665株/hm²时,株距与行距相近的S8处理单位面积蓄积量较高;而种植株数在1245,1005株/hm²时,S9和S11株距小、行距大的组合分别优于同组中株行距相近的组合,且同密度的不同株行距间单位面积蓄积量可提高11%~20%。

表5 不同株行距组合单位面积蓄积量 DUNCAN 多重比较

处理	单位面积蓄积量 /(m ³ ·hm ⁻²)	处理	单位面积蓄积量 /(m ³ ·hm ⁻²)	处理	单位面积蓄积量 /(m ³ ·hm ⁻²)
S2	77.928 A	S4	59.009 BC	S9	32.306 EF
S1	77.535 A	S8	50.484 CD	S10	29.073 EF
S5	69.725 AB	S6	45.275 D	S11	29.072 EF
S3	69.479 AB	S7	37.917 DE	S12	24.144 F

注:不同大写字母表示在α=0.05水平上差异显著。

3.1.3 不同株行距组合单株生长和干形指标差异性分析 不同株行距对单株的生长与干形存在显著影响(表6),树高、材积、冠幅、枝下高、通直度的单株间差异均达到显著或极显著水平,而胸径和分枝数的差异不显著。

从表7的DUNCAN多重比较结果可以看出,1665,1245,1005株/hm²密度中单位面积蓄积量较大的S8、S9、S11处理单株胸径、材积和冠幅的长势具有明显的优势。由综合生长和干形指标可知,S9处理(2.0 m×4.0 m)为最佳,其次为S11(2.0 m×5.0 m)和S5(2.0 m×2.0 m)处理;而S12处理(3.3 m×3.3 m)则显示出较好的通直度和分枝数指标,但其生长量中等,其余处理均不理想。密度太大(3330株/hm²)与密度太小(1005株/hm²)均不利于单株早期生长,造林密度太小,林分长期不郁闭,不能形成群体环境,抵御外界不良环境能力差,浪费土地,效益低;密度太大,则造林成本高^[7]。高密度株行距的单株生长速度随营养空间的短缺将显著减慢,低密度株行距的单株生长优势将日益突出。

表 6 不同株行距组合单株生长与干形方差分析

项目	树高	胸径	材积	冠幅	枝下高	通直度	分枝数
<i>df</i>	11	11	11	11	11	11	11
<i>MS</i>	4.01	4.48	0.000161	1.54	4.97	0.68	0.060
<i>F</i>	3.59 **	1.45	3.20 *	2.70 **	2.10 *	3.15 **	1.30

注：“**”表示 12 个株行距处理间在 $\alpha=0.01$ 水平下差异显著；“*”表示 $\alpha=0.05$ 水平下差异显著。

表 7 不同株行距组合单株生长与干形 DUNCAN 多重比较

树高		胸径		材积		冠幅		枝下高		通直度		分枝数	
处理	平均值/m	处理	平均值/cm	处理	平均值/m ³	处理	平均值/m	处理	平均值/m	处理	平均值	处理	平均值
S3	8.19 A	S9	10.84 A	S9	0.030 A	S9	4.21 A	S8	3.39 A	S12	2.00 D	S12	1.26 B
S9	7.91 AB	S11	10.53 AB	S11	0.029 AB	S11	3.90 AB	S6	3.23 AB	S10	2.31 CD	S1	1.29 B
S12	7.90 AB	S5	10.21 AB	S5	0.028 AB	S6	3.80 AB	S4	3.18 AB	S5	2.43 BC	S7	1.29 AB
S11	7.68 ABC	S7	9.83 AB	S3	0.027 AB	S5	3.64 ABC	S3	3.16 AB	S11	2.46 BC	S11	1.33 AB
S6	7.59 ABC	S3	9.81 AB	S6	0.027 AB	S7	3.61 ABC	S5	3.93 AB	S3	2.50 BC	S3	1.34 AB
S4	7.55 ABC	S8	9.73 AB	S8	0.025 AB	S8	3.47 BCD	S2	2.85 ABC	S9	2.53 BC	S6	1.36 AB
S5	7.46 ABC	S6	9.69 AB	S12	0.024 AB	S2	3.43 BCD	S9	2.56 ABC	S2	2.55 BC	S5	1.40 AB
S1	7.22 ABC	S10	9.38 AB	S4	0.023 B	S3	3.39 BCD	S1	2.42 ABC	S4	2.64 ABC	S4	1.41 AB
S8	7.07 BCD	S2	9.31 AB	S2	0.023 B	S4	3.35 BCD	S12	2.23 ABC	S6	2.67 ABC	S9	1.42 AB
S10	6.91 BCD	S12	9.00 B	S10	0.023 B	S1	3.17 CD	S7	2.09 ABC	S7	2.67 ABC	S8	1.42 AB
S2	6.70 CD	S4	8.98 B	S1	0.023 B	S10	3.14 CD	S10	1.78 BC	S8	2.86 AB	S10	1.46 AB
S7	6.14 D	S1	8.96 B	S7	0.022 B	S12	2.86 D	S11	1.42 C	S1	3.00 A	S2	1.50 A

注:不同大写字母表示在 $\alpha=0.05$ 水平上差异显著。

3.2 不均衡行距造林效果比较

3.2.1 不均衡行距模式单株生长和干形指标的差异性分析 不均衡行距模式 18 个处理的方差分析表明(表 8),18 种株行距种植模式的单株间材积、树高、胸径、冠幅、枝下高及通直度等生长和干形因子均存在极显著差异,分枝数有显著差异。

表 8 不均衡行距模式单株生长及干形指标方差分析

项目	树高	胸径	材积	冠幅	枝下高	通直度	分枝数
<i>df</i>	17	17	17	17	17	17	17
<i>MS</i>	5.83	16.11	0.00048	2.78	5.43	0.74	0.157
<i>F</i>	3.12 **	3.70 **	3.48 **	3.34 **	5.26 **	2.22 **	1.94 *

注：“**”表示 $\alpha=0.01$ 水平下差异显著；*表示 $\alpha=0.05$ 水平下差异显著。

DUNCAN 多重比较(表 9)显示,厚荚相思 3.5 a 生的不均衡行距模式 US16、US17 处理是单株材积生长的最优组合。通直度和分枝均较好的是 US2、US7、US9、US12 处理。在株距为 1.0 m 及 1.5 m 时,行距不均匀程度增大,则单株生长量增大;株距为 2 m 时,S14 和 S11 处理强度或轻度的不均匀行距有利于单株材积生长,S12 和 S13 处理中度不均匀行距则单株材积生长较差;在株距为 2.5 m 时,S18 和 S15 处理行距不均匀程度太大或太小均不利于单株材积生长,S16 和 S17 处理中度不均衡行距有利于单株材积生长。

3.2.2 不均衡行距模式单位面积蓄积量差异性分析 不均衡行距模式间的单位面积蓄积量有极显著差异,这种差异主要是来自不同处理间,而重复间不存在显著差异(表 10)。厚荚相思 3.5 a 生时,US2(株距为 1.0 m,行距为 4.0 m 和 1.0 m 间隔)组合方式单位面积蓄积量最高,达 106.094 m³/hm²,其次是 US1 和 US3,显著高于其他处理(表 11)。

表 9 不均衡行距模式生长及干形指标 DUNCAN 多重比较

树高		胸径		材积		冠幅		枝下高		通直度		分枝数	
处理	平均值/m	处理	平均值/cm	处理	平均值/m ³	处理	平均值/m	处理	平均值/m	处理	平均值	处理	平均值
US9	9.36 A	US16	12.18 A	US16	0.043 A	US15	4.44 A	US8	3.86 A	US7	2.00 D	US5	1.10 C
US14	8.99 AB	US14	11.67 AB	US17	0.040 AB	US18	4.42 A	US9	3.79 A	US9	2.12 CD	US1	1.17 BC
US3	8.98 AB	US17	11.57 ABC	US14	0.039 AB	US14	4.32 AB	US5	3.64 A	US13	2.13 CD	US2	1.23 ABC
US5	8.95 AB	US11	11.31 ABCD	US11	0.037 ABC	US17	4.30 AB	US3	3.35 AB	US2	2.17 BCD	US3	1.25 ABC
US16	8.94 AB	US18	11.30 A BCD	US9	0.035 ABC	US8	4.03 ABC	US4	3.17 ABC	US11	2.17 BCD	US12	1.25 ABC
US11	8.93 AB	US13	11.07 ABCDE	US13	0.035 ABCD	US13	3.99 ABCD	US2	2.69 BCD	US12	2.33 ABCD	US9	1.26 ABC
US17	8.70 ABC	US9	10.78 ABCDEF	US18	0.035 ABCD	US10	3.85 ABCDE	US7	2.66 BCD	US18	2.33 ABCD	US7	1.27 ABC
US4	8.64 ABC	US12	10.49 ABCDEF	US12	0.031 EDEC	US11	3.77 ABCDE	US1	2.66 BCD	US16	2.35 ABCD	US11	1.28 ABC
US13	8.49 ABC	US10	10.08 BCDEF	US10	0.030 EDEC	US9	3.66 ABCDE	US10	2.58 BCD	US6	2.37 ABCD	US4	1.33 ABC
US18	8.43 ABCD	US8	9.68 CDEFG	US5	0.029 ECDE	US16	3.59 ABCDE	US17	2.56 BCD	US17	2.43 ABCD	US17	1.35 ABC
US10	8.22 ABCD	US5	9.59 DEFG	US3	0.029 EDEC	US4	3.51 BCDE	US11	2.54 BCD	US4	2.43 ABCD	US8	1.36 ABC
US12	8.13 ABCD	US3	9.58 DEFG	US8	0.028 CDE	US12	3.50 BCDE	US6	2.45 BCD	US14	2.50 ABCD	US10	1.37 ABC
US2	8.08 ABCD	US7	9.45 DEFG	US4	0.027 CDE	US3	3.48 BCDE	US16	2.43 BCD	US5	2.53 ABCD	US18	1.38 AB
US8	8.01 BCD	US6	9.33 EFG	US2	0.027 CDE	US1	3.20 CDE	US18	2.31 CD	US3	2.55 ABCD	US6	1.41 AB
US7	7.58 CDE	US2	9.26 EFG	US6	0.026 CDE	US7	3.16 CDE	US15	2.30 DC	US1	2.60 ABC	US15	1.45 A
US6	7.45 CDE	US4	9.25 EFG	US7	0.026 CDE	US2	3.14 DE	US13	2.27 DC	US10	2.69 AB	US16	1.46 A
US15	7.18 DE	US15	9.04 FG	US15	0.024 DE	US6	3.06 E	US14	1.88 D	US15	2.80 A	US13	1.48 A
US1	6.65 E	US1	8.01 G	US1	0.020 E	US5	3.02 E	US12	1.83 D	US8	2.87 A	US14	1.49 A

注:不同大写字母表示在 α=0.05 水平上差异显著。

表 10 不均衡行距单位面积蓄积量方差分析

变异来源	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>
总处理间	20	528.12	26.41	14.68 ^{**}
处理间	17	526.63	30.98	17.22 ^{**}
重复间	3	1.49	0.49	0.28
误差	222	399.36	1.79	
总变异	242	927.48		

注:“^{**}”表示 α=0.01 水平下差异显著。

表 11 不均衡行距单位面积蓄积量 DUNCAN 多重比较

处理	平均蓄积量 /(m ³ ·hm ⁻²)	处理	平均蓄积量 /(m ³ ·hm ⁻²)	处理	平均蓄积量 /(m ³ ·hm ⁻²)
US2	106.094 A	US9	62.715 CBD	US12	43.907 EF
US1	99.435 A	US7	61.934 BCDE	US14	43.766 EF
US3	96.126 A	US11	61.022 BCDE	US13	43.434 EF
US4	76.875 B	US8	56.631 CDE	US17	36.815 F
US6	75.969 B	US10	46.113 DEF	US15	29.640 F
US5	73.188 BC	US16	46.059 DEF	US18	29.081 F

注:不同大写字母表示在 α=0.05 水平上差异显著。

3.3 不同株行距和不均衡行距造林密度设计单位面积蓄积量差异性分析

在相同密度条件下,均衡行距与不均衡行距的单位面积蓄积量存在显著或极显著差异(2 505 株/hm² 除外),且不均衡行距模式明显优于均衡行距的组合,在中等密度时(1 665 株/hm²),不均衡行距优于均衡行距

的增幅达到最大值 60.9% (表 12)。

表 12 相同密度均衡行距与不均衡行距差异性分析

密度 /(株·hm ⁻²)	不同株行距组合		不均衡行距模式		F 值	增幅/%
	处理	单位面积蓄积 量/(m ³ ·hm ⁻²)	处理	单位面积蓄积 量/(m ³ ·hm ⁻²)		
3330	S1	77.535	US3	96.126	5.37 [*]	23.9
2505	S3	69.479	US5	73.188	0.32	5.3
1665	S7	37.917	US11	61.022	17.14 ^{**}	60.9
1245	S9	32.306	US13	43.434	4.96 [*]	34.4
1005	S11	30.807	US16	46.059	5.55 [*]	49.5

注：“*”表示 α=0.05 水平下显著差异，“**”表示 α=0.01 水平下显著差异;增幅(%)由公式(US-S)/S 计算所得。

4 结论与讨论

- 4.1 林分与密度的相互关系主要体现在林木生长空间的竞争上,且随林龄增大而突出^[8-9]。在高密度(3 330,2 505 株/hm²)和低密度(1 245,1 005 株/hm²)状态下,不同株行距组合对厚荚相思单株生长影响不显著,但中等密度时不同组合具有显著不同的效果。种植密度在 1 665 株/hm² 以上时,株距与行距相近时单位面积蓄积量较高;而种植株数分别在 1 245,1 005 株/hm² 时,株距小、行距大的组合优于株行距相近的组合,且相同密度不同株行距间单位面积蓄积量差距可达 11%~20%。
- 4.2 从厚荚相思 3.5 a 生的早期生长看,较高密度(2 505 株/hm²)的林分蓄积量明显优于低密度的,密度太大(3 330 株/hm²)与密度太小(1 005 株/hm²)均不利于单株的早期生长,至于 6,9 或 12 a 生轮伐的林分最优密度组合仍需要进一步的观测研究。
- 4.3 厚荚相思 3.5 a 生 US16(株距为 2.5 m,行距为 5.0 m 和 2.5 m 间隔)、US17(株距为 2.5 m,行距为 6.0 m 和 2.5 m 间隔)处理的不均衡行距有利于单株生长。不均衡行距方式在单位面积蓄积量间存在极显著差异,这种变异主要来自不同处理间,重复间不存在显著差异。3.5 a 生时,US2(株距为 1.0 m,行距为 4.0 m 和 1.0 m 间隔)组合方式单位面积蓄积量最高。根据单株的现有生长速度预测,至 6 a 生时以 US11(株距为 2.0 m,行距为 4.0 m 和 2.0 m 间隔)组合最优。
- 4.4 相同密度下,除 2 505 株/hm² 外,均衡行距与不均衡行距的单位面积蓄积量存在显著或极显著差异,不均衡行距模式明显优于均衡行距的组合,中等密度时(1 665 株/hm²)不均衡行距优于均衡行距的增幅达到最大值 60.9%。

参考文献

[1] 潘志刚,游应天. 中国主要外来树种引种栽培[M]. 北京:北京科学技术出版社,1994:402-406.

[2] 杨民权. 主要热带相思在华南地区的生长及适应性探讨[J]. 林业科学研究,1990,3(2):155-160.

[3] 曾明,张燕. 马占相思主伐后更新的研究[J]. 广东林业科技,2001,17(2):29-32.

[4] 王凌晖,吴国欣,施福军,等. 不同造林密度对杂交相思生长的影响[J]. 南京林业大学学报:自然科学版,2009,33(2):134-136.

[5] 覃永华,唐继新,秦武明,等. 三个相思树种的造林对比试验[J]. 广西科学,2008,15(1):87-91.

[6] 北京林学院. 数理统计[M]. 北京:中国林业出版社,1980:295-303.

[7] 牛涛. 杨树造林密度的确定原则及应用[J]. 现代农业科技,2010(17):226-229.

[8] 揭建林,骆显春,龙蔚,等. 南岭山地杉木人工林密度试验研究[J]. 江西农业大学学报,2007,29(2):203-208.

[9] 郑海水,黎明,汪炳根,等. 西南桦造林密度与林木生长的关系[J]. 林业科学研究,2003,16(1):81-86.